

๖๖.๖๖.๖๖

๖๖.๖๖.๖๖

๖๖.๖๖.๖๖

การสร้างชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ช่วยสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

ปริญญานิพนธ์

ของ

ศิริเพ็ญ จีงตระกูล

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา

กุมภาพันธ์ 2542

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

๖๖.๖๖.๖๖

วันที่ 14 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2542

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจากรองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์สวัสดิ์ ทรัพย์บุญ กรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางในการทำวิจัยครั้งนี้มาโดยตลอด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์กัลยา เล็กสกุล และดร. ทวีพล จูทะพล ที่ให้คำแนะนำเพิ่มเติมในการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สมสรร วงษ์อยู่น้อย ดร. สมปรารถนา วงษ์บุญหนัก อาจารย์ไชยยันต์ ศิริโชค อาจารย์ชูเกียรติ ชัยชนะดารา อาจารย์นิมิตร อ้อมณา และอาจารย์สมศักดิ์ นามวงษ์ ที่ได้ให้คำแนะนำและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียน คณะครูอาจารย์ โรงเรียนศรีกระนวนวิทยาคม และขอขอบคุณนักเรียน โรงเรียนศรีกระนวนวิทยาคม ที่ได้ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลในการทำปริญญานิพนธ์

ขอขอบคุณอาจารย์สุภาภรณ์ ศิริโสภณา อาจารย์ฐานิย์ เมธิ์พลกุล รุ่นพี่นิสิตปริญญาเอก และเพื่อนนิสิตปริญญาโท วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษารุ่นที่ 11 ที่คอยช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ และเป็นกำลังใจในการทำปริญญานิพนธ์จนสำเร็จลงด้วยดี

ขอขอบพระคุณครอบครัวจิ่งตระกูล และพันเอกประยงค์ พวงสุนทร ที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจตลอดมา

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่บิดา มารดา ครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

ศิริเพ็ญ จิ่งตระกูล

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย	4
ความสำคัญของการวิจัย	5
ขอบเขตของการวิจัย	5
นิยามศัพท์เฉพาะ	6
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
เอกสารเกี่ยวกับการเรียนการสอนอิเล็กทรอนิกส์	9
เอกสารเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานทางอิเล็กทรอนิกส์	11
เอกสารเกี่ยวกับการสอน	85
ความหมายของการสอน	85
ประเภทของการสอน	86
ทักษะการใช้การสอน	89
คุณค่าของการสอน	92
เอกสารเกี่ยวกับการสร้างอุปกรณ์วิทยาศาสตร์	95
ขั้นตอนการสร้างอุปกรณ์วิทยาศาสตร์	95
ลักษณะและอุปกรณ์ของเครื่องมือที่ดี	96
หลักการเลือกวัสดุอุปกรณ์เพื่อใช้ในการทดลองวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา	99
ทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์	100
ประโยชน์ของการมีทักษะการใช้วัสดุอุปกรณ์	101
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	101
สมมติฐานการวิจัย	103
3 วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	104
การสร้างชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	104
การทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ประกอบการเรียนการสอน	114
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	118

บทที่	หน้า
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	121
การตรวจสอบการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์	121
การวิเคราะห์คุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	151
การวิเคราะห์ข้อมูลการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	156
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	168
ความมุ่งหมายของการวิจัย	168
สมมติฐานการวิจัย	168
วิธีดำเนินการวิจัย	168
สรุปผลการวิจัย	174
อภิปรายผลการวิจัย	174
ข้อเสนอแนะ	177
บรรณานุกรม	179
ภาคผนวก	185

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงค่าของแต่ละแถบสปีบนตัวด้านทาน 4 แถบสี	21
2 แสดงค่าของแต่ละแถบสปีบนตัวด้านทาน 5 แถบสี	22
3 แสดงการอ่านค่าตัวเก็บประจุชนิดกระดาษแบบหลอด	37
4 แสดงการอ่านรหัสแถบสปีบนตัวเก็บประจุชนิดกระดาษแบนและไม่กำแบน	38
5 แสดงการอ่านค่าตัวเก็บประจุ	40
6 แสดงการอ่านค่าตัวเก็บประจุชนิดแทนทาลัม	41
7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับความยาวคลื่น	61
8 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 1 ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	121
9 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 2 ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	122
10 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 3 ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	123
11 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 4 ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	124
12 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 5 ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	125
13 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 6 ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	126
14 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 7 ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	127
15 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 8 ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	128
16 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 9 ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	129
17 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 10 ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	130
18 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 11 ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	131
19 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 12 ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	132
20 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 13 ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	133
21 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 14 ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	134
22 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 15 ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	135
23 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 16 ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	136
24 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 17 ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	137
25 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 18 ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	138
26 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 19 ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	139
27 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 20 ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	140

28	แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 21 ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	141
29	แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 22 ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	142
30	แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 23 ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	143
31	แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 24 ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	144
32	แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 25 ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	145
33	แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 26 ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	146
34	แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 27 ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	147
35	แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 28 ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	148
36	แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 29 ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	149
37	แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 30 ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	150
38	แสดงผลการประเมินลักษณะทางกายภาพทั่วไปของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	151
39	แสดงผลการประเมินลักษณะการใช้งานของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	152
40	แสดงผลการประเมินการบำรุงรักษาและการซ่อมแซมของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	153
41	แสดงผลการประเมินความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	154
42	แสดงผลการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์กับผู้สอน	156
43	แสดงผลการสอบถามวัดเจตคติของผู้สอนต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	158
44	แสดงผลการประเมินความสามารถในการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของผู้เรียน	161
45	แสดงผลการประเมินความรู้ความเข้าใจหลักการทำงานของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ของผู้เรียน	163
46	แสดงผลการสอบถามวัดเจตคติของผู้เรียนต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	165

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 แสดงตัวด้านทานคาร์บอนค่าคงที่	14
2 แสดงตัวด้านทานแบบเมตลฟิล์มที่ส่งมาจากโรงงาน	15
3 แสดงตัวด้านทานที่ถูกเลือกใช้กับคอมพิวเตอร์	15
4 แสดงตัวด้านทานแบบชิพ และแบบดีพ	16
5 แสดงตัวด้านทานแบบพันลวด	16
6 แสดงตัวด้านทานปรับค่าได้	17
7 แสดงตัวด้านทานเปลี่ยนค่าได้	18
8 แสดงสัญลักษณ์ของตัวด้านทานแบบคงที่	19
9 แสดงสัญลักษณ์ของตัวด้านทานแบบปรับค่าได้	19
10 แสดงแถบสีบนตัวด้านทาน 4 แถบสี	20
11 แสดงแถบสีบนตัวด้านทาน 5 แถบสี	21
12 แสดงวงจรสัญลักษณ์และวงจรการใช้งานจริงของตัวด้านทานต่อแบบอนุกรม	22
13 แสดงวงจรสัญลักษณ์และวงจรการใช้งานจริงของตัวด้านทานต่อแบบขนาน	23
14 แสดงวงจรสัญลักษณ์และวงจรการใช้งานจริงของตัวด้านทานต่อแบบผสม	24
15 แสดงโครงสร้างเบื้องต้นของตัวเก็บประจุ	25
16 แสดงตัวเก็บประจุชนิดต่างๆ	28
17 แสดงเซรามิกคาปาซิเตอร์	28
18 แสดงโพลีเอสเตอร์คาปาซิเตอร์	29
19 แสดงโพลีโพรไพลีนคาปาซิเตอร์	29
20 แสดงอิเล็กโตรไลต์คาปาซิเตอร์	30
21 แสดงไบแคป	30
22 แสดงไมลาร์คาปาซิเตอร์	31
23 แสดงคาปาซิเตอร์แบบไมก้า	31
24 แสดงสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุแบบคงที่	32
25 แสดงสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้	32
26 แสดงตัวอย่างของตัวเก็บประจุ	33
27 แสดงการอ่านค่าของตัวเก็บประจุจากรหัสตัวเลข 3 ตัว	34
28 แสดงตัวอย่างของตัวเก็บประจุ	35

ภาพประกอบ

หน้า

29	แสดงตัวเก็บประจุชนิดกระดาศที่มีรูปร่างเป็นหลอด	36
30	แสดงลักษณะของรหัสแถบสีบนตัวเก็บประจุชนิดกระดาศแบนและไมก้าแบน	38
31	แสดงลักษณะแถบสีบนตัวเก็บประจุ	39
32	แสดงลักษณะของแถบสีบนตัวเก็บประจุชนิดแทนทาลัม	41
33	แสดงเส้นแรงแม่เหล็กของแม่เหล็กถาวร	43
34	แสดงเส้นแรงแม่เหล็กของแม่เหล็กไฟฟ้า	44
35	แสดงการเกิดเส้นแรงแม่เหล็กของแม่เหล็กไฟฟ้า และกฎมือซ้าย	44
36	แสดงขดลวดที่ซ้อนกันหลายๆ รอบ	45
37	แสดงขดลวดที่ใช้แกนเหล็ก	45
38	แสดงวงจรที่มีตัวเหนี่ยวนำ	46
39	แสดงลักษณะและสัญลักษณ์ของตัวเหนี่ยวนำ	47
40	แสดงขดลวดแบบต่างๆ และสัญลักษณ์	48
41	แสดงการทำงานของหม้อแปลง	48
42	แสดงเพาเวอร์ ทรานส์ฟอร์มเมอร์	49
43	แสดงเอาต์ พูท ทรานส์ฟอร์มเมอร์	49
44	แสดงแมทซ์িং ทรานส์ฟอร์มเมอร์	50
45	แสดงไอ.เอฟ. ทรานส์ฟอร์มเมอร์	50
46	แสดงอาร์.เอฟ. ทรานส์ฟอร์มเมอร์	51
47	แสดงสัญลักษณ์ของไดโอดในอุดมคติ	52
48	กราฟแสดงคุณสมบัติของไดโอดในอุดมคติ	52
49	แสดงการทำงานเมื่อเปรียบเทียบกับสวิตช์	53
50	แสดง P - N junction	53
51	แสดงสัญลักษณ์ของไดโอด	54
52	แสดงเครื่องมือของขั้วไดโอด เทียบกับสัญลักษณ์ของไดโอด	55
53	แสดงประจุของตัวต่อ P - N เมื่อให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าภายนอก	56
54	แสดงการไบอัสตรงและไบอัสกลับ	57
55	แสดงโครงสร้างและสัญลักษณ์ของแอลอีดี.	58
56	แสดงการตรวจสอบแอลอีดี.	59
57	แสดงลักษณะของแอลอีดี.	60
58	แสดงโครงสร้างและสัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์ชนิด PNP และ NPN.....	64
59	แสดงทรานซิสเตอร์ที่ทำมาจากเจอร์เมเนียม	65

60	แสดงทรานซิสเตอร์ที่ทำมาจากซิลิคอน	66
61	แสดงรูปร่างทรานซิสเตอร์ที่ใช้ตัวถังเป็นโลหะ	67
62	แสดงเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์	67
63	แสดงหลักการพื้นฐานของทรานซิสเตอร์	68
64	แสดงการทำงานของทรานซิสเตอร์ชนิด PNP	69
65	แสดงการทำงานของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN	70
66	แสดงวงจรทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์	71
67	กราฟแสดงลักษณะสมบัติของทรานซิสเตอร์	74
68	การแกว่งทางไฟฟ้าของวงจร LC และกราฟแสดงลักษณะการจาง	76
69	แสดงวงจรออสซิลเลเตอร์เบื้องต้น	77
70	แสดงเครื่องคำนวณในสมัยต่างๆ	79
71	แสดงแอมป์เกทและลักษณะสมบัติ	81
72	แสดงโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของแอมป์เกท	82
73	แสดงออร์เกทและลักษณะสมบัติ	83
74	แสดงวงจรทรานซิสเตอร์ออร์เกท	83
75	แสดงอินเวอร์เตอร์หรือนีตเกท	84
76	แสดงการต่อวงจรไฟฟ้า	105
77	แสดงผังวงจรรวม	107
78	แสดงแบบแผนวงจรอิเล็กทรอนิกส์	109
79	แสดงการยึดสปริงเข้ากับแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์	110
80	แสดงการติดตั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เข้ากับแผงวงจร	110
81	แสดงการติดตั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เข้ากับแผงวงจรทางด้านหลัง	111
82	แสดงแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์	111

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศให้เจริญก้าวหน้าขึ้นนั้น จำเป็นต้องอาศัยปัจจัยหลายอย่างประกอบกัน ส่วนที่สำคัญคือ ทรัพยากรธรรมชาติ ทรัพยากรการเงินและทรัพยากรมนุษย์ จากสภาพสังคมที่ต้องมีการแข่งขันระหว่างประเทศ จึงต้องมีการใช้ทรัพยากรต่างๆ ให้เกิดผลผลิตสูงสุด ทรัพยากรธรรมชาติมีปริมาณและคุณภาพคงตัวและจำกัด การเพิ่มผลผลิตจึงขึ้นอยู่กับคุณภาพของทรัพยากรมนุษย์ที่จะสามารถคิดค้นประดิษฐ์และประยุกต์ใช้ความรู้และเทคโนโลยีให้เป็นประโยชน์ในการผลิตได้เป็นสำคัญ ซึ่งคุณภาพของทรัพยากรมนุษย์ขึ้นอยู่กับการศึกษา (ปิยะชาติ โชคพิพัฒน์, 2536 : 9) แผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2540 - 2544) เป็นแผนที่มุ่งมั่นพัฒนาการศึกษาให้เป็นการสร้างรากฐานในการพัฒนาคุณภาพชีวิตของคน โดยมุ่งสร้างกระบวนการเรียนการสอนให้เป็นการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยวิธีหลากหลายและเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาทุกสถานที่ ความรู้ใหม่ๆ เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้ผู้เรียนจำเป็นต้องแสวงหาความรู้และการเรียนรู้อยู่ตลอดเวลา (สุมน อมรวิวัฒน์, 2540 : 4) โดยเฉพาะการเรียนรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ ที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนคิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็น สามารถนำเอาความรู้ไปใช้ได้ในชีวิตจริง

ในโลกยุคใหม่ ซึ่งเป็นยุคแห่งการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในทุกๆ ด้าน และการเปลี่ยนแปลงบางอย่างเป็นไปอย่างฉับพลัน กระทบต่อการดำเนินชีวิตของผู้คนในทันทีทันใด ทั้งนี้เนื่องจากการมีเครื่องมือสื่อสารที่ทันสมัย สามารถส่งข่าวถึงกันทั่วทั้งโลกพร้อมๆ กัน โดยไม่มีข้อจำกัดในเรื่องระยะทางไกลใกล้ (อาภา ถนัดช่าง, 2538 : 3) กล่าวได้ว่า วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นสิ่งที่มีความสำคัญและจำเป็นต่อการพัฒนาเศรษฐกิจ เพราะวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานของการพัฒนาเทคโนโลยีที่จะนำไปสู่การปรับปรุงคุณภาพชีวิต ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างประเทศที่พัฒนาแล้วกับประเทศที่กำลังพัฒนา จึงอยู่ที่การนำเอาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้ในการพัฒนาประเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อิเล็กทรอนิกส์ถือว่าเป็นศาสตร์แขนงหนึ่งของวิทยาศาสตร์กายภาพ (Physical Science) เป็นวิชาการที่วิวัฒนาการต่อเนื่องมาจากไฟฟ้า วิชาอิเล็กทรอนิกส์เป็นสิ่งที่มีความเก่าแล้ว เริ่มตั้งแต่สมัยที่มาร์โคนีคิดเครื่องส่งวิทยุขึ้น แต่เพิ่งได้รับการพัฒนาอย่างจริงจังเมื่อไม่นานมานี้จึงมักเข้าใจกันว่าเป็นสิ่งใหม่ (ประทีน คล้ายนาค, 2529 : 88) อิเล็กทรอนิกส์เข้ามามีอิทธิพลต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์อย่างมาก มีเครื่องมือเครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ชนิดใหม่ๆ เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ไม่ว่าจะเป็นวิทยุ โทรทัศน์ เครื่องขยายเสียง และเครื่องคำนวณขนาดกระเป๋า เครื่องมือเครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีมากมาย จนไม่สามารถที่จะกล่าวถึงเครื่องใช้เหล่านั้นได้ครบทุกชนิด อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จะมีตั้งแต่ขนาดเล็กจิ๋วจนกระทั่งขนาดใหญ่ ในปัจจุบันอิเล็กทรอนิกส์เข้ามามีบทบาท

สำคัญในวงการต่างๆ เกือบทุกประเภท การพัฒนาเทคโนโลยีทุกแขนงก็เป็นผลมาจากความเจริญก้าวหน้าทางอิเล็กทรอนิกส์ วิศวกรสามารถคำนวณโครงสร้างตึกได้อย่างรวดเร็วด้วยเครื่องคิดเลขและคอมพิวเตอร์ ในโรงงานทั่วไปจะมีระบบควบคุมการทำงานหรือควบคุมคุณภาพด้วยระบบอัตโนมัติ การควบคุมหรือการสั่งการนี้ ทำได้โดยใช้วงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ ในงานบริหารทั่วไป การสื่อสารนับว่าเป็นสิ่งจำเป็นและมีความสำคัญอย่างยิ่ง การสื่อสารในปัจจุบันเจริญก้าวหน้าไปมาก การถ่ายทอดข้อมูลข่าวสารต่างๆ มีเครื่องมือรับส่งวิทยุที่มีประสิทธิภาพสูง มีโทรศัพท์ โทรเลข และโทรพิมพ์ อิเล็กทรอนิกส์ยังเข้าไปมีบทบาทสำคัญในระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งทำให้การวิจัยข้อมูลต่างๆ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูง ในวงการแพทย์ได้ใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทำหน้าที่แทนอวัยวะบางส่วนของร่างกายที่พิการ เช่น ช่วยควบคุมแขนเทียม ขาเทียม ใช้อิเล็กทรอนิกส์ดักจับวัตถุเพื่อใช้แทนหยันดา ที่สำคัญอิเล็กทรอนิกส์ยังมีบทบาทต่อการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ การแพทย์ ตลอดจนถึงการวิจัยทุกสาขา แม้แต่ในวงการทหารก็ได้มีการคิดค้นพัฒนาอิเล็กทรอนิกส์ ใช้ในการควบคุมการยิงปืนใหญ่ การนำจรวดนำวิถี การตรวจค้นหาข่าวของฝ่ายตรงข้าม การตรวจสอบและค้นหาข้อผิดพลาดด้วยวิธีใหม่ๆ ทางอิเล็กทรอนิกส์ (เย็น ภูววรรณ. 2521 : 5 - 17) นอกจากนี้อิเล็กทรอนิกส์ยังมีส่วนเกี่ยวข้องกับการขนส่ง การธนาคาร และการศึกษา ความเจริญก้าวหน้าและการพัฒนาทางด้านอิเล็กทรอนิกส์จึงเป็นตัวบ่งชี้สถานภาพของประเทศ ประเทศใดมีศักยภาพทางด้านอิเล็กทรอนิกส์สูง ประเทศนั้นก็จะเป็นมหาอำนาจทั้งในด้านการเมือง การปกครอง และเศรษฐกิจของโลก

จากความสำคัญของอิเล็กทรอนิกส์ดังกล่าว ประเทศไทยจึงได้จัดตั้งศูนย์อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (National Electronic and Computer Technology Center ; NECTEC) ขึ้น เมื่อปี พ.ศ. 2529 เพื่อเป็นหน่วยงานกลางของรัฐในการส่งเสริมให้สาธารณชนได้ตระหนักถึงบทบาทและประโยชน์ของเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ ตลอดจนวิชาการที่เกี่ยวข้อง (กองบรรณาธิการ. 2538 : 8) ได้มีการจัดการเรียนการสอนวิชาอิเล็กทรอนิกส์ในสถานศึกษา ซึ่งแต่เดิมนั้นการศึกษาทางด้านอิเล็กทรอนิกส์จะมีอยู่ในหลักสูตรของอาชีวศึกษาและหลักสูตรของมหาวิทยาลัย ส่วนความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์จะสอดแทรกอยู่ในหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและวิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย นอกจากนี้ยังมีการบรรจุรายวิชา ว 016 สนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ เป็นวิชาเลือกเสรี ในหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) โดยมีเนื้อหาครอบคลุมความรู้พื้นฐานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ และมีจุดมุ่งหมายให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้า ทดลอง ออกแบบหรือดัดแปลงเกี่ยวกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อื่นๆ ได้อย่างเหมาะสม ทำให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ในการประดิษฐ์อุปกรณ์ที่อาศัยวงจรอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น และสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน (กรมวิชาการ. 2533 : 38)

ปัจจุบันการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนไม่บรรลุผลเท่าที่ควร โดยเฉพาะอย่างยิ่งทักษะการปฏิบัติการที่เกี่ยวกับการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลองบางการทดลอง ซึ่งมีจำนวนจำกัดไม่เพียงพอแก่ความต้องการ (หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมสามัญศึกษา เขตการศึกษา 1. 2535 : 3) ทั้งนี้จากการติดตามผลการใช้หลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พบปัญหาเกี่ยวกับการขาดแคลนวัสดุอุปกรณ์ และสื่อการสอน อันเนื่องจากอุปกรณ์ส่วนใหญ่มีราคาแพงทางโรงเรียนไม่สามารถจัดหามาใช้ประกอบ กิจกรรมการเรียนการสอนได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2529 : 19 - 20) ส่งผลให้ผู้เรียนขาดโอกาสในการพัฒนาความสามารถได้สูงสุดตามศักยภาพ ไม่ได้รับการฝึกฝน ขาดความกระตือรือร้นในการเตรียมความพร้อมของตนเอง ยังคงเคยชินกับการเรียนตามที่ครูผู้สอนบอก ทำให้เกิดความเบื่อหน่าย ขาดความสนใจที่จะศึกษาค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งไม่เป็นไปตาม หลักการจัดการศึกษาของหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง 2533) ที่ต้องการจัดการศึกษาเพื่อให้ผู้เรียนศึกษาค้นคว้าหาความรู้ตามความสามารถ ความถนัดและความสนใจของตนเอง (กรมวิชาการ. 2533 : 1) ผู้สอนส่วนใหญ่ยังใช้วิธีการสอนแบบบรรยายและแสดง การทดลองบนกระดานดำ ยึดเนื้อหาและหนังสือเรียนมากเกินไป สอนเน้นเนื้อหามากกว่าทักษะ กระบวนการต่างๆ ที่จะนำไปสู่กระบวนการคิด ไม่สามารถจัดกิจกรรมการสอนได้บรรลุจุดประสงค์ ไม่นานวัตกรรมและเทคโนโลยีใหม่ๆ มาใช้ในการจัดการเรียนการสอน เป็นเหตุให้ผู้เรียนขาดความรู้ ทักษะพื้นฐาน ขาดการวิเคราะห์อย่างมีระบบ จึงจำเป็นที่ผู้สอนต้องศึกษาค้นคว้าหาวิธีการสอน โดยใช้เทคนิคและอุปกรณ์ใหม่ๆ เน้นการสร้างเครื่องมือ อุปกรณ์การสอนและชุดทดลองต่างๆ เพื่อให้ ผู้เรียนได้เรียนรู้จากของจริงหรือการได้ลงมือฝึกปฏิบัติ

จากการศึกษางานวิจัยของโครงการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนไทย - เยอรมัน (Thai - German Teaching Aids Center ; TGTAC) (2534 : 4) พบปัญหาและอุปสรรคในการผลิตสื่อและ การใช้สื่อการเรียนการสอนดังนี้ ด้านบุคลากร พบว่า ครูที่ผลิตสื่อขาดแรงจูงใจ และทักษะการ บริหารการจัดการในการผลิตสื่อ ในสถานศึกษาขาดนักพัฒนาและนักเทคโนโลยีเทคนิคศึกษา ครู ส่วนใหญ่ในสถานศึกษา ยังไม่ได้นำสื่อมาใช้ในการเรียนการสอนเท่าที่ควร ด้านการผลิต พบว่า แหล่งผลิตและจำหน่ายสื่อมีน้อย ทำให้สื่อที่มีอยู่มีราคาแพง ไม่สามารถจัดหาใช้ได้ ระบบราชการ ส่วนใหญ่ไม่เอื้ออำนวยในการผลิตสื่อ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของเจนวิทย์ ผาสุก (2521 : 73 - 46) ที่กล่าวถึงปัญหาและความต้องการของครูวิทยาศาสตร์ว่า ครูขาดตำราและวารสารที่ส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์ อุปกรณ์การสอนไม่ครบ การสอนของครูส่วนใหญ่เน้นการสอนในตำรา ไม่สอนปฏิบัติ และกิจจา โหวิชัย (2530 : 87 - 88) ได้กล่าวถึงปัญหาการสอนวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษา ตอนต้นว่า วัสดุอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ มีคุณภาพต่ำ ชำรุดง่าย และมีราคาแพง นอกจากนี้ สิริพร จันทวรรณ (2524 : 103 - 109) ได้สำรวจปัญหาและความต้องการสื่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ภายภาพในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย เขตการศึกษา 8 พบว่ามีปัญหาเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์ การทดลองมากที่สุด ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดจากครูผู้สอนไม่มีความรู้ความชำนาญในเรื่องการซ่อม อุปกรณ์การสอน รวมทั้งอุปกรณ์การทดลองไม่เพียงพอกับจำนวนของผู้เรียน ส่วนด้านความคิดเห็น ของครูผู้สอนที่มีต่อประสิทธิภาพของอุปกรณ์การทดลองที่ออกแบบโดยสถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เห็นว่าอุปกรณ์มีความคงทนถาวรและประสิทธิภาพอยู่ในระดับปานกลาง เท่านั้น เมื่อชำรุดแล้วไม่สามารถซ่อมแซมได้เอง และประเสริฐ วงศ์สุบรรณ (2534 : 37) ได้ให้ แนวคิดเกี่ยวกับการใช้สื่อการเรียนการสอนว่า เนื้อหาที่จำเป็นต้องสร้างสื่อควรเป็นเนื้อหาที่เข้าใจยาก ซึ่งถ้าไม่ใช่สื่อประกอบจะทำให้ต้องใช้เวลาในการเรียนการสอนมาก สื่อการเรียนการสอนจึงมีส่วนช่วย

ให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้เร็ว ประหยัดเวลาในการเรียนการสอน ส่วนการสร้างสื่อต้องออกแบบให้มีลักษณะที่ง่ายต่อการผลิต ราคาถูกและใช้ประโยชน์คุ้มค่า จากปัญหาดังกล่าว ประกอบกับประสบการณ์ในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ทำให้ผู้วิจัยมองเห็นสภาพปัญหา โดยเฉพาะสภาพการเรียนการสอนวิชาที่เกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์ ดังนี้ ผู้เรียนที่เรียนโดยไม่มีพื้นฐานความรู้เดิมมาก่อนยากที่จะทำความเข้าใจในสิ่งที่ครูสอน ผู้สอนไม่มีเครื่องมือที่เหมาะสมและสะดวกพอที่จะนำมาสาธิตการทดลองหรือประกอบการสอน อุปกรณ์ที่มีอยู่กระจายเป็นส่วนๆ ทำให้ผู้สอนต้องใช้เวลาในการเตรียมการสอนมาก และประการสำคัญมีอุปกรณ์อยู่จริงแต่ไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้เต็มที่ ตัวอย่างเช่น อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบการเรียนการสอนวิชา ว 016 สหุกับอิเล็กทรอนิกส์ ที่ออกแบบโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีราคาค่อนข้างแพง เมื่อชำรุดแล้วผู้สอนซ่อมแซมเองได้มีน้อย และอุปกรณ์ส่วนใหญ่เหมาะที่จะใช้เฉพาะกับชุดทดลองแต่ละชุดเท่านั้น นอกจากนี้ผู้สอนยังมีปัญหาเกี่ยวกับชั่วโมงสอนที่มีมาก ทำให้ไม่มีเวลาในการผลิตเครื่องมือและสื่อการสอน

ด้วยเหตุผลข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้มีแนวความคิดที่จะสร้างชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ช่วยสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์อย่างง่าย โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นฐานการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดต่างๆ ผลจากการศึกษาทดลองชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์จะช่วยกระตุ้นความสนใจและเสริมทักษะของผู้เรียนในงานด้านอิเล็กทรอนิกส์ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ ตลอดจนเป็นพื้นฐานให้ผู้เรียนนำไปใช้ในการเสริมสร้างและพัฒนาหลักวิชาการทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ให้ก้าวหน้าต่อไป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อสร้างชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ช่วยสอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น
2. เพื่อหาคุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น
3. เพื่อทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้นประกอบการเรียนการสอน

ความสำคัญของการวิจัย

1. ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้นนี้ จะช่วยอำนวยความสะดวกในการนำมาใช้ประกอบการเรียนการสอนวิชาที่เกี่ยวข้องกับอิเล็กทรอนิกส์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น
2. ความรู้และเทคนิคต่างๆ ที่ผู้เรียนได้รับจากการศึกษาชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ จะเป็นประโยชน์ต่อการเรียนวิชาไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น
3. เป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนวิชาไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์อีกแนวทางหนึ่ง

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มี 2 ตอน แต่ละตอนมีขอบเขตดังนี้

ก. ขอบเขตเกี่ยวกับการสร้างชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้นเป็นชุดทดลองสำเร็จรูป สามารถใช้ประกอบการเรียนการสอนวิชาที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เป็นชุดวงจรที่ใช้กับแรงเคลื่อนไฟฟ้าตั้งแต่ 3 - 6 โวลต์ มีขนาด 10 x 12 ตารางนิ้ว ประกอบด้วยวงจรย่อยจำนวน 30 วงจร สามารถเรียนรู้วงจรต่างๆ ได้จากคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้นได้รับการตรวจสอบคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญด้านไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อหาคุณภาพ ระยะเวลาที่ใช้ในการสร้างและหาประสิทธิภาพของวงจรใช้เวลาประมาณ 4 เดือน

ข. ขอบเขตเกี่ยวกับการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ประกอบการเรียนการสอน

1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ แยกเป็นกลุ่มบุคคล 2 กลุ่ม คือ

✓ 1.1 กลุ่มผู้สอน เป็นอาจารย์โรงเรียนศรีกระนวนวิทยาคม อำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น ที่สอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เคมี ชีววิทยา ฟิสิกส์ และไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์

✓ 1.2 กลุ่มผู้เรียน เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนศรีกระนวนวิทยาคม อำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น

2. กลุ่มตัวอย่าง

2.1 กลุ่มผู้สอน เป็นอาจารย์สอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เคมี ชีววิทยา ฟิสิกส์ และไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์ โรงเรียนศรีกระนวนวิทยาคม อำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น ได้จากการคัดเลือกตามคุณสมบัติที่กำหนด จำนวน 10 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

2.1.1 ผู้สอนกลุ่มที่ 1 ได้แก่ ผู้สอนวิชาฟิสิกส์ และไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 5 คน

2.1.2 ผู้สอนกลุ่มที่ 2 ได้แก่ ผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เคมี และชีววิทยา จำนวน 5 คน

2.2 กลุ่มผู้เรียน เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนศรีกระนวนวิทยาคม อำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น ได้จากการสุ่มแบบจัดชั้น (Stratified random sampling) จำนวน 20 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม

2.2.1 ผู้เรียนกลุ่มที่ 1 ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 10 คน

2.2.2 ผู้เรียนกลุ่มที่ 2 ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 10 คน

3. ตัวแปรที่ศึกษา

3.1 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษากลุ่มผู้สอนมีดังนี้

3.1.1 ความสามารถในการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

3.1.2 เจตคติต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

3.2 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษากลุ่มผู้เรียนมีดังนี้

3.2.1 ความสามารถในการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

3.2.2 ความรู้ความเข้าใจหลักการทำงานของวงจร

3.2.3 เจตคติต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

กระทำในเดือนกรกฎาคม ทำการทดลองในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2541 ทำการทดลองนอกเวลาเรียน จำนวน 3 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 5 วัน วันละ 60 นาที

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ หมายถึง แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์และคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น ที่สามารถใช้ศึกษาเกี่ยวกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ 30 วงจร

2. ประสิทธิภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ หมายถึง ประสิทธิภาพด้านความสามารถในการใช้งานได้ตามทฤษฎีของวงจรแต่ละวงจร ซึ่งพิจารณาจากการทดสอบแต่ละวงจร 5 ครั้ง หากได้ผลการทดลองตรงตามทฤษฎีทุกครั้ง แสดงว่าวงจรนั้นมีประสิทธิภาพสามารถใช้งานได้ตามทฤษฎี

3. คุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ หมายถึง คุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นผลจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ แบ่งออกเป็น 4 ด้าน คือ ลักษณะทางกายภาพทั่วไป ลักษณะการใช้งาน การบำรุงรักษาและซ่อมแซม และความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน

4. คู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ หมายถึง เอกสารประกอบการเรียนการสอนที่มีรายละเอียดและข้อเสนอแนะในการทำกิจกรรมของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ มี 2 ชุด คือ คู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับผู้เรียนและคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับผู้สอน ซึ่งคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับผู้เรียน ประกอบด้วย กิจกรรมการทดลอง จุดประสงค์การเรียนรู้ เวลาที่ใช้ วัสดุ - อุปกรณ์ วิธีการทดลอง การรายงานผลการทดลอง สรุปผลการทดลองและคำถามท้ายการทดลอง ส่วนคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับผู้สอน ประกอบด้วย กิจกรรมการทดลอง จุดประสงค์การเรียนรู้ เวลาที่ใช้ วัสดุ - อุปกรณ์ วิธีการทดลอง แนวการบันทึกผลการทดลองและสรุปการทดลอง แนวการตอบคำถามท้ายการทดลอง และความรู้เพิ่มเติม

5. เครื่องมือประเมินคุณภาพชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ หมายถึง เครื่องมือประเภทสำรวจ แบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 อันดับ สำหรับให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์ พิจารณาประเมินคุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 4 ด้าน ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพทั่วไป ลักษณะการใช้งาน การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม และความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน เครื่องมือประเมินนี้ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยอาศัยแนวคิดที่ว่าด้วยคุณลักษณะที่ดีของการสร้างอุปกรณ์วิทยาศาสตร์

6. การทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ หมายถึง การนำชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น ไปให้ผู้สอนและผู้เรียนทดลองใช้จริง โดยเมื่อทดลองกับผู้สอนจะพิจารณาในเรื่องความสามารถในการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์และเจตคติต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และเมื่อทดลองกับผู้เรียน จะพิจารณาในเรื่องความสามารถในการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ความรู้ความเข้าใจหลักการทำงานของวงจรในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์และเจตคติต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

7. ความสามารถในการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของผู้สอน หมายถึง ความสามารถในการปฏิบัติการทดลองของผู้สอนโดยใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ในการวิจัยครั้งนี้กำหนดเกณฑ์ร้อยละ 80 โดยวัดจากแบบประเมินพฤติกรรมของผู้สอนขณะทำการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check list)

8. ความสามารถในการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของผู้เรียน หมายถึง ความสามารถในการปฏิบัติการทดลองของผู้เรียนโดยใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนด ในการวิจัยครั้งนี้กำหนดเกณฑ์ร้อยละ 80 โดยวัดจากการรายงานผลการทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น

9. ความรู้ความเข้าใจหลักการทำงานของวงจรในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ หมายถึง ความรู้ความเข้าใจหลักการทำงานของวงจรในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น ในการวิจัยครั้งนี้กำหนดเกณฑ์ร้อยละ 80 โดยวัดจากการตอบคำถามท้ายการทดลองในคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น

10. เจตคติต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ หมายถึง ความคิดเห็น ความรู้สึกของผู้เรียนและผู้สอนที่มีต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งพิจารณาโดยรวมถึงการแสดงความคิดเห็น ความรู้สึกเกี่ยวกับประโยชน์ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ความสนใจของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และการแสดงออกของพฤติกรรมที่มีต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น

11. ผู้สอนกลุ่มที่ 1 หมายถึง ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ และวิชาไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์ โรงเรียนศรีกระนวนวิทยาคม อำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น มีประสบการณ์ทางการสอนไม่ต่ำกว่า 5 ปี

12. ผู้สอนกลุ่มที่ 2 หมายถึง ครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เคมี และ ชีววิทยา โรงเรียนศรีกระนวนวิทยาคม อำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น มีประสบการณ์ทางการสอนไม่ต่ำกว่า 5 ปี

13. ผู้เรียนกลุ่มที่ 1 หมายถึง นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนศรีกระนวนวิทยาคม อำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น

14. ผู้เรียนกลุ่มที่ 2 หมายถึง นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนศรีกระนวนวิทยาคม อำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น

15. เกณฑ์ร้อยละ 80 หมายถึง เกณฑ์ในการพิจารณาความสามารถในการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ความรู้ความเข้าใจหลักการทำงานของวงจรในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น ซึ่งความสามารถในการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของผู้เรียน หมายถึง คะแนนของผู้เรียนที่ได้จากการรายงานผลการทดลองทุกการทดลอง โดยเฉลี่ยทั้งกลุ่มคิดเป็นร้อยละ 80 ส่วนความรู้ความเข้าใจหลักการทำงานของวงจรในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ หมายถึง คะแนนของผู้เรียนที่ได้จากการตอบคำถามท้ายการทดลองทุกการทดลอง โดยเฉลี่ยทั้งกลุ่มคิดเป็นร้อยละ 80

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ตามลำดับหัวข้อดังต่อไปนี้

1. เอกสารที่เกี่ยวกับการเรียนการสอนอิเล็กทรอนิกส์
2. เอกสารที่เกี่ยวกับความรู้พื้นฐานทางอิเล็กทรอนิกส์
3. เอกสารที่เกี่ยวกับสื่อการสอน
 - 3.1 ความหมายของสื่อการสอน
 - 3.2 ประเภทของสื่อการสอน
 - 3.3 ทักษะการใช้สื่อการสอน
 - 3.4 คุณค่าของสื่อการสอน
4. เอกสารที่เกี่ยวกับการสร้างอุปกรณ์วิทยาศาสตร์
 - 4.1 ขั้นตอนการสร้างอุปกรณ์วิทยาศาสตร์
 - 4.2 ลักษณะของอุปกรณ์และเครื่องมือที่ดี
 - 4.3 หลักการเลือกวัสดุอุปกรณ์เพื่อใช้ในการทดลองวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา
 - 4.4 ทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์
 - 4.5 ประโยชน์ของการมีทักษะการใช้วัสดุอุปกรณ์
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
6. สมมติฐานการวิจัย

เอกสารที่เกี่ยวกับการเรียนการสอนอิเล็กทรอนิกส์

อิเล็กทรอนิกส์เป็นเนื้อหาที่สอดแทรกอยู่ในวิชาวิทยาศาสตร์ทั้งในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งพอจะสรุปตามรายละเอียดของหลักสูตรมัธยมศึกษา ได้ดังนี้ (กรมวิชาการ. 2533. 36 - 38)

1. ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น รายวิชาที่มีเนื้อหาอิเล็กทรอนิกส์สอดแทรกอยู่ คือ
 - 1.1 ว 013 ของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้า เป็นวิชาเลือกเสรี ศึกษาและทดลองสร้างอุปกรณ์ของเล่นเชิงกลไกและไฟฟ้าอย่างง่ายตามแบบที่กำหนดให้ออกแบบ ดัดแปลงหรือประดิษฐ์อุปกรณ์ใหม่ เพื่อให้สนุกเพลิดเพลินและมีความคิดสร้างสรรค์ในการประกอบชิ้นส่วน ดัดแปลงและประดิษฐ์อุปกรณ์

1.2 ว 016 สนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ เป็นวิชาเลือกเสรีที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เลือกเรียนตามความสนใจ เป็นการศึกษา ค้นคว้า และทดลองเกี่ยวกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์ชนิดอื่น ในลักษณะต่างๆ ทำให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ในการประดิษฐ์อุปกรณ์ที่อาศัยวงจรอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น และนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

1.3 ว 306 วิทยาศาสตร์ เป็นวิชาบังคับที่ศึกษา ทดลอง อภิปรายและวิเคราะห์ ข้อมูลเกี่ยวกับสมบัติและความสำคัญของบรรยากาศที่มีต่อการดำรงชีวิต ศึกษาการใช้เทคโนโลยีในการสำรวจอวกาศ พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อนและพลังงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน ความก้าวหน้าในการหาแหล่งเชื้อเพลิงเพื่อนำมาผลิตพลังงานต่างๆ เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจและเห็นคุณค่าของบรรยากาศและพลังงานในการดำรงชีวิต ใช้พลังงานอย่างประหยัด สนใจติดตามความก้าวหน้าทางวิทยาการและเทคโนโลยี ผลกระทบที่มีต่อโลก

1.4 กิจกรรมชุมนุมวิทยาศาสตร์ เป็นกิจกรรมเสริมหลักสูตรที่ให้นักเรียนเลือกเรียนได้ตามความสนใจและความถนัดของนักเรียน ซึ่งทางโรงเรียนสามารถจัดการเรียนการสอนในเนื้อหาต่างๆ ที่นักเรียนสนใจได้ตามความต้องการของนักเรียน อิเล็กทรอนิกส์ก็เป็นวิชาที่น่าสนใจในการนำไปจัดเป็นกิจกรรมชุมนุมวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนที่มีความสนใจเกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์เรียนได้

2. ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย รายวิชาที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์สอดคล้อง คือ

2.1 ว 023 ฟิสิกส์ เป็นวิชาเลือกเสรี ศึกษาหลักการพื้นฐานของไฟฟ้าและแม่เหล็ก วงจรไฟฟ้าอย่างง่ายและอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เกี่ยวข้อง การฝึกปฏิบัติการต่างๆ เพื่อให้มีความเข้าใจ มีทักษะกระบวนการและเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์ และนำความรู้และหลักการไปใช้แก้ปัญหาได้

2.2 ข 0279 ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน เป็นกลุ่มวิชาชีพ ศึกษาลักษณะ ประเภท หลักการทำงาน ส่วนประกอบ วิธีใช้และการบำรุงรักษา เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือ ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน การตรวจสอบหาข้อบกพร่อง การถอดประกอบ การซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิด การบัดกรี เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจและเกิดทักษะ

2.3 กิจกรรมชุมนุมวิทยาศาสตร์ เป็นกิจกรรมเสริมหลักสูตรที่ให้นักเรียนเลือกเรียนได้ตามความสนใจและความถนัดของนักเรียน อิเล็กทรอนิกส์จึงเป็นวิชาที่สามารถเปิดสอนในกิจกรรมชุมนุมวิทยาศาสตร์ได้เช่นเดียวกับระดับมัธยมศึกษาตอนต้น แต่จะมีความละเอียดของเนื้อหาความรู้มากกว่าในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

เอกสารที่เกี่ยวกับความรู้พื้นฐานทางอิเล็กทรอนิกส์

ประวัติของอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2537 : 55 - 60) ได้กล่าวถึงประวัติของอิเล็กทรอนิกส์ไว้ว่า อิเล็กทรอนิกส์เป็นสาขาวิชาใหม่ที่เริ่มก่อตัวขึ้นในตอนต้นศตวรรษที่ 20 แม้ว่าวิชาอิเล็กทรอนิกส์จะแตกสาขามาจากวิชาไฟฟ้าที่รู้จักกันมานานแล้ว แต่โดยสาระแล้วอิเล็กทรอนิกส์ต่างจากสาขาวิชาไฟฟ้า กล่าวคือ วิชาอิเล็กทรอนิกส์นั้นเป็นวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ว่าด้วยการ

เคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าในสุญญากาศและสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) แต่วิชาไฟฟ้านั้นกล่าวถึงการเคลื่อนที่ของประจุในโลหะ เช่น ในสายไฟฟ้า ในหลอดไฟหรือในมอเตอร์ เป็นต้น

ประวัติของอิเล็กทรอนิกส์นั้นแบ่งเป็นยุคสำคัญได้ 2 ยุค ได้แก่

1. ยุคหลอดสุญญากาศ (The Vacuum - Tube Era) ยุคแห่งหลอดสุญญากาศนั้นอยู่ในช่วงแรกของศตวรรษที่ 20 เริ่มจากคำว่า “อิเล็กทรอนิกส์” (Electronics) นั้นเป็นผลสืบเนื่องมาจากที่ H.A. Lorentz ได้เรียกอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่เล็กที่สุดว่า “อิเล็กตรอน” ในปี 1895 จากนั้นอีก 2 ปี J.J. Thompson ได้ค้นพบอิเล็กตรอนได้สำเร็จ ซึ่งเป็นหลอดสุญญากาศเรียกว่า “หลอดรังสีแคโทด” (CRT = Cathode Ray Tube)

ปี 1940 Fleming ได้ประดิษฐ์หลอดสุญญากาศชนิดหนึ่งมีขั้ว 2 ขั้ว และเรียกว่า “ไดโอด” (Diode) หลอดไดโอดประกอบด้วยไส้หลอด ซึ่งจะปล่อยอิเล็กตรอนออกมาเป็นขั้วลบหรือแคโทด และมีแผ่นโลหะ (Plate) ซึ่งอยู่ห่างกันเล็กน้อยเป็นขั้วบวก ขั้วทั้งสองจะบรรจุอยู่ในหลอดสุญญากาศ ถ้าให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าบวกเข้าที่เพลท (ขั้วบวก) จะมีกระแสไฟฟ้าไหล แต่ถ้าให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าลบเข้าที่เพลท จะทำให้กระแสไฟฟ้าลดลงเป็นศูนย์ นี่คือคุณสมบัติที่มีประโยชน์ในการนำไปใช้เป็นตัวดีเทคเตอร์ (Detector) สัญญาณจากคลื่นวิทยุ

ปี 1906 De Forest ได้ประดิษฐ์หลอด “โทรโอด” (Triode) หรือที่เรียกว่าหลอด “ออไดออน” (Audion) ซึ่งเป็นหลอดสุญญากาศเช่นเดียวกับหลอดไดโอดของเฟรมมิ่ง แต่เพิ่มขั้วเป็นสามขั้ว โดยขั้วที่สามจะอยู่ระหว่างเพลทและแคโทดเรียกขั้วที่สามนี้ว่า “กริด” (Grid) หลอดชนิดนี้สามารถขยายกระแสได้ ควบคุมกระแสได้

ปี 1911 เทคโนโลยีการผลิตหลอดสุญญากาศได้พัฒนามากขึ้น จึงเป็นช่วงเริ่มต้นในการประยุกต์ใช้หลอดสุญญากาศในระบบสื่อสารด้วยวิทยุ ในช่วงนี้ได้มีการก่อตั้งสถาบัน IRE (The Institute of Radio Engineers) ขึ้นในปี 1912 ที่อเมริกา ต่อมาได้รวมกับสถาบันวิศวกรไฟฟ้าแห่งอเมริกา (The American Institute of Electrical Engineers หรือ AIEE) ซึ่งก่อตั้งมาตั้งแต่ปี 1884 เมื่อรวมกันแล้วได้ตั้งเป็นสถาบันใหม่มีชื่อว่า “สถาบันวิศวกรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์” (The Institute of Electrical and Electronic Engineers หรือ IEEE) IEEE เป็นชื่อที่ในวงการไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์มักอ้างมาตรฐานอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ เทียบกับมาตรฐานตามที่ IEEE ได้กำหนด

2. ยุคทรานซิสเตอร์ (The Transistor Era)

อิเล็กทรอนิกส์สารกึ่งตัวนำได้เริ่มต้นขึ้น เมื่อมีการค้นพบทรานซิสเตอร์ในปี 1948 ศาสตราจารย์ Shockley ได้เสนอทฤษฎี Junction transistor และได้ทำการวิจัยร่วมกับ Bardeen และ Brattain จนประดิษฐ์ทรานซิสเตอร์ชนิด Junction transistor ได้สำเร็จ ทั้ง 3 ท่าน ได้รับรางวัล Nobel สาขาฟิสิกส์ในปี 1955 และในปี 1951 ก็ได้ผลิตทรานซิสเตอร์ออกจำหน่ายในเชิงพาณิชย์

ปี 1954 Texas Instruments ได้ประดิษฐ์ทรานซิสเตอร์ที่ทำจากผลึกซิลิคอน เรียกว่า Silicon Transistor สำเร็จ ซึ่งทนอุณหภูมิได้ถึง 200°C ในขณะที่ทรานซิสเตอร์ชนิดเจอร์เมเนียมทนได้ 75 °C นับเป็นจุดเริ่มต้นของเทคโนโลยีการผลิตสารกึ่งตัวนำชนิดซิลิคอน

ปี 1958 บริษัท Texas Instruments โดย Kibby ได้คิดวิธีทำ IC (Integrated Circuit) แบบ Monolithic Circuit ขึ้น ตอนนั้นเรียก IC ว่า "Solid Circuit" ต่อมาในปี 1961 บริษัท Texas Instruments ก็ได้ผลิตไอซีออกจำหน่ายในเชิงพาณิชย์

ปัจจุบันเป็นยุคที่สารกึ่งตัวนำรุ่งโรจน์ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จึงสามารถทำได้อย่างซับซ้อน และมีความจุอุปกรณ์ต่อพื้นที่สูงมาก สามารถผลิตไอซีที่ประกอบด้วยทรานซิสเตอร์จำนวนมาก ในปี 1984 สามารถผลิตไอซี ที่มีทรานซิสเตอร์บรรจุอยู่ภายในได้ถึง 400,000 ตัว ด้วยความหนาแน่น 30,000 ตัวต่อพื้นที่ 1 ตารางมิลลิเมตร การเจริญเติบโตของอุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์ได้กระตุ้นให้เกิดการพัฒนาไอซีใหม่อย่างรวดเร็ว ผลของการพัฒนาไอซีชนิดต่างๆ ได้ส่งผลถึงการพัฒนาอุตสาหกรรม การสื่อสาร การควบคุมและอุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีการพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว

การส่งข้อมูลในระบบสื่อสารได้เปลี่ยนจากระบบอะนาล็อกมาเป็นระบบดิจิทัล ในปี 1980 ซึ่งทำให้สามารถส่งข้อมูลข่าวสารได้มากในเวลาเดียวกันและด้วยความเร็วสูง เนื่องจากอุปกรณ์สมัยใหม่ไม่มีการทำงานที่มีความเร็วสูงมาก

การพัฒนาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์เป็นไปอย่างรวดเร็ว ทุกวันนี้ถือว่าเป็นเรื่องธรรมดาที่สามารถรับสัญญาณโทรทัศน์ เพื่อชมการถ่ายทอดสดรายการต่างๆ จากทุกแห่งในโลกหรือจากเครื่องส่งนอกโลกที่ไกลออกไปนับล้านไมล์ในอวกาศ คนที่อยู่สถานีอวกาศบนโลกสามารถจะเปิดสวิตช์ไฟฟ้า หรือปรับกล้องถ่ายรูปที่อยู่บนยานอวกาศห่างจากโลกไปถึงหนึ่งพันล้านไมล์ ซึ่งในระยะทางที่แม้แต่แสงก็ต้องใช้เวลาเดินทางถึง 2 ชั่วโมง ความสำเร็จเช่นนี้จะเป็นไปได้เลย ถ้าปราศจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ความสามารถในการส่งภาพผ่านสัญญาณโทรทัศน์จากอวกาศนั้น ต้องอาศัยอุปกรณ์สื่อสาร อุปกรณ์คำนวณและอุปกรณ์ควบคุมที่สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างประณีต และกลมกลืนเสมือนเป็นอุปกรณ์ตัวเดียวกัน ความสามารถเช่นนี้แสดงให้เห็นว่าระบบ "สมองอิเล็กทรอนิกส์" นั้น นับว่าเป็นส่วนประกอบที่สำคัญอย่างยิ่งหรือเรียกได้ว่าเป็นหัวใจของเทคโนโลยีใน "ยุคข้อมูลข่าวสาร"

ความรู้พื้นฐานทางอิเล็กทรอนิกส์

ปัจจุบันความรู้ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์เป็นสิ่งที่จำเป็นมาก สำหรับบุคคลทุกระดับ เพราะว่าอุปกรณ์และเครื่องมือเครื่องใช้ส่วนใหญ่ทำมาจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ดังนั้นการรู้จักอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จึงเป็นสิ่งสำคัญ ถ้าหากไม่รู้จักอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ก็จะไม่สามารถที่จะซ่อมหรือสร้างวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้เลย สิ่งที่จะต้องศึกษาก็คือ สัญลัษณ์ รูปร่างและหน้าที่ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทุกตัวในวงจรใดวงจรหนึ่ง ซึ่งจากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์ของยืน ภู่วรรณ (2521 : 1 - 49) สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว (2527 : 8 - 31) วิชาญ ก่องดาวงษ์ (2528 : 48 - 94) เจน สงสมพันธ์ (2531 : 30 - 256) ชิตชัย สุทธาตวิน (2534 : 25 - 68) พรเทพ เมืองแมน (ม.ป.ป. : 4 - 176) สมคิด วิริยประสิทธิ์ และอรรถพล มณีโชติ (ม.ป.ป. : 1 - 71) สามารถสรุปเนื้อหา หลักการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ประกอบชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น ได้ดังนี้

ตัวต้านทาน

ตัวต้านทาน (Resistor) เป็นอุปกรณ์ที่มีความจำเป็นมากสำหรับงานอิเล็กทรอนิกส์ เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้า เพื่อที่จะควบคุมกระแสและแรงเคลื่อนไฟฟ้าในวงจรให้ได้ขนาดหรือกำลังตามความต้องการ เนื่องจากอุปกรณ์แต่ละตัวถูกออกแบบมาให้ใช้กระแสและแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่แตกต่างกัน

ชนิดของตัวต้านทาน

ตัวต้านทานมีการผลิตออกมามากมายหลายแบบ หลักการต่อไปนี้นี้เป็นหลักที่ยึดเอาค่าความต้านทานเป็นหลัก สามารถแบ่งได้ 3 แบบ คือ

1. ตัวต้านทานค่าคงที่ (Fixed Resistor)
2. ตัวต้านทานปรับค่าได้ (Adjustable Resistor) หรือตัวต้านทานแบบแทป (Tap Resistor)
3. ตัวต้านทานเปลี่ยนค่าได้ (Variable Resistor)

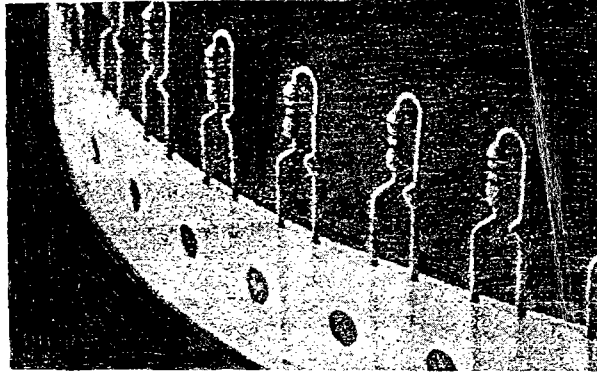
ในปัจจุบันได้มีการผลิตตัวต้านทานออกมามากมายหลายชนิด โดยสารที่เอามาทำนั้นทำให้คุณสมบัติของตัวต้านทานแต่ละตัวแตกต่างกันออกไป การเลือกใช้ตัวต้านทานให้เหมาะสมกับงานเป็นสิ่งที่ต้องพิจารณา เพราะนั่นหมายถึงคุณภาพของงานด้วย ดังนั้นการเลือกใช้ตัวต้านทานหรือรีซิสเตอร์ ต้องพิจารณาถึงเสถียรภาพต่อสัญญาณรบกวน (Stability) อัตรากระจายกำลัง (Power Dissipation) ความคลาดเคลื่อน (Tolerance) สภาพแวดล้อมความต้องการทางกระแสสลับ (Effect for A.C.) สัมประสิทธิ์ทางต้านอุณหภูมิ สัมประสิทธิ์ทางแรงเคลื่อนต่อการเปลี่ยนแปลงค่า (Drift) และการลดค่า (Derating) เป็นต้น

ถ้าแยกประเภทของตัวต้านทานตามโครงสร้างและลักษณะเนื้อสาร อาจจะแบ่งได้เป็นชนิดคาร์บอน ชนิดพันลวด ชนิดเซอร์เมท ชนิดพลาสติกนำไฟฟ้า เป็นต้น

ตัวต้านทานชนิดคาร์บอน

ตัวต้านทานชนิดคาร์บอน (Carbon Composition Resistor) เป็นตัวต้านทานชนิดที่นิยมใช้กันมากที่สุด ตัวต้านทานแบบนี้ขึ้นรูปด้วยผงคาร์บอนหรือกราไฟท์ โดยเอาผงคาร์บอนผสมตัวประสานฟีนอลลิก แล้วต่อสายเป็นขั้วออกมาใช้งาน ซึ่งจะมีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงทางอุณหภูมิและแรงเคลื่อนทรานเซียน ความผิดพลาดของตัวต้านทานไม่น้อยกว่า 5% โดยมีเสถียรภาพในระยะไม่ดีกว่า $\pm 20\%$ ความต้านทานที่แตกต่างกันออกไปมาจากการทำให้ความหนาแน่นของตัวต้านทานแต่ละตัวต่างกัน

การทำให้ตัวต้านทานมีขนาดต่างกันออกไปทำให้กำลังวัตต์เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย การที่จะทราบค่าตัวต้านทานตัวไหนมีขนาดกี่วัตต์ สังเกตได้จากขนาดของตัวต้านทานตัวนั้นๆ การผลิตตัวต้านทานชนิดนี้จะผลิตออกมาให้มีความคลาดเคลื่อน $\pm 5\%$, $\pm 10\%$ หรือ $\pm 20\%$ ก็ได้



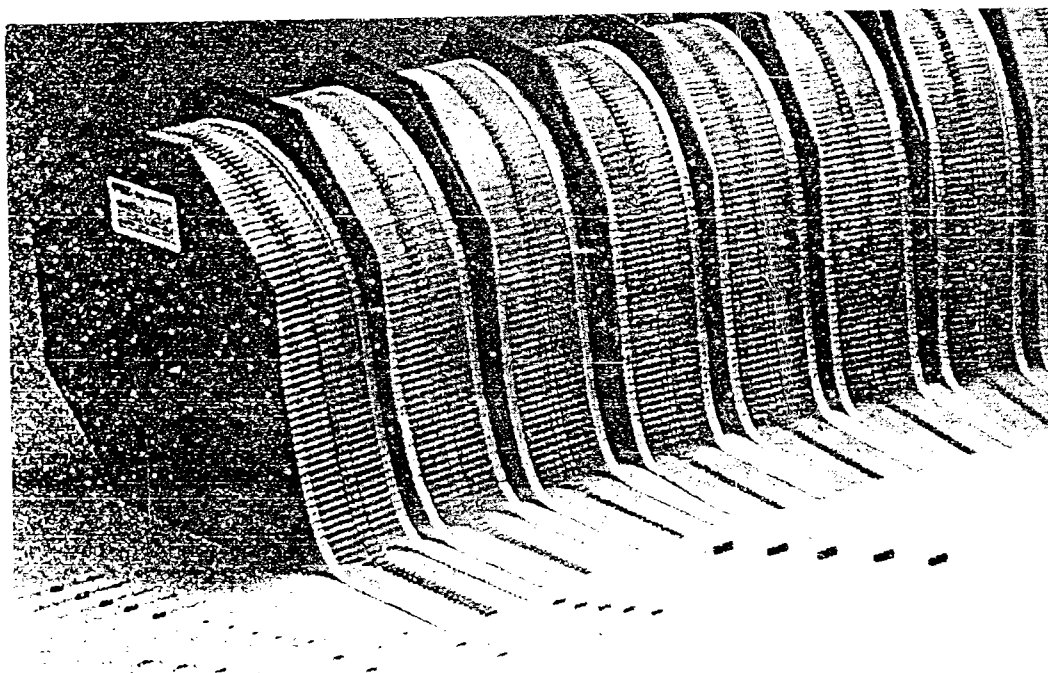
ภาพประกอบ 1 แสดงตัวต้านทานคาร์บอนค่าคงที่
(ที่มา : เจน สงสมพันธ์. 2531 : 35)

ตัวต้านทานชนิดฟิล์ม

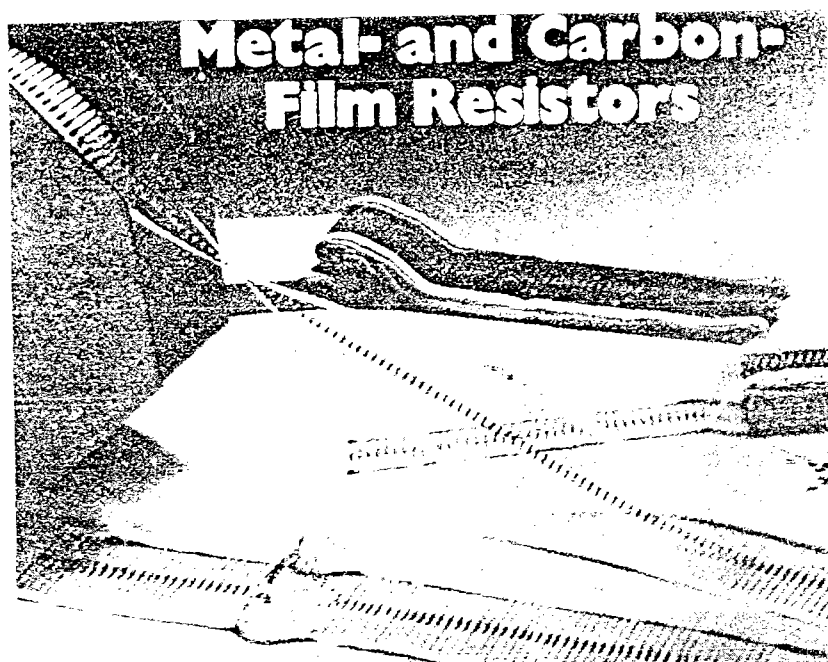
ตัวต้านทานชนิดฟิล์ม (Resistive Film Resistor) ทำมาจากฟิล์มบางๆ ของแก้วและโลหะหลอมเข้าด้วยกัน แล้วนำไปเคลือบแทนที่จากผลึกของเซรามิค ความเที่ยงตรงสูงกว่าแบบคาร์บอน นอกจากนั้นยังเหมาะสำหรับใช้กับไฟสลัป ซึ่งตัวต้านทานแบบนี้ทำงานได้ดีตั้งแต่ไฟตรงจนถึงย่านความถี่สูงเป็นเมกะเฮิรตซ์ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมีน้อยมากเมื่อเทียบกับแบบคาร์บอน ค่าความต้านทานจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น 125 องศาเซลเซียส ขึ้นไป ตัวต้านทานชนิดนี้แบ่งตามลักษณะการผลิตได้ดังนี้

1. แบบใช้สุญญากาศ (Vacuum Deposition)
2. แบบกระจายโลหะกับอาร์กอน (Sputtering)
3. แบบโลหะออกไซด์ (Metal Oxide Film)

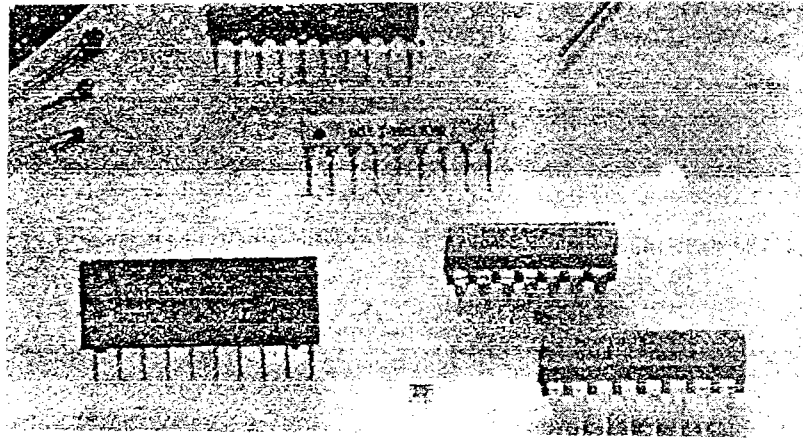
ตัวต้านทานในปัจจุบันถูกออกแบบให้มีขนาดบางเล็กเพื่อสะดวกในการใช้งาน ตัวต้านทานแบบบางนี้มีเสถียรภาพสูง มีคุณสมบัติทางด้านสัญญาณรบกวนต่ำ รวมไปถึงสัมประสิทธิ์ต่ออุณหภูมิที่ต่ำมาก จึงเป็นที่นิยมใช้ในวงจรดีเอ็มเอ็ม. (Digital Multi - meter) วงจรโวลเตจดีไวเดอร์ที่ต้องการความแม่นยำสูง วงจรลดทอนสัญญาณ วงจรเปลี่ยนสัญญาณอะนาล็อกเป็นดิจิตอล (A to D) วงจรเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นอะนาล็อก (D to A) เป็นต้น โดยตัวต้านทานแบบฟิล์มจะสร้างเป็นแบบโมดูลหรือแบบแพ็คเกจทั้งหลายๆ ตัวลงในถังเดียวกัน อาจจะเป็นแบบดินตะขาบ (DIP) หรือตัวถังขาเรียงเดี่ยว (SIP)



ภาพประกอบ 2 แสดงตัวต้านทานแบบเมทัลฟิล์มที่ส่งมาจากโรงงาน
(ที่มา : เจน สงสมพันธ์. 2531 : 36)



ภาพประกอบ 3 แสดงตัวต้านทานที่ถูกเลือกใช้กับคอมพิวเตอร์
(ที่มา : เจน สงสมพันธ์. 2531 : 37)



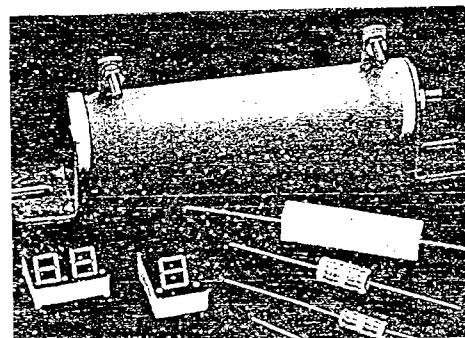
ภาพประกอบ 4 แสดงตัวต้านทานแบบชิฟ และแบบดัด
(ที่มา : เจน สงสมพันธ์. 2531 : 37)

นอกจากตัวต้านทานแบบเมทัลฟิล์ม (Metal Film Resistor) แล้ว ยังมีตัวต้านทานฟิล์มชนิดที่ใช้ผงคาร์บอน ซึ่งเรียกว่า แบบคาร์บอนฟิล์ม (Carbon Film Resistor) แบบคาร์บอนฟิล์มมีข้อดีตรงที่วราคาราถูกกว่า การทำงานเหมือนกับแบบคาร์บอนทั่วๆ ไป แต่ไม่สามารถทนแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระชาก (Surge Current) ในระยะเวลาสั้นๆ ได้ และมีค่าสัมประสิทธิ์ต่ออุณหภูมิมีด้อยกว่าแบบคาร์บอนธรรมดา

ตัวต้านทานแบบลวดพัน

ตัวต้านทานแบบลวดพัน (Wire - Wound Resistor) เป็นตัวต้านทานที่ออกแบบมาใช้กับงานกำลังสูงๆ ตัวต้านทานชนิดนี้สามารถทำงานได้กับความถี่สูงถึง 20 กิโลเฮิร์ตซ์ มีสารเคลือบ (เวลาที่พันเสร็จ) เพื่อป้องกันความชื้นและเป็นฉนวน บางชนิดที่นำเอาไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมอาจจะหล่อเย็นด้วยน้ำมัน เพื่อลดความร้อน

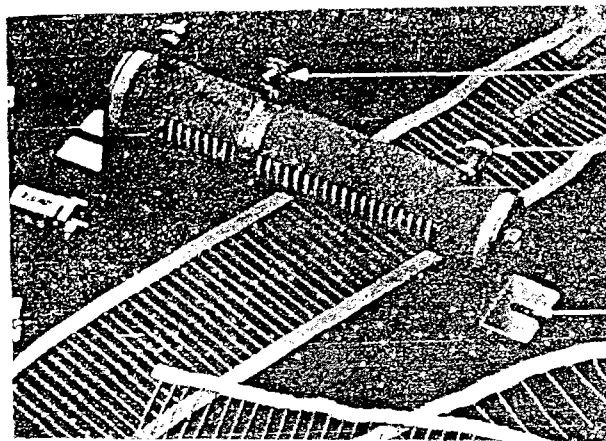
ตัวต้านทานแบบลวดพันนี้ โดยปกติชิ้นส่วนความต้านทานทำมาจากโลหะผสมของนิเกิลโครเมียม ทองแดงนิเกิล หรือทองแพลทตินัม ซึ่งโลหะผสมนิเกิลโครเมียมเป็นที่นิยมใช้มากที่สุด เพราะมีค่าสัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิค่อนข้างดี



ภาพประกอบ 5 แสดงตัวต้านทานแบบพันลวด
(ที่มา : เจน สงสมพันธ์. 2531 : 38)

ตัวต้านทานปรับค่าได้

ตัวต้านทานปรับค่าได้ (Adjustable Resistor) จะใช้กับกำลังวัตต์สูงๆ การปรับค่าความต้านทานค่าใดค่าหนึ่งสามารถกระทำได้ในช่วงความต้านทานของตัวต้านทานแต่ละตัว โดยจะมีค่าปรับให้สัมผัสเข้ากับจุดหนึ่งจุดใดบนเส้นลวดความต้านทาน ตัวต้านทานแบบนี้เหมาะกับการที่ต้องการเปลี่ยนแปลงความต้านทานอยู่บ่อยๆ เพื่อให้การทำงานเป็นไปตามวัตถุประสงค์



ขาปรับความต้านทาน

ขั้วต่อ

ขายึด

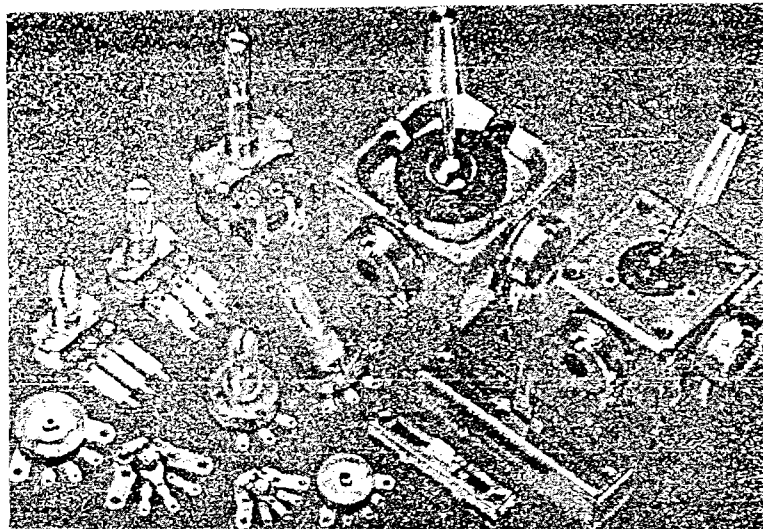
ภาพประกอบ 6 แสดงตัวต้านทานปรับค่าได้
(ที่มา : เจน สงสมพันธ์. 2531 : 39)

ตัวต้านทานเปลี่ยนค่าได้

ตัวต้านทานเปลี่ยนค่าได้ (Variable Resistor) ใช้กับงานที่ไม่ต้องการค่าความต้านทานที่คงที่ ต้องการปรับค่าความต้านทานบ่อยๆ เช่น วงจรหรือเครื่องเสียงของเครื่องขยาย วงจรเครื่องรีไฟ วงจรปรับความเร็วไฟวิ่ง เป็นต้น อาจจะเรียกว่า “โพเทนชิโอมิเตอร์” (Potentiometer) หรือ Pot สำหรับชนิดที่มีแกนเลื่อนค่าความต้านทาน หรือแบบมีแกนหมุนเปลี่ยนค่าความต้านทาน เช่น วอลุ่มหรือ เครื่องเสียงแบบธรรมดา หรือแบบสไลด์ อีกแบบหนึ่งเป็นแบบที่ไม่มีแกนปรับมีชื่อเรียกว่า “วอลุ่มเกือกม้า” หรือ Trimpot วารีเอเบิลรีซิสเตอร์อาจทำมาจากคาร์บอน เซอร์เมท หรือพลาสติก ตัวนำ ตัวต้านทานที่ทำมาจากคาร์บอน มีจุดอ่อนอยู่ที่ปัญหาความชื้น ถ้าต้องการเสถียรภาพในกรณีที่มีความชื้นมาเกี่ยวข้อง ต้องเลือกใช้ชนิดที่ทำมาจากเซอร์เมท (เซรามิคผสมเงิน) ซึ่งมักพบเห็นในวงจรเครื่องเสียงชั้นนำ ส่วนตัวต้านทานแบบพลาสติกตัวนำนั้นเหมาะกับการใช้งานที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ แต่มีประสิทธิภาพเลวต่อความชื้นเช่นเดียวกับแบบคาร์บอน นอกจากนี้ยังมี โพเทนชิโอมิเตอร์แบบไฮบริด ซึ่งทำมาจากลวดโดยมีพลาสติกตัวนำฉาบที่ผิวสัมผัส แบบนี้ให้ค่าความต้านทานที่ละเอียดมาก และมีอายุการใช้งานที่ยาวนานอีกด้วย

วอลุ่ม (Volume) หรือความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงค่าได้ สามารถแยกออกเป็นชนิดย่อยๆ ตามอัตราส่วนของการเปลี่ยนแปลงความต้านทานนี้ได้

1. แบบ เอ. (A Type) แกนหมุนถ้าหากเป็นวอลุ่มกลมจะสามารถหมุนได้ 300 องศา การเปลี่ยนแปลงความต้านทานจะเป็นไปตามลักษณะล็อก (Log) หรือเปลี่ยนแปลงเป็นอัตราทวีคูณเรื่อยๆ
2. แบบ บี. (B Type) อัตราการเปลี่ยนแปลงความต้านทานเป็นเชิงเส้น
3. แบบ เอ็มเอ็น. (MN Type) ส่วนมากจะใช้กับตัวบาลานซ์ของเครื่องขยายเสียงแบบสเตอริโอ ความต้านทานที่มุม 150 องศา มายังมุม 0 องศา กับความต้านทานจากมุม 150 องศา ไปยังมุม 300 องศา จะมีการเปลี่ยนแปลงเท่ากัน



ภาพประกอบ 7 แสดงตัวต้านทานเปลี่ยนค่าได้
(ที่มา : เจน สงสมพันธ์. 2531 : 40)

นอกจากนี้ยังมีตัวต้านทานแบบแทป (Tap Resistor) ตัวต้านทานชนิดพิเศษอื่นๆ เช่น ตัวต้านทานที่ทำหน้าที่เป็นฟิวส์ (ควรเรียกว่าทำหน้าที่จำกัดกระแส ตัวต้านทานแบบนี้หากวัดออกมาความต้านทานจะได้ 0) และยังมีตัวต้านทานที่ทำงานด้วยแสง (แอลดีอาร์.) คุณสมบัติของตัวต้านทาน ยังมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานมากเท่าใด จะยิ่งเกิดความร้อนสะสมหรือพลังงานขึ้นที่ตัวต้านทานมากยิ่งขึ้นเท่านั้น ความร้อนหรือพลังงานที่เกิดขึ้นจะมีระดับแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับขนาดของตัวต้านทาน ในบางครั้งการเลือกใช้ตัวต้านทานที่มีค่าไม่เหมาะสมกับพลังงานที่เกิดขึ้นในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ก็จะส่งผลให้ตัวต้านทานนั้นๆ ไหม้ได้ การสั่งซื้อตัวต้านทาน จะต้องบอกค่าความต้านทาน ขนาดกำลังไฟฟ้าของตัวต้านทานและบอกค่าความผิดพลาดของตัวต้านทาน

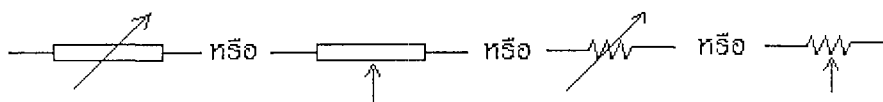
สัญลักษณ์ของตัวต้านทาน

1. สัญลักษณ์ของตัวต้านทานแบบคงที่ เขียนได้ดังนี้



ภาพประกอบ 8 แสดงสัญลักษณ์ของตัวต้านทานแบบคงที่
(ที่มา : สมคิด วิริยะประสิทธิ์และอรรรพพล มณีโชติ. ม.ป.ป. : 2)

2. สัญลักษณ์ของตัวต้านทานปรับค่าได้ เขียนได้ดังนี้



ภาพประกอบ 9 แสดงสัญลักษณ์ของตัวต้านทานแบบปรับค่าได้
(ที่มา : สมคิด วิริยะประสิทธิ์และอรรรพพล มณีโชติ. ม.ป.ป. : 3)

ค่าของตัวต้านทาน

การอ่านค่าความต้านทานจากตัวต้านทาน สามารถทำได้ 2 วิธี คือ กำหนดค่าด้วยแถบสีที่เขียนไว้บนตัวต้านทาน และกำหนดเป็นรหัสตัวเลข ที่เขียนบนตัวต้านทาน โดยค่าที่กำหนดไว้เมื่ออ่านออกมาเป็นตัวเลข จะมีหน่วยเป็นโอห์ม (Ω) สามารถอ่านค่าความต้านทานได้ดังนี้

การอ่านค่าความต้านทานจากรหัสตัวเลข

การอ่านค่าความต้านทานจากรหัสตัวเลข เช่น 5M6J สามารถทำได้ดังนี้

1. ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวสุดท้าย หรือตัวที่อยู่หลังสุดบนตัวต้านทาน จะเป็นตัวที่แสดงเปอร์เซ็นต์ของค่าผิดพลาด ซึ่งตัวอักษรภาษาอังกฤษแต่ละตัวให้ค่าผิดพลาดต่างๆ ดังนี้

ตัวอักษร	ค่าความผิดพลาด
F	$\pm 1\%$
G	$\pm 2\%$
J	$\pm 5\%$
K	$\pm 10\%$
M	$\pm 20\%$

2. ถ้าตัวอักษรภาษาอังกฤษตัว R ตัว K และตัว M อยู่ในตำแหน่งก่อนที่จะถึงตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวสุดท้าย จะเป็นการแสดงหน่วยของความต้านทาน โดยที่ R คือ โอห์ม (Ω) K คือ กิโลโอห์ม ($K\Omega$) และ M คือ เมกะโอห์ม ($M\Omega$) เช่น 22 KG ค่าความต้านทานที่อ่านได้ คือ $22 K\Omega \pm 2\%$ เป็นต้น

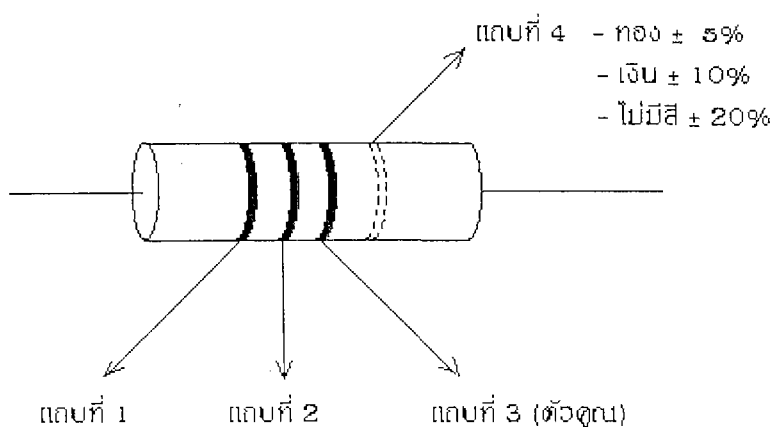
3. ถ้าตัวอักษรภาษาอังกฤษตัว R ตัว K และตัว M อยู่หน้าตัวเลขหรืออยู่คั่นระหว่างกลางตัวเลข จะถูกแทนด้วยจุดทศนิยม โดย R คือ โอห์ม (Ω) K หรือ $K\Omega$ และ M คือ $M\Omega$ เช่น 2R4J ค่าความต้านทานที่อ่านได้ คือ $2.4 \Omega \pm 5\%$ และ R33F ค่าความต้านทานที่อ่านได้ คือ $0.33 \Omega \pm 1\%$ เป็นต้น

การอ่านค่าความต้านทานจากรหัสแถบสีบนตัวต้านทาน

ตัวต้านทานที่จะอ่านค่าจากรหัสแถบสี จะเป็นตัวต้านทานชนิดคาร์บอน ซึ่งค่าที่อ่านได้จะมีหน่วยเป็นโอห์ม การอ่านค่าตัวต้านทานจากรหัสแถบสีจะแยกเป็น 2 แบบ คือ การอ่านค่าความต้านทานบนตัวต้านทาน 4 แถบสี และการอ่านค่าความต้านทานบนตัวต้านทาน 5 แถบสี ซึ่งทำได้ดังนี้

1. การอ่านค่าความต้านทานบนตัวต้านทาน 4 แถบสี

การอ่านค่าความต้านทานบนตัวต้านทาน 4 แถบสี สามารถทำได้ดังนี้ คือ แถบซ้ายสุดจะบอกค่าตัวเลขในหลักที่ 1 แถบถัดมาคือ แถบที่สองจะบอกค่าตัวเลขในหลักที่ 2 แถบที่สามจะบอกค่าตัวเลขที่จะนำมาคูณ ส่วนแถบที่สี่ คือแถบสุดท้ายจะบอกเปอร์เซ็นต์ของค่าผิดพลาดของค่าความต้านทาน แถบสีแต่ละสีมีค่าต่างๆ ดังรูป



ภาพประกอบ 10 แสดงแถบสีบนตัวต้านทาน 4 แถบสี

(ที่มา : สมคิด วิริยะประสิทธิ์และอรรรพพล มณีโชติ. ม.ป.ป. : 59)

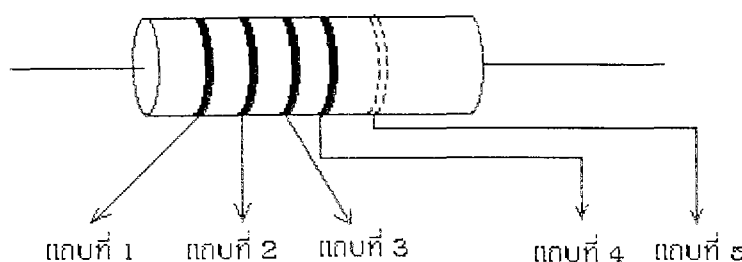
ตาราง 1 แสดงค่าของแต่ละแถบสีบนตัวต้านทาน 4 แถบสี

แถบสี	แถบที่ 1	แถบที่ 2	แถบที่ 3 (ตัวคูณ)
ดำ	0	0	1 (หรือ $\times 1 \Omega$)
น้ำตาล	1	1	10 (หรือ $\times 10 \Omega$)
แดง	2	2	100 (หรือ $\times 100 \Omega$)
ส้ม	3	3	1000 (หรือ $\times 1 \text{ K}\Omega$)
เหลือง	4	4	10000 (หรือ $\times 10 \text{ K}\Omega$)
เขียว	5	5	100000 (หรือ $\times 100 \text{ K}\Omega$)
น้ำเงิน	6	6	1000000 (หรือ $\times 1 \text{ M}\Omega$)
ม่วง	7	7	10000000 (หรือ $\times 10 \text{ M}\Omega$)
เทา	8	8	100000000 (หรือ $\times 100 \text{ M}\Omega$)
ขาว	9	9	1000000000 (หรือ $\times 1000 \text{ M}\Omega$)
ทอง	-	-	0.1 (หรือ $\times 0.1 \Omega$)
เงิน	-	-	0.01 (หรือ $\times 0.01 \Omega$)

(ที่มา : สมคิด วิริยประสิทธิ์และอรรถพล มณีโชติ. ม.ป.ป. : 59)

2. การอ่านค่าความต้านทานบนตัวต้านทาน 5 แถบสี

การอ่านค่าความต้านทานบนตัวต้านทาน 5 แถบสี จะอ่านเหมือนกับการอ่านแบบ 4 แถบสี แต่จะแตกต่างกันตรงที่ แถบที่ 3 จะเป็นหลักที่ 3 จะไม่ใช่ตัวคูณเหมือนแบบ 4 แถบสี ส่วนแถบที่ 4 จะกลายเป็นตัวคูณแทน และแถบที่ 5 จะเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าความผิดพลาด การอ่านค่าแถบสีต่างๆ ทำได้ดังรูป



ภาพประกอบ 11 แสดงแถบสีบนตัวต้านทาน 5 แถบสี

(ที่มา : สมคิด วิริยประสิทธิ์และอรรถพล มณีโชติ. ม.ป.ป. : 61)

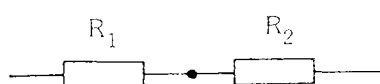
ตาราง 2 แสดงค่าของแต่ละแถบสีบนตัวต้านทาน 5 แถบสี

แถบสี	แถบสีที่ 1	แถบสีที่ 2	แถบสีที่ 3	แถบสีที่ 4 (ตัวคูณ)	แถบสีที่ 5
ดำ	0	0	0	$1 (\times 1 \Omega)$	-
น้ำตาล	1	1	1	$10 (\times 10 \Omega)$	$\pm 1\%$
แดง	2	2	2	$100 (\times 100 \Omega)$	$\pm 2\%$
ส้ม	3	3	3	$1000 (\times 1 \text{ K}\Omega)$	-
เหลือง	4	4	4	$10000 (\times 10 \text{ K}\Omega)$	-
เขียว	5	5	5	$100000 (\times 100 \text{ K}\Omega)$	$\pm 0.5\%$
น้ำเงิน	6	6	6	$1000000 (\times 1 \text{ M}\Omega)$	-
ม่วง	7	7	7	-	-
เทา	8	8	8	-	-
ขาว	9	9	9	-	-
ทอง	-	-	-	$0.1 (0.1 \Omega)$	$\pm 5\%$
เงิน	-	-	-	$0.01 (0.01 \Omega)$	$\pm 10\%$

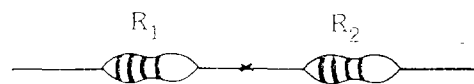
(ที่มา : สมคิด วิริยะประสิทธิ์และอรุณพล มณีโชติ. ม.ป.ป. : 61)

ตัวต้านทานกับวงจรอนุกรม

วงจรอนุกรม (Series) เป็นการต่อตัวต้านทานเรียงกันไป ค่าความต้านทานของตัวต้านทานจะเพิ่มมากขึ้นเท่ากับค่าความต้านทานของตัวต้านทานแต่ละตัวมารวมกัน ส่วนอัตราทนวนัดจะเท่ากับค่าวัตต์ของตัวที่น้อยที่สุด



ก. วงจรสัญลักษณ์



ข. วงจรใช้งานจริง

ภาพประกอบ 12 แสดงวงจรสัญลักษณ์และวงจรการใช้งานจริงของตัวต้านทานต่อแบบอนุกรม

(ที่มา : เจน สงสมพันธ์. 2531 : 47)

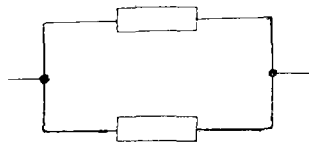
วงจรอนุกรมสามารถเขียนสูตรทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$R_T = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

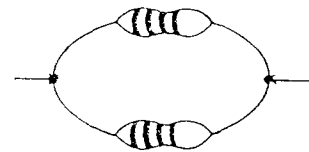
ตัวต้านทานกับวงจรขนาน

วงจรขนาน (Parallel) เป็นวิธีการที่เอาตัวต้านทานมาต่อขนานกันหรือคร่อมกันไป ค่าความต้านทานของวงจรจะลดลง เพราะค่าความต้านทานของสารนั้นคำนวณจากสูตร $R = \rho \frac{L}{A}$ โดยตัว ρ คือ ค่าคงที่ของสารนั้นๆ L คือ ความยาวของสาร A คือ พื้นที่หน้าตัด ดังนั้นการที่เอาตัวต้านทานมาต่อขนานกันเท่ากับว่าเป็นการเพิ่มพื้นที่หน้าตัด จึงทำให้ค่าความต้านทานลดลง อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าความต้านทานจะลดลง แต่การทนกำลังวัตต์จะมากขึ้นเท่ากับวัตต์ของแต่ละตัวมารวมกัน (เหมือนกับสายไฟที่มีขนาดใหญ่ที่ทนกำลังไฟฟ้าได้มาก) สามารถคำนวณหาความต้านทานของตัวต้านทานในวงจรขนานได้จากสูตร

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$



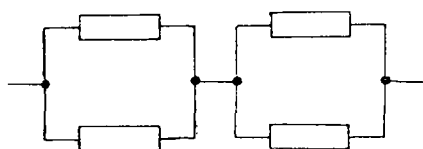
ก. วงจรสัญลักษณ์



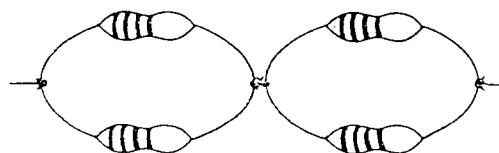
ข. วงจรใช้งานจริง

ภาพประกอบ 13 แสดงวงจรสัญลักษณ์และวงจรการใช้งานจริงของตัวต้านทานต่อแบบขนาน (ที่มา : เจน สงสมพันธ์. 2531 : 48)

ตัวต้านทานกับวงจรผสม



ก. วงจรสัญลักษณ์



ข. วงจรใช้งานจริง

ภาพประกอบ 14 แสดงวงจรสัญลักษณ์และวงจรการใช้งานจริงของตัวต้านทานแบบผสม
(ที่มา : เจน สงสมพันธ์. 2531 : 47)

ในการต่อวงจรไม่ใช่ต่อวงจรเฉพาะวงจรอนุกรมหรือวงจรขนานเพียงอย่างเดียว แต่อาจจะเป็นวงจรที่มีการต่อในลักษณะของวงจรผสม ดังนั้นในการจะคิดวงจรผสมจะต้องเอาลักษณะของวงจรอนุกรมกับวงจรขนานมาประยุกต์ใช้

ตัวเก็บประจุ

ตัวเก็บประจุ หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า “คาปาซิเตอร์” Capacitor) หรือ “คอนเดนเซอร์” (Condensor) มีคุณสมบัติสามารถเก็บประจุไฟฟ้าไว้ในแผ่นโลหะ 2 แผ่น ที่วางขนานกัน ตัวเก็บประจุถูกนำไปใช้งานต่างๆ หลายลักษณะ เช่น วงจรกรองกระแส (Filter) วงจรผ่านสัญญาณ (By - pass) วงจรสตาร์ทเตอร์ (Starter) วงจรรีเซ็ต (Reset) และวงจรถ่ายทอดสัญญาณ (Coupling)

หลักการเบื้องต้น

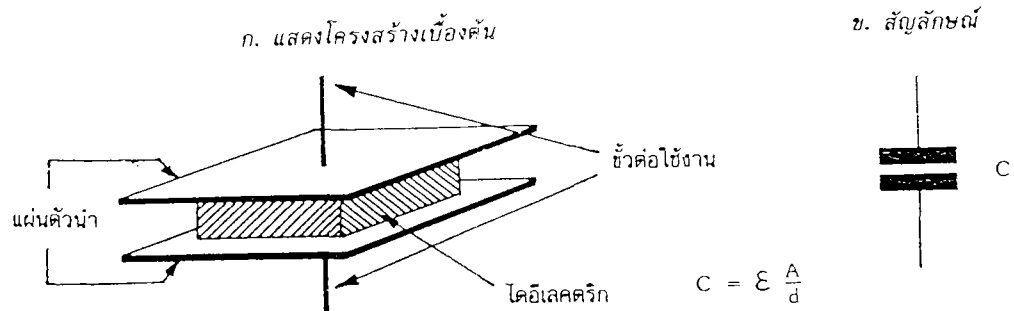
การจะทำให้เกิดความจุทางไฟฟ้าขึ้นมา ในทางปฏิบัติทำได้โดยการนำเอาแผ่นโลหะ หรือแท่งสารตัวนำ 2 แผ่น มาวางไว้ใกล้กัน โดยมีไดอิเล็กตริกซึ่งเป็นสารที่มีสภาพคล้ายฉนวนกันขวางอยู่ระหว่างแผ่นตัวนำทั้งสอง เมื่อมีการนำเอาแรงเคลื่อนไฟฟ้าจ่ายให้กับขั้วทั้งสองของแผ่น ตัวนำทำให้เกิดความต่างศักย์ทางไฟฟ้าขึ้น สนามไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนแผ่นตัวนำหรือประจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนแผ่นตัวนำเป็นผลทำให้เกิดค่าความจุทางไฟฟ้าขึ้นมา ค่าความจุไฟฟ้ามีหน่วยเป็น “ฟารัด”

ค่าความจุของตัวต้านทานจะมากหรือน้อยขึ้นกับสิ่งต่อไปนี้

1. พื้นที่หน้าตัดของแผ่นตัวนำ (A) พื้นที่หน้าตัดถ้ามีพื้นที่มากการรับประจุไฟฟ้าจะมากตามไปด้วย ดังนั้นถ้าแผ่นโลหะใหญ่หรือมีพื้นที่มาก ค่าความจุของตัวเก็บประจุจะมากตามไปด้วย ถ้าหากพื้นที่หน้าตัดน้อยหรือแผ่นเล็ก ค่าความจุของตัวเก็บประจุก็จะน้อยลงด้วย จะเห็นว่าตัวเก็บประจุที่มีขนาดใหญ่จะมีค่าความจุมากกว่าตัวเก็บประจุที่มีขนาดเล็ก

2. ระยะห่างระหว่างแผ่นตัวนำทั้งสอง (d) ถ้าหากห่างกันมากความจุจะน้อย หากระยะห่างเข้ามาชิดกันมากๆ ความจุจะมากขึ้น

3. ค่าเพอร์มิททิวิตีของไดอิเล็กตริก (ϵ) ค่าคงที่ของไดอิเล็กตริกแต่ละตัวจะแตกต่างกันออกไป ดังนั้นตัวเก็บประจุที่ใช้ไดอิเล็กตริกต่างกันแม้ว่าขนาดรูปร่างเท่ากันแต่ความจุและอัตราทนโวลท์ทาจจะแตกต่างกันออกไป การจ่ายโวลท์เกินพิกัดอาจทำให้ไดอิเล็กตริกสูญเสียสภาพได้ โดยสารไดอิเล็กตริกนี้จะมีสภาพเป็นสารที่นำไฟฟ้าได้น้อยหรือไม่สามารถนำกระแสไฟฟ้าได้เลย อิเล็กตรอนในโมเลกุลของมันจะเป็นประจุแบบผูกพัน (bound charge) สนามไฟฟ้าจากภายนอกมากกระทำไดยาก แต่หากจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าหรือโวลท์มากเกินไปก็อาจทำให้มันสูญเสียสภาพ กลายเป็นตัวนำได้เช่นกัน



ภาพประกอบ 15 แสดงโครงสร้างเบื้องต้นของตัวเก็บประจุ
(ที่มา : เจน สงสมพันธ์. 2531 : 58)

ชนิดของตัวเก็บประจุ

ตัวเก็บประจุแบ่งได้หลายชนิดตามลักษณะทางโครงสร้างหรือสารที่นำมาเป็นไดอิเล็กตริก การแบ่งโดยการใช้สารไดอิเล็กตริกเป็นวิธีการค่อนข้างละเอียด เพราะว่าค่าไดอิเล็กตริกจะเป็นตัวที่บอกว่าตัวเก็บประจุตัวนั้นๆ จะเอาไปใช้งานลักษณะใด ทนโวลท์เท่าใด ซึ่งถ้าแบ่งตัวเก็บประจุตามระบบเก่า สามารถแบ่งตัวเก็บประจุได้ดังนี้

1. ตัวเก็บประจุค่าคงที่ (Fixed Capacitor) เป็นตัวเก็บประจุที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ อาจจะเป็นตัวเก็บประจุแบบธรรมดาหรือเป็นพวกอิเล็กทรอนิกส์หรือไบโพลาร์ก็ได้
2. ตัวเก็บประจุเปลี่ยนแปลงค่าได้ (Variable Capacitor) เป็นตัวเก็บประจุที่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้ ซึ่งมักจะใช้ในวงจรที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนความถี่ เช่น วาริเอเบิลคาปาซิเตอร์ในเครื่องรับวิทยุ
3. ตัวเก็บประจุที่เลือกค่าได้ (Selected Capacitor) เป็นตัวเก็บประจุหลายๆ ตัวที่บรรจุอยู่ในตัวถังเดียวกัน สามารถเลือกค่าได้ตามที่ต้องการ

ตัวอย่างของตัวเก็บประจุ

1. เปเปอร์คาปาซิเตอร์ (Paper Capacitor) เป็น C ที่ทำมาจากไดอิเล็กตริกกระดาษชุบน้ำยา C พวกนี้จะเป็น C ที่ใช้กับไฟสูงได้ ในสมัยที่เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์เป็นเครื่องใช้หลอดสุญญากาศ คาปาซิเตอร์จะพบเห็นอยู่ทั่วไป C พวกนี้มีราคาถูกเหมาะสมสำหรับใช้เป็นตัวดับปลิงสัญญาณความถี่เสียงและความถี่ปานกลาง แต่ในปัจจุบันตัวเก็บประจุแบบนี้เสื่อมความนิยมลง เพราะไม่มีเสถียรภาพและสูญเสียมาก
2. โพลีเอสเตอร์ (Polyester Capacitor) ลักษณะการใช้งานและคุณสมบัติเช่นเดียวกับแบบเปเปอร์ โดยไดอิเล็กตริกทำมาจากโพลีเอสเตอร์หรือพวกพลาสติกตัวนำ ดังนั้นการสูญเสียจึงน้อยกว่าเปเปอร์ โพลีเอสเตอร์ในปัจจุบันนี้ได้สร้างค่าความจุขึ้นมาถึง 10 ไมโครฟารัด
3. โพลีคาร์บอเนตคาปาซิเตอร์ (Polycarbonate Capacitor) เป็นตัวเก็บประจุที่มีค่าความจุสูงกว่าชนิดโพลีเอสเตอร์เพียงเล็กน้อย คุณสมบัติการใช้งานคล้ายคลึงกันหรือใช้แทนกันได้ ขนาดของตัวเก็บประจุแบบนี้จะเล็กกว่าเล็กน้อย โดยมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียต่ำกว่าโพลีเอสเตอร์ประมาณ 20 - 30 เท่า
4. เซรามิคคาปาซิเตอร์ (Ceramic Capacitor) เป็นตัวเก็บประจุที่มีใช้กันอยู่ทั่วไป เหมาะสำหรับการดับปลิงความถี่วิทยุ ตัวเก็บประจุแบบนี้ถึงแม้ราคาถูกแต่การสูญเสียมีมาก ซึ่งค่าความจุของตัวเก็บประจุแบบนี้จะมีค่าน้อยคือสูงสุดประมาณ 1 ไมโครฟารัดเท่านั้น
5. โพลีสไตรีนคาปาซิเตอร์ (Polystyrene Capacitor) เป็นตัวเก็บประจุชั้นดีที่ให้ค่าความสูญเสียน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับตัวเก็บประจุแบบอื่นๆ รวมไปถึงกระแสรั่วไหลที่น้อยมากๆ แต่ค่าความจุน้อยมากมีค่าเป็นนาโนฟารัดเท่านั้น เหมาะสำหรับงานพวกดับปลิงความถี่วิทยุหรือในวงจรจูน
6. ซิลเวอร์ไมก้าคาปาซิเตอร์ (Silver Mica Capacitor) เหมาะที่จะใช้กับความถี่สูงเช่นความถี่วิทยุ เพราะมีค่าความจุประมาณ 10 พิโคฟารัด ถึง 10 นาโนฟารัด เป็นตัวเก็บประจุชั้นดีอีกแบบหนึ่ง เปอร์เซนต์ความผิดพลาดแทบไม่มีเลย
7. ฟีดทรูคาปาซิเตอร์ (Feed - through Capacitor) เป็นตัวเก็บประจุที่ใช้ในการกรองความถี่รบกวน อย่างเช่นความถี่รบกวนที่เกิดจากเครื่องยนต์ ลักษณะของตัวเก็บประจุแบบนี้เป็นตัวถังทรงกลมคล้ายแบบเปเปอร์หรือแบบออยล์ อาจจะมีขั้วใช้งาน 2 ขั้วหรือขั้วเดียวก็ได้

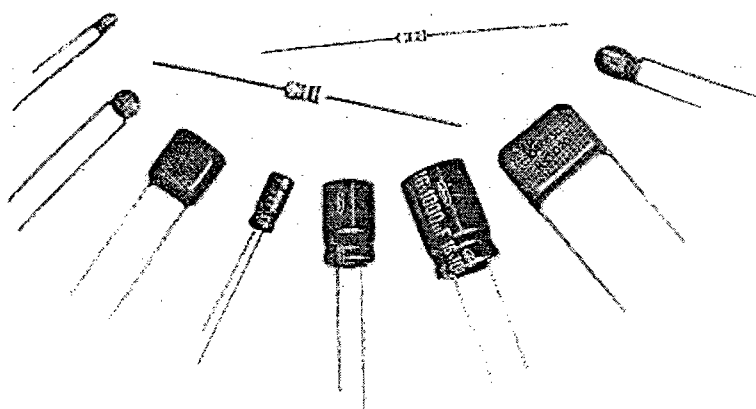
8. อิเล็กโทรไลต์คาปาซิเตอร์ (Electrolyte Capacitor) หรืออิเล็กโทรไลต์คาปาซิเตอร์ เป็นตัวเก็บประจุที่มีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดสูงมาก แต่ที่ต้องใช้ตัวเก็บประจุแบบนี้เพราะว่าให้ค่าความจุสูง โครงสร้างของตัวเก็บประจุประเภทนี้มีโครงสร้างใกล้เคียงกับหลักการของแบตเตอรี่มาก มีขั้วบวก - ลบเช่นเดียวกันกับแบตเตอรี่ การต่อต้องต่อให้ถูกขั้วจึงจะทำงานได้ตามปกติ นิยมใช้กับงานความถี่ต่ำๆ ไป หรือใช้สำหรับไฟตรง ไม่เหมาะสำหรับงานที่ต้องการคุณภาพทางเสียงหรืองานที่ต้องการความแม่นยำสูง เพราะการสูญเสียและกระแสรั่วไหลมีได้มาก สารที่นำมาใช้เป็นแผ่นตัวนำในตัวเก็บประจุแบบนี้เป็นสารอะลูมิเนียม โดยมีน้ำยาเคมีอิเล็กโทรไลต์ ทำหน้าที่เป็นไดอิเล็กตริกช่วยเร่งปฏิกิริยาเคมีทำให้ประจุเกิดได้มากกว่าธรรมดา

9. แทนดัลมีอิเล็กโทรไลต์คาปาซิเตอร์ (Tantalum Electrolyte Capacitor) จากข้อดีของตัวเก็บประจุแบบอิเล็กโทรไลต์ธรรมดา ทำให้เราต้องหาตัวเก็บประจุที่มีค่ามากและสามารถที่จะใช้กับไฟฟ้ากระแสตรงอย่างมีประสิทธิภาพ จึงมีการคิดค้นตัวเก็บประจุแบบแทนดัลมีขึ้นมา โดยแผ่นตัวนำหรืออิเล็กโทรดจะทำมาจากสารแทนดัลมีแผ่นหนึ่งและแทนดัลมีไดออกไซด์อีกแผ่นหนึ่ง โดยมีน้ำยาเคมีอิเล็กโทรไลต์เป็นไดอิเล็กตริก แม้การสูญเสียจะใกล้เคียงกับอิเล็กโทรไลต์แบบธรรมดาแต่ความผิดพลาดน้อยกว่า

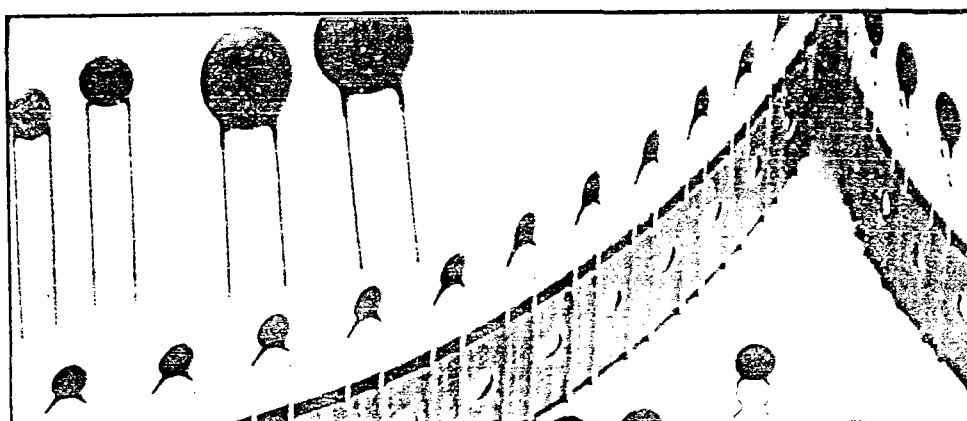
10. ไบโพลาร์คาปาซิเตอร์ (Bipolar Capacitor) หรือ ไบแคป (Bi - Cap) เป็นตัวเก็บประจุแบบเดียวกันกับอิเล็กโทรไลต์ รูปร่างหน้าตาลักษณะเดียวกันกับอิเล็กโทรไลต์ เพียงแต่ไม่มีขั้วเท่านั้น นิยมใช้กันมากในวงจรเครื่องขยายเสียง ภาคจ่ายไฟตรง

11. ไมลาร์คาปาซิเตอร์ (Mylar Capacitor) เป็นตัวเก็บประจุที่มักจะถูกนำมาแทนที่เซรามิก เนื่องจากเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดและการรั่วไหลของกระแสต่ำกว่าแบบเซรามิก เพียงแต่นาฬิกาทนโวลท์เท่ากัน เซรามิกจะมีขนาดของตัวถังเล็กกว่าเท่านั้นเอง ค่าความจุของไมลาร์จะสูงกว่าของเซรามิก คือ เซรามิกมีความจุสูงสุดประมาณ 1 ไมโครฟารัด ในขณะที่ไมลาร์สูงกว่านั้น นิยมใช้ในวงจรกรองความถี่สูง วงจรเรจเนอเรชันในโทรศัพท์ วงจรไอเอฟ. แอมป์ของวิทยุโทรทัศน์ เป็นต้น

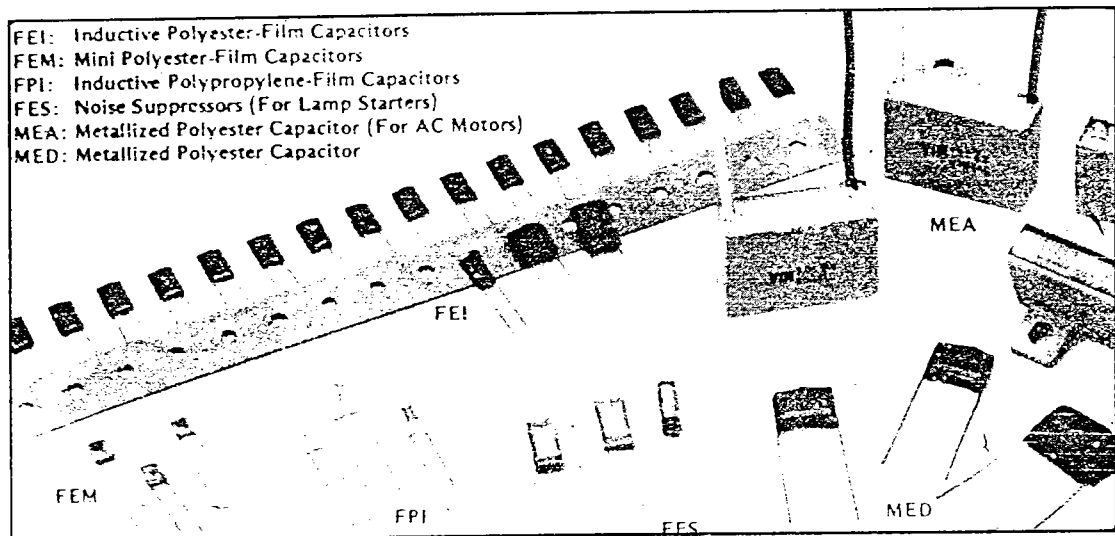
ตัวเก็บประจุที่มีกำลังงานสูญเสียต่ำ ถ้าใช้ในเครื่องขยายเสียง จะทำให้เสียงดีกว่าตัวเก็บประจุที่มีกำลังงานสูญเสียในอิเล็กตริกสูง อุปกรณ์ที่ออกแบบมาเฉพาะงานย่อมใช้ได้ดีกว่าพวกที่ออกแบบมาเพื่อใช้งานรวมๆ



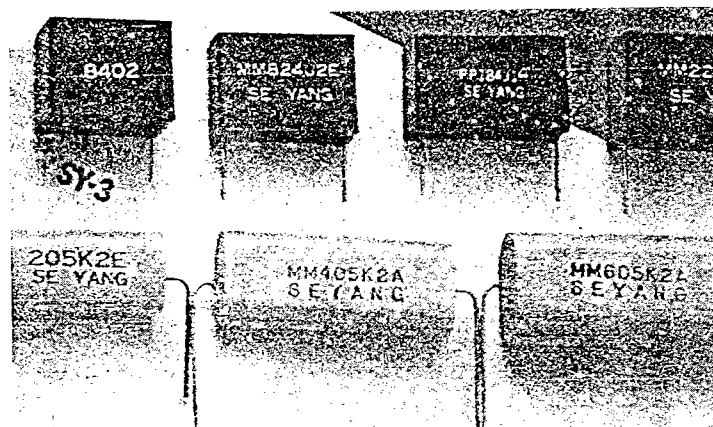
ภาพประกอบ 16 แสดงตัวเก็บประจุชนิดต่างๆ
(ที่มา : เจน สงสมพันธ์. 2531 : 61)



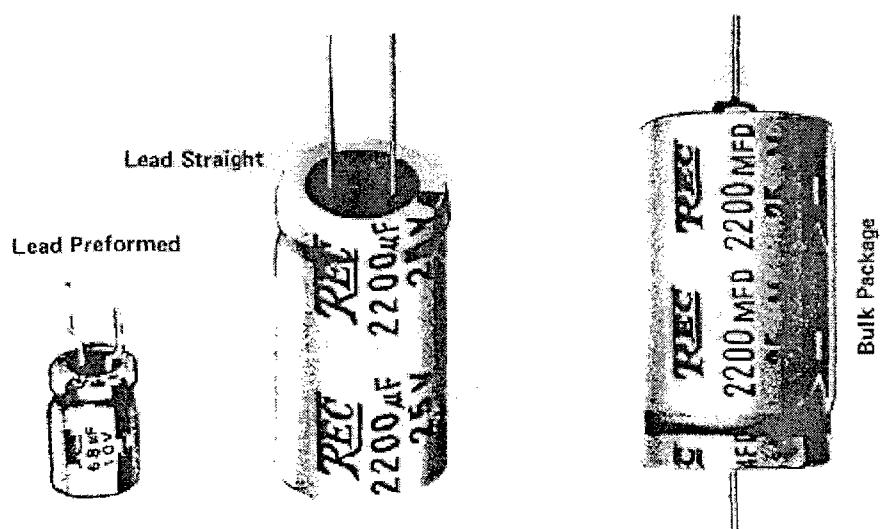
ภาพประกอบ 17 แสดงเซรามิกคาปาซิเตอร์
(ที่มา : เจน สงสมพันธ์. 2531 : 62)



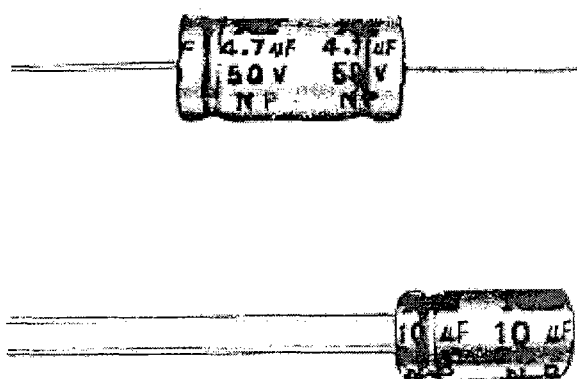
ภาพประกอบ 18 แสดงโพลีเอสเตอร์คาปาซิเตอร์
 (ที่มา : เจน สงสมพันธ์. 2531 : 62)



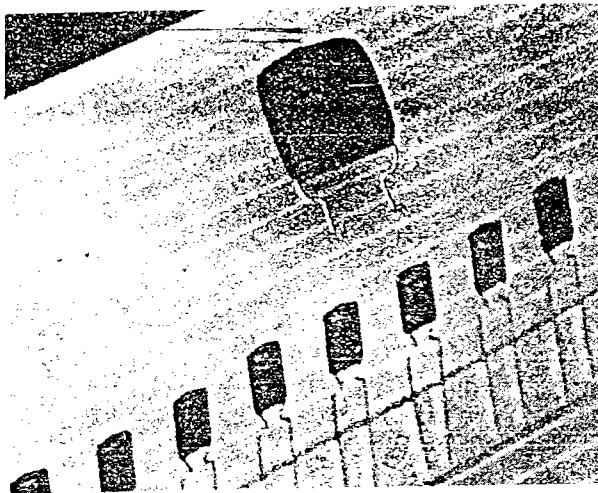
ภาพประกอบ 19 แสดงโพลีโพรไพลีนคาปาซิเตอร์
 (ที่มา : เจน สงสมพันธ์. 2531 : 63)



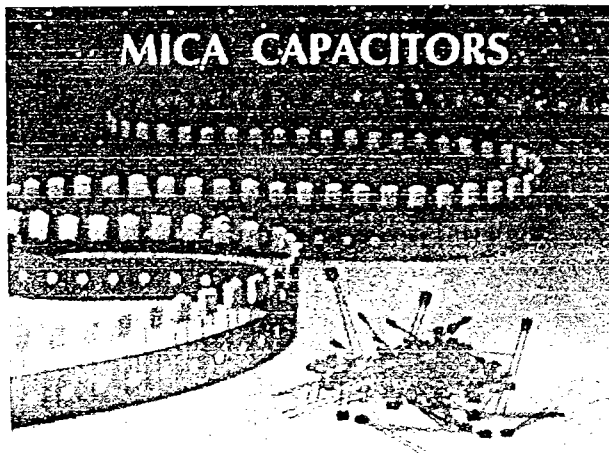
ภาพประกอบ 20 แสดงอิเล็กโทรไลต์คาปาซิเตอร์
(ที่มา : เจน สงสมพันธ์. 2531 : 64)



ภาพประกอบ 21 แสดงไบโแคป
(ที่มา : เจน สงสมพันธ์. 2531 : 64)



ภาพประกอบ 22 แสดงไมลาร์คาปาซิเตอร์
(ที่มา : เจน สงสมพันธ์. 2531 : 65)



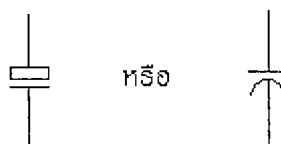
ภาพประกอบ 23 แสดงคาปาซิเตอร์แบบไมก้า
(ที่มา : เจน สงสมพันธ์. 2531 : 65)

สัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุในวงจรไฟฟ้า

1. สัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุแบบคงที่ เขียนได้ดังนี้



ก. สัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุแบบคงที่มีขั้ว



ข. สัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุแบบคงที่ไม่มีขั้ว

ภาพประกอบ 24 แสดงสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุแบบคงที่
(ที่มา : สมคิด วิริยประสิทธิ์และอรรถพล มณีโชติ. ม.ป.ป. : 4)

2. สัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้ เขียนได้ดังนี้



ภาพประกอบ 25 แสดงสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุแบบปรับค่าได้
(ที่มา : สมคิด วิริยประสิทธิ์และอรรถพล มณีโชติ. ม.ป.ป. : 6)

การอ่านค่าตัวเก็บประจุหรือคาปาซิเตอร์

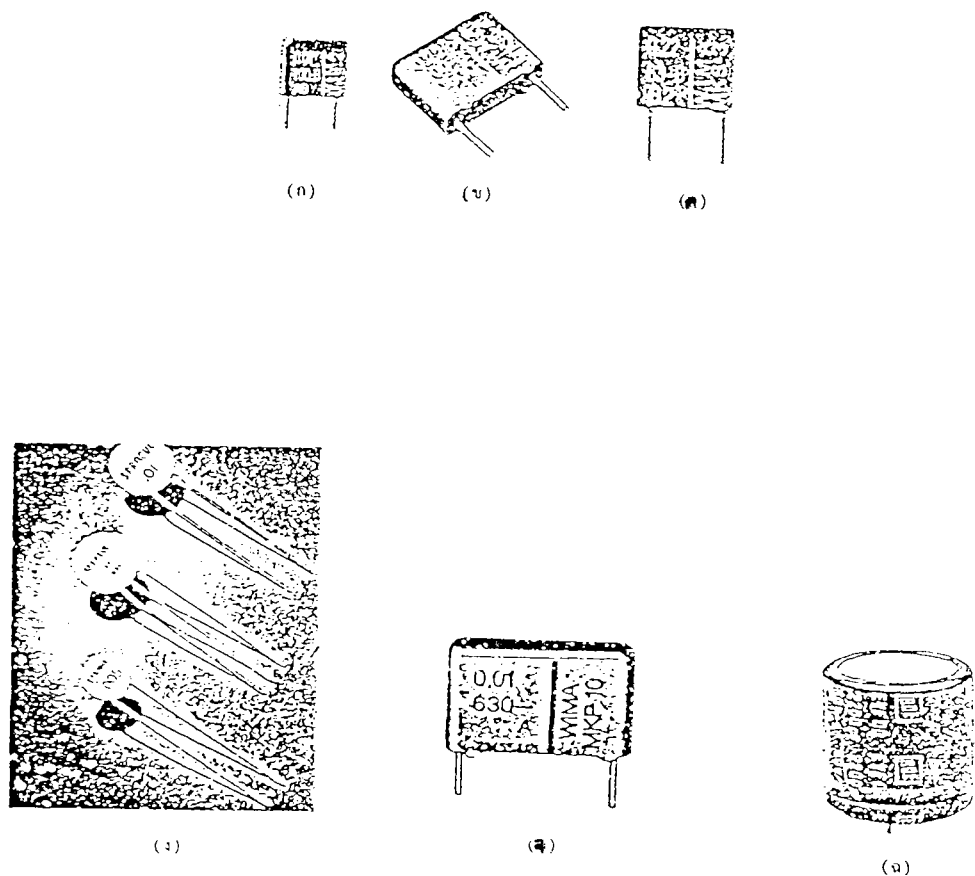
การอ่านค่าของตัวเก็บประจุชนิดต่างๆ ที่เขียนอยู่บนตัวเก็บประจุ สามารถทำได้ 2 วิธี คือ การอ่านค่าจากรหัสตัวเลขบนตัวเก็บประจุ และการอ่านค่ารหัสแถบสีบนตัวเก็บประจุ ซึ่งสามารถอ่านได้ดังนี้

1. การอ่านค่าตัวเก็บประจุจากรหัสตัวเลขบนตัวเก็บประจุ

การอ่านค่าตัวเก็บประจุจากรหัสตัวเลขบนตัวเก็บประจุ สามารถทำได้ดังนี้

1.1 บนตัวเก็บประจุจะมีตัวเลขบอกค่าของตัวเก็บประจุและบอกขนาดทนแรงดันไฟฟ้าสูงสุดไว้แล้ว การอ่านค่าก็สามารถอ่านจากสิ่งต่างๆ บนตัวเก็บประจุได้โดยตรง โดยไม่ต้องแปลรหัสเลย ค่าที่อ่านได้จะมีหน่วยเป็นไมโครฟารัด (μF)

ตัวอย่าง



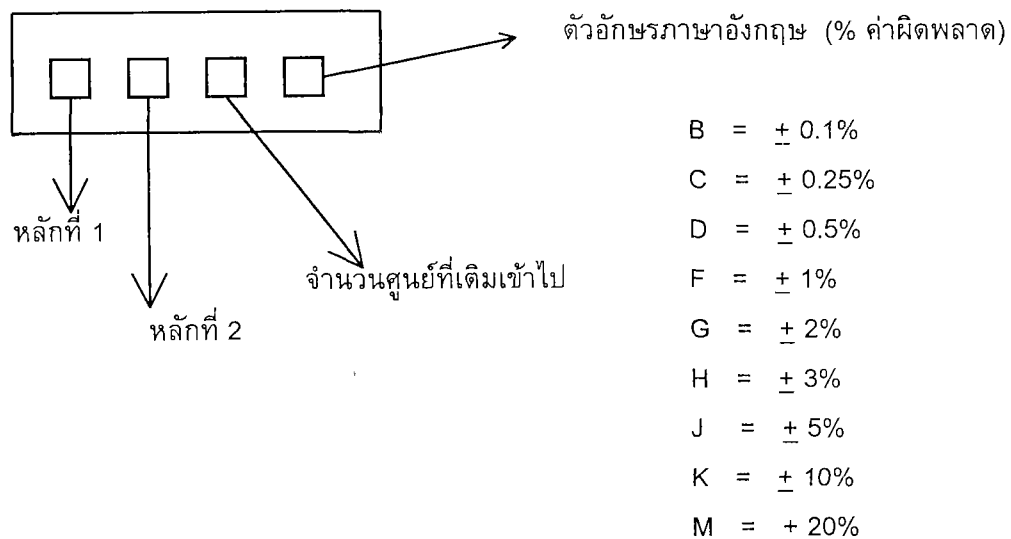
ภาพประกอบ 26 แสดงตัวอย่างของตัวเก็บประจุ

(ที่มา : สมคิด วิริยประสิทธิ์และอรรพล มณีโชติ. ม.ป.ป. : 63)

จากรูปสามารถอ่านค่าตัวเก็บประจุได้ดังนี้

- ก) ตัวเลขแถบบน คือ ค่าของตัวเก็บประจุ ส่วนแถบถัดมาคือ ค่าทนแรงดันไฟฟ้าสูงสุด
ดังนั้น ค่าที่อ่านได้คือ $0.01 \mu\text{F}$ 100 V
- ข) ตัวเลขแถบบน คือ ค่าของตัวเก็บประจุ ส่วนแถบถัดมาคือ ค่าทนแรงดันไฟฟ้าสูงสุด
ดังนั้น ค่าที่อ่านได้คือ $0.22 \mu\text{F}$ 100 V
- ค) ตัวเลขแถบบน คือ ค่าของตัวเก็บประจุ ส่วนแถบถัดมาคือ ค่าทนแรงดันไฟฟ้าสูงสุด
ดังนั้น ค่าที่อ่านได้คือ $0.22 \mu\text{F}$ 63 V
- ง) ตัวบนคือ ค่า $0.01 \mu\text{F}$
ตัวกลางคือ ค่า $0.004 \mu\text{F}$
ตัวล่างคือ ค่า $0.005 \mu\text{F}$
- จ) ตัวเลขแถบบน คือ ค่าของตัวเก็บประจุ ส่วนแถบถัดมาคือ ค่าทนแรงดันไฟฟ้าสูงสุด
ดังนั้น ค่าที่อ่านได้คือ $0.01 \mu\text{F}$ 630 V
- ฉ) $2200 \mu\text{F}$ 50 V

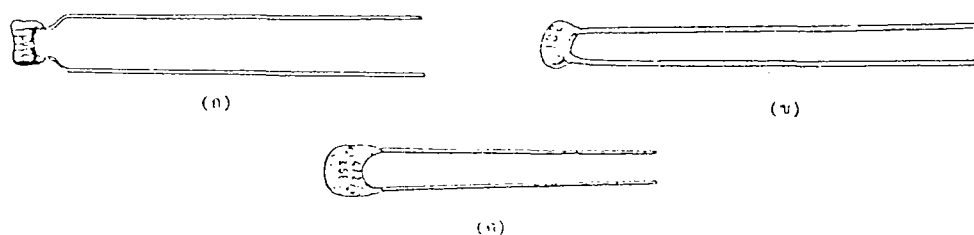
1.2 จะบอกค่าของตัวเก็บประจุเป็นรหัสตัวเลข 3 ตัว บนตัวเก็บประจุ ค่าที่อ่านออกมาได้จะมีหน่วยเป็นพิโคฟารัด (pF) ถ้าจะเป็นหน่วยไมโครฟารัด (μF) ก็นำ 10^6 ไปหาร การอ่านค่าสามารถทำได้ ดังรูป



ภาพประกอบ 27 แสดงการอ่านค่าของตัวเก็บประจุจากรหัสตัวเลข 3 ตัว
(ที่มา : สมคิด วิริยะประสิทธิ์และอรรถพล มณีโชติ. ม.ป.ป. : 65)

- ตัวเลขที่ 1 คือ ค่าในหลักที่ 1 (หลักที่สูงสุด)
 ตัวเลขที่ 2 คือ ค่าในหลักที่ 2 (หลักที่รองลงมา)
 ตัวเลขที่ 3 คือ จำนวนศูนย์ที่เติมเข้าไปหลังตัวเลขหลักที่ 2
 ส่วนอักษรภาษาอังกฤษจะบอกค่าเปอร์เซ็นต์ของความผิดพลาด

ตัวอย่าง



ภาพประกอบ 28 แสดงตัวอย่างของตัวเก็บประจุ
 (ที่มา : สมคิด วิริยประสิทธิ์และอรรรถพล มณีโชติ. ม.ป.ป. : 65)

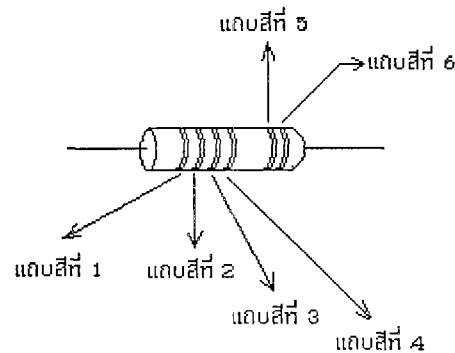
จากรูปสามารถอ่านค่าตัวเก็บประจุได้ดังนี้

- ก) $10\text{ } \underline{3} \text{ M} = 10000 \text{ pF} \pm 20\%$ โดยที่ขีดเส้นแทนเลข 3 ใน 103 และ $\pm 20\%$
 แทนเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาดตัว M เปลี่ยนเป็นไมโครฟารัดจะได้ $0.01 \mu\text{F} \pm 20\%$
 ข) $10\text{ } \underline{2} = 1000 \text{ pF}$ โดยที่ขีดเส้นแทนเลข 2 ใน 102 และ $\pm 20\%$ เปลี่ยนเป็น μF จะได้
 $0.001 \mu\text{F}$
 ค) $47\text{ } \underline{2} = 4700 \text{ pF}$ หรือ $0.0047 \mu\text{F}$ โดยที่ขีดเส้นแทนเลข 2 ใน 472

2. การอ่านค่าตัวเก็บประจุจากรหัสแถบสีบนตัวเก็บประจุ

การอ่านค่าตัวเก็บประจุจากรหัสแถบสีบนตัวเก็บประจุหลายวิธี โดยขึ้นอยู่กับชนิดของตัวเก็บประจุและบริษัทผู้ผลิต สามารถอ่านได้ดังนี้

2.1 ตัวเก็บประจุชนิดกระดาศที่มีรูปร่างเป็นหลอด ดังรูป



ภาพประกอบ 29 แสดงตัวเก็บประจุชนิดกระดาศที่มีรูปร่างเป็นหลอด
(ที่มา : สมคิด วิริยะประสิทธิ์และอรรถพล มณีโชติ. ม.ป.ป. : 66)

การอ่านค่าสามารถทำได้ดังนี้

แถบสีที่ 1 ค่าตัวเลขหลักที่มีค่าสูงสุด (หลักที่ 1)

แถบสีที่ 2 ค่าตัวเลขหลักที่รองลงมา (หลักที่ 2)

แถบสีที่ 3 ค่าตัวเลขที่นำมาคูณ

แถบสีที่ 4 คือ เปอร์เซนต์ของค่าผิดพลาด

แถบสีที่ 5 และแถบสีที่ 6 จะบอกค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่ทนได้ โดยที่แถบสีที่ 5 คือ ตัวเลขหลักสิบ ส่วนแถบสีที่ 6 คือ ตัวเลขหลักหน่วย โดยค่าของตัวเก็บประจุที่อ่านออกมาได้จะมีหน่วยเป็นพิโคฟารัด (pF)

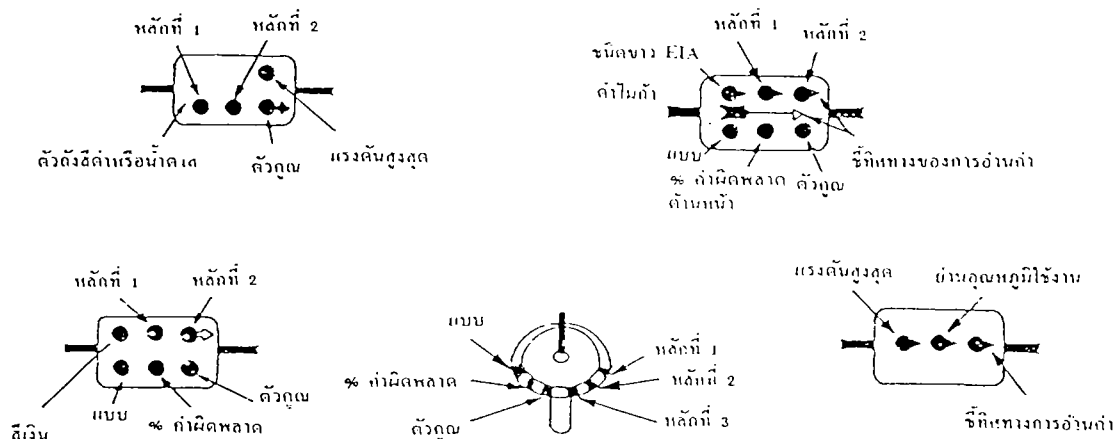
ตาราง 3 แสดงการอ่านค่าตัวเก็บประจุชนิดกระดาษแบบหลอด

แถบสี	แถบสีที่ 1 (หลักที่ 1)	แถบสีที่ 2 (หลักที่ 2)	แถบสีที่ 3 (ตัวคูณ)	แถบสีที่ 4 (%ค่าผิดพลาด)	แถบสีที่ 5 (หลักสิบ)	แถบสีที่ 6 (หลักหน่วย)
ดำ	0	0	1	$\pm 20\%$	0	0
น้ำตาล	1	1	10	-	1	1
แดง	2	2	100	-	2	2
ส้ม	3	3	1000	-	3	3
เหลือง	4	4	10000	-	4	4
เขียว	5	5	100000	$\pm 5\%$	5	5
น้ำเงิน	6	6	1000000	-	6	6
ม่วง	7	7	-	-	7	7
เทา	8	8	-	-	8	8
ขาว	9	9	-	$\pm 10\%$	9	9
ทอง	-	-	-	$\pm 5\%$	-	-
เงิน	-	-	-	$\pm 10\%$	-	-
ไม่มีสี	-	-	-	$\pm 20\%$	-	-

(ที่มา : สมคิด วิริยะประสิทธิ์และอรรรณพล มณีโชติ. ม.ป.ป. : 67)

2.2 ตัวเก็บประจุชนิดกระดาษแบนและไมก้าแบน การอ่านค่าทำได้ดังนี้

พิจารณาจากรูปและตารางแสดงการอ่านค่ารหัสแถบสีบนตัวเก็บประจุชนิดกระดาษแบนและไมก้าแบน โดยค่าที่อ่านได้มีหน่วยเป็น pF



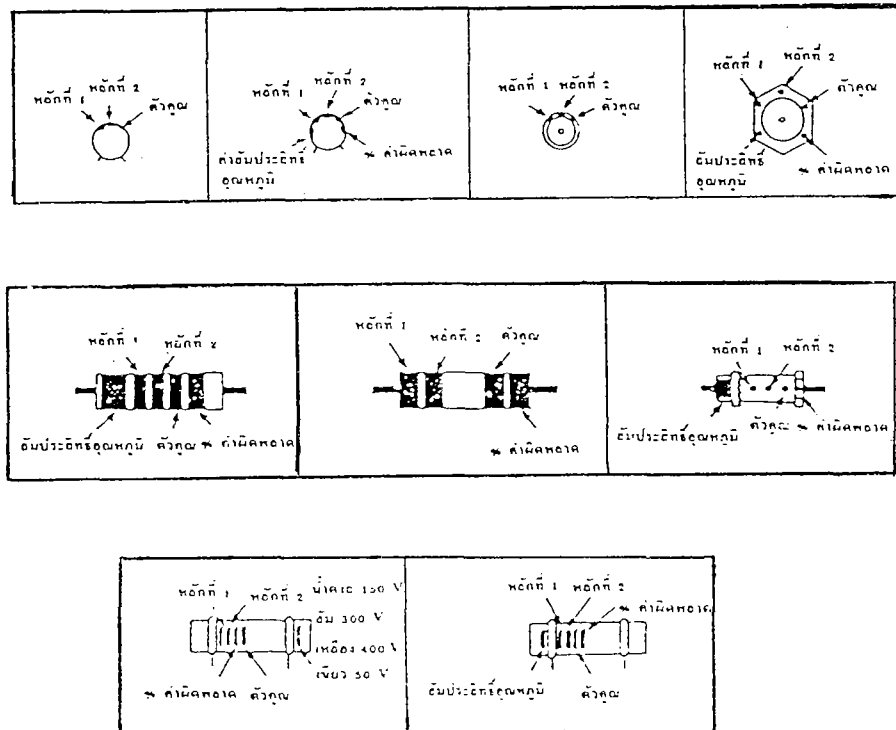
ภาพประกอบ 30 แสดงลักษณะของรหัสแถบสีบนตัวเก็บประจุชนิดกระดาษแบนและไมก้าแบน (ที่มา : สมคิด วิจัยประสิทธิ์และอรรรถพล มณีโชติ. ม.ป.ป. : 68)

ตาราง 4 แสดงการอ่านรหัสแถบสีบนตัวเก็บประจุชนิดกระดาษแบนและไมก้าแบน

แถบสี	หลักที่ 1	หลักที่ 2	ตัวคูณ	%ค่าความผิดพลาด	แรงดันสูงสุด (V)	ย่านอุณหภูมิใช้งาน (°C)	ความถี่กระแสเทือน (Hz)	แบบ
ดำ	0	0	1	$\pm 20\%$	-	-55 ถึง 70	10-55	A
น้ำตาล	1	1	10	$\pm 1\%$	100	-	-	B
แดง	2	2	100	$\pm 2\%$	-	-55 ถึง 85	-	C
ส้ม	3	3	1000	-	300	-	-	D
เหลือง	4	4	10000	-	-	-55 ถึง 125	10-2000	E
เขียว	5	5	-	$\pm 5\%$	500	-	-	F
น้ำเงิน	6	6	-	-	-	-55 ถึง 150	-	-
ม่วง	7	7	-	-	-	-	-	-
เทา	8	8	-	-	-	-	-	-
ขาว	9	9	-	-	-	-	-	-
ทอง	-	-	0.1	$\pm 0.5\%$	1000	-	-	-
เงิน	-	-	0.01	$\pm 10\%$	-	-	-	-

(ที่มา : สมคิด วิจัยประสิทธิ์และอรรรถพล มณีโชติ. ม.ป.ป. : 68)

2.3 ตัวเก็บประจุชนิดเซรามิกและชนิดมีฉนวนหุ้ม การอ่านค่าสามารถทำได้ดังนี้ และค่าที่อ่านได้จะมีหน่วยเป็น pF



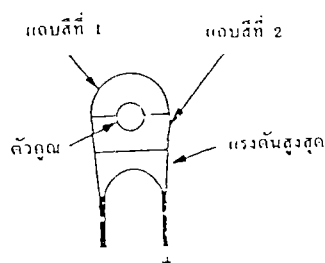
ภาพประกอบ 31 แสดงลักษณะของแถบสีบนตัวเก็บประจุ
(ที่มา : สมคิด วิริยประสิทธิ์และอรรณพล มณีโชติ. ม.ป.ป. : 69)

ตาราง 5 แสดงการอ่านค่าตัวเก็บประจุ

แถบสี	หลักที่ 1	หลักที่ 2	ตัวคูณ	%ค่าผิดพลาด		แรงดันสูงสุด (V)	ค่าสัมประสิทธิ์ อุณหภูมิ (ppm/ °C)
				น้อยกว่า 10 pF	มากกว่า 10 pF		
ดำ	0	0	1	±0.5%	±0.5%	-	0
น้ำตาล	1	1	10	±0.5%	±0.5%	150	-33
แดง	2	2	100	-	±0.5%	-	-75
ส้ม	3	3	1000	-	±0.5%	350	-150
เหลือง	4	4	10000	-	-	400	-220
เขียว	5	5	-	±0.5%	±0.5%	500	-330
น้ำเงิน	6	6	-	-	-	-	-470
ม่วง	7	7	-	-	-	-	-750
เทา	8	8	0.01	±0.5%	-	-	+150 ถึง -1500
ขาว	9	9	0.1	±0.5%	±0.5%	-	+100 ถึง -750
เงิน	-	-	-	-	-	-	-
ทอง	-	-	-	-	-	-	-

(ที่มา : สมคิด วิริยประสิทธิ์และอรรรถพล มณีโชติ. ม.ป.ป. : 70)

2.4 ตัวเก็บประจุชนิดแทนทาลัม การอ่านค่าสามารถทำได้ดังนี้ และค่าที่อ่านได้จะมีหน่วยเป็นไมโครฟารัด (μF)



ภาพประกอบ 32 แสดงลักษณะของแถบสีบนตัวเก็บประจุชนิดแทนทาลัม
(ที่มา : สมคิด วิริยะประสิทธิ์และอรรรพผล มณีโชติ. ม.ป.ป. : 70)

ตาราง 6 แสดงการอ่านค่าตัวเก็บประจุชนิดแทนทาลัม

แถบสี	แถบสีที่ 1 (หลักที่ 1)	แถบสีที่ 2 (หลักที่ 2)	ตัวคูณ	แรงดันสูงสุด (V)
ดำ	-	0	1	10
น้ำตาล	1	1	10	-
แดง	2	2	100	-
ส้ม	3	3	-	-
เหลือง	4	4	-	6.3
เขียว	5	5	-	16
น้ำเงิน	6	6	-	20
ม่วง	7	7	-	-
เทา	8	8	0.01	25
ขาว	9	9	0.1	3
ชมพู	-	-	-	35

(ที่มา : สมคิด วิริยะประสิทธิ์และอรรรพผล มณีโชติ. ม.ป.ป. : 71)

ตัวเก็บประจุกับการต่อวงจรรูปแบบต่าง ๆ

1. วงจรอนุกรม การเอา C มาต่อกันแบบอนุกรมหรือต่ออันดับกันไป ลักษณะเช่นนี้จะมีผลทำให้ได้อิเล็กตริกหนาทึบขึ้น ระยะห่างระหว่างแบบอิเล็กโทรด 2 ชั้นกว้างมากขึ้น ยังผลทำให้ค่าความจุน้อยลง ซึ่งสามารถหาค่าความจุในวงจรอนุกรมได้จากสูตร

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

2. วงจรขนาน การเอา C มาต่อขนานกัน ลักษณะเช่นนี้มีผลทำให้พื้นที่ของแผ่นอิเล็กโทรดมากขึ้นค่าความจุจึงเพิ่มตามขึ้นมา สามารถหาค่าความจุของวงจรขนานจากสูตร

$$C_T = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

3. วงจรผสม การเอา C มาต่อแบบผสม การทำวงจรผสมต้องคิดวงจรย่อยออกมาเสียก่อนว่าวงจรย่อยอยู่ในลักษณะใด

การนำเอาตัวเก็บประจุมาต่อร่วมกันมีข้อสังเกตอย่างหนึ่งคือ หากนำมาต่อแบบอนุกรมกันค่าเวิร์คกิ้งโวลเตจของมันจะสูงขึ้นเท่ากับว่า WV ของแต่ละตัวมารวมกัน แต่ถ้าหากต่อแบบขนานกันค่า WV สูงสุดของวงจรเท่ากับตัวต่ำสุดเท่านั้นเอง

ตัวเก็บประจุกับคุณสมบัติทางไฟฟ้า

ตัวเก็บประจุเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เก็บสะสมประจุไฟฟ้า (Charge) หรือคายประจุไฟฟ้า (Discharge) ดังนั้นตัวเก็บประจุจึงค่อนข้างจะมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่พิเศษไปจากอุปกรณ์อื่น ตรงที่ว่าตัวเก็บประจุจะต่อต้านไว้ แรงเคลื่อนไฟฟ้าไม่สามารถตกคร่อมตัวเก็บประจุในทันทีทันใด หากแต่ต้องใช้เวลาให้มันค่อยๆ เปลี่ยนแปลงประจุไฟฟ้า เช่น ถ้าจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้กับตัวเก็บประจุขนาดแรงเคลื่อนเท่ากับ 6 โวลต์ ตัวเก็บประจุจะค่อยๆ ชาร์จประจุเรื่อยๆ จาก 0 โวลต์ จนกระทั่งถึง 6 โวลต์ เมื่อแรงเคลื่อนไฟฟ้าถึงจุดสูงสุดแล้วกระแสไฟฟ้าจะไม่สามารถเข้าไปประจุได้อีก ดังนั้นสรุปได้ว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสตรงไหลเข้าไปประจุในตัวเก็บประจุในเวลาสะสมประจุเท่านั้น เมื่อมันรับประจุเต็มที่แล้วจะไม่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านอีกต่อไป กลายเป็นการกั้นกระแสไฟฟ้าในเวลาเดียวกัน

หากเป็นไฟฟ้ากระแสสลับซึ่งมีการสลับขั้ววกลบตลอดเวลา ตัวเก็บประจุจะพยายามเปลี่ยนแปลงค่าความจุตามแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลง จึงเสมือนว่ากระแสสลับสามารถไหลผ่านตัวเก็บประจุได้ตลอดเวลา แต่ไม่ใช่ว่าตัวเก็บประจุทุกตัวจะยอมให้กระแสสลับผ่านได้หมดต้องขึ้นกับค่าการเก็บ - คายประจุด้วยในเวลาเดียวกัน ซึ่งถ้า C มีค่าน้อยจะตอบสนองความถี่สูงได้ดีกว่า

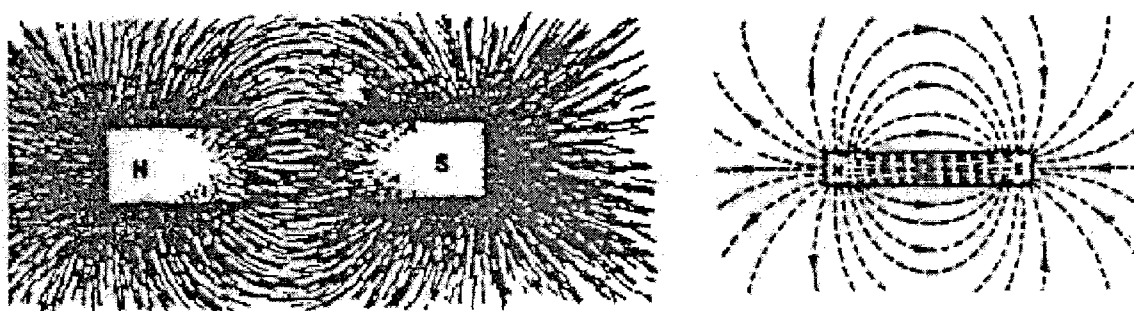
ตัวเหนี่ยวนำ

ตัวเหนี่ยวนำ (Inductor) หรือที่เรียกกันว่าคอยล์ (Coil) คือ ขดลวดทองแดงที่พันอยู่รอบๆ แกนชนิดใดชนิดหนึ่ง เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่พบเห็นการใช้งานกันอยู่ทั่วไป ซึ่งทำหน้าที่เกี่ยวกับ สนามแม่เหล็ก และกระแสไฟฟ้าภายในวงจร โดยอาศัยหลักการที่ว่า “เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านตัวนำ จะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ ตัวนำนั้น” และหลักการที่ว่า “เมื่อตัวนำเคลื่อนที่ตัดกับสนามแม่เหล็ก จะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลในตัวนำนั้น” ตัวเหนี่ยวนำที่มีใช้กันอยู่ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ มีหลายชนิด ได้แก่ ขดลวด (Coil) แบบต่างๆ หม้อแปลง (Transformer) มอเตอร์ (Motor) และรีเลย์ (Relay) เป็นต้น

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

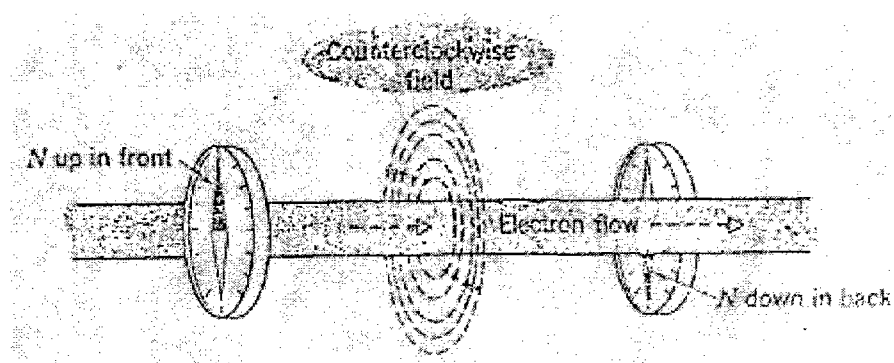
แม่เหล็กมีอยู่ 2 ประเภท คือ

1. แม่เหล็กถาวร ได้แก่ แม่เหล็กที่เกิดจากแท่งเหล็กที่มีโมเลกุลที่เรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ และอำนาจแม่เหล็กจะมีอยู่ถาวรตราบที่แท่งแม่เหล็กนั้นยังคงมีโมเลกุลที่เรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ โดยไม่มีอะไรมากระทำทำให้โมเลกุลเปลี่ยนแปลงไปอย่างทันทีทันใด
2. แม่เหล็กชั่วคราวหรือแม่เหล็กไฟฟ้า คือ แม่เหล็กที่เกิดจากการที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำ ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบ ๆ ตัวนำนั้น อำนาจแม่เหล็กที่เกิดขึ้นนี้ จะเกิดขึ้นเฉพาะในขณะที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำนั้นเท่านั้น แต่เมื่อกระแสไฟฟ้าหยุดไหลอำนาจแม่เหล็กก็จะหมดไปด้วย

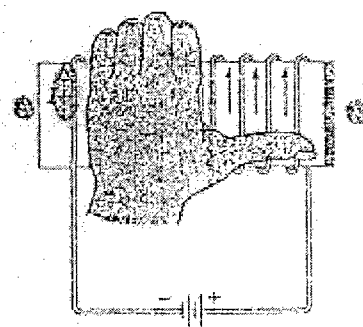
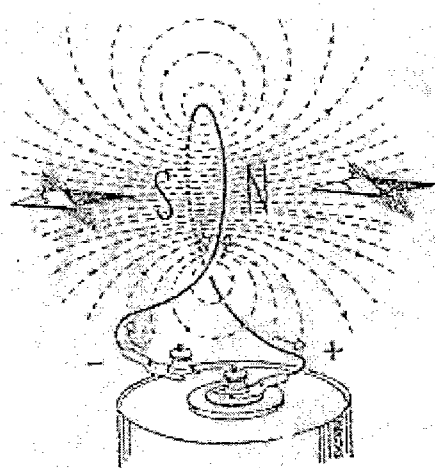


ภาพประกอบ 33 แสดงเส้นแรงแม่เหล็กของแม่เหล็กถาวร

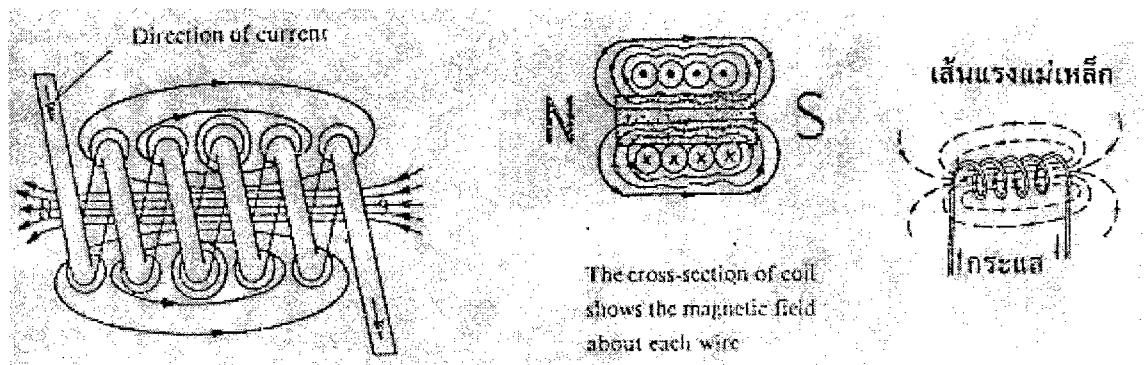
(ที่มา : ชิตชัย สุทธาศวิน. 2534 : 25)



ภาพประกอบ 34 แสดงเส้นแรงแม่เหล็กของแม่เหล็กไฟฟ้า
(ที่มา : ชิตชัย สุทธาศวิน. 2534 : 25)

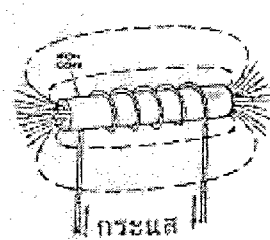


ภาพประกอบ 35 แสดงการเกิดเส้นแรงแม่เหล็กของแม่เหล็กไฟฟ้า และกฎมือซ้าย
(ที่มา : ชิตชัย สุทธาศวิน. 2534 : 25)



ภาพประกอบ 36 แสดงขดลวดที่ซ้อนกันหลายๆ รอบ
(ที่มา : ชิตชัย สุทธาศวิน. 2534 : 25)

จากภาพข้างบนจะเห็นว่าเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำ จะเกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นรอบๆ ตัวนำนั้น และถ้านำตัวนำมาขดเป็นขดลวดซ้อนกันหลายๆ รอบ จะมีผลให้เส้นแรงแม่เหล็กนั้นเสริมกัน ทำให้เส้นแรงแม่เหล็กมีมากขึ้น เกิดเป็นสนามแม่เหล็กที่ใหญ่ขึ้น และมีอำนาจแม่เหล็กมากขึ้น และหากใช้แกนที่เป็นโลหะ หรือสารประเภทแม่เหล็ก (Magnetic Material) ก็จะทำให้เส้นแรงแม่เหล็กมีมากขึ้น

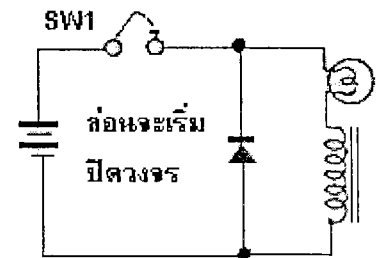
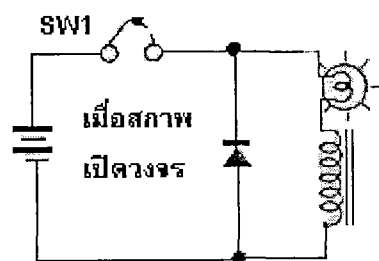


คอยล์แบบแกนเหล็ก

ภาพประกอบ 37 แสดงขดลวดที่ใช้แกนเหล็ก
(ที่มา : ชิตชัย สุทธาศวิน. 2534 : 54)

หน้าที่ของตัวเหนี่ยวนำในวงจรไฟฟ้า

ตัวเหนี่ยวนำจะทำหน้าที่ในการหน่วง หรือต้านการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าในวงจร ตัวอย่างเช่น ในวงจรที่มีหลอดไฟจะไม่สว่างทันที แต่จะค่อยๆ สว่างขึ้นเรื่อยๆ และเมื่อเวลาผ่านไปจะสว่างเต็มที่ นั่นคือ ตัวเหนี่ยวนำมีคุณสมบัติในการหน่วง หรือต้านการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าในวงจร และเมื่อเราตัดสวิตช์ ทำให้ไฟฟ้าไม่ครบวงจร หลอดไฟก็จะไม่ดับทันทีแต่จะค่อยๆ หรือลง และดับสนิทในที่สุดเมื่อเวลาผ่านไป ซึ่งในวงจรปกติที่ไม่มีขดลวด หรือตัวเหนี่ยวนำเมื่อปิดสวิตช์ไฟหลอดไฟก็จะติดและดับทันที



(ก) เมื่อเริ่มปิดสวิตช์ SW1 หลอดไฟยังคงดับสนิท และเมื่อเวลาผ่านไป หลอดไฟจึงค่อยๆ สว่างขึ้น

(ข) เมื่อเปิดสวิตช์ หลอดไฟยังคงสว่างอยู่ และค่อยๆ หรือลงจนดับสนิท

ภาพประกอบ 38 แสดงวงจรที่มีตัวเหนี่ยวนำ
(ที่มา : ชิตชัย สุทธาควิน. 2534 : 55)

อัตราในการหน่วง หรือต้านการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้า จะมากหรือน้อย (เวลาในการสว่าง และดับของหลอดไฟ เร็วหรือช้า) จะขึ้นอยู่กับค่าอินดักแตนซ์ (Inductance) ของตัวเหนี่ยวนำ

ค่าอินดักแตนซ์ของตัวเหนี่ยวนำ คือ ค่าในการหน่วงหรือต้านการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจรของตัวเหนี่ยวนำ ค่าอินดักแตนซ์จะมีหน่วยเป็นเฮนรี (Henry ใช้ตัวย่อเป็น L)

ค่าอินดักแตนซ์ของตัวเหนี่ยวนำจะมีมาก - น้อยขึ้นอยู่กับ

1. จำนวนรอบของขดลวด (N) ถ้าจำนวนรอบมากค่าอินดักแตนซ์มาก
2. พื้นที่หน้าตัดของสนามแม่เหล็ก (A) ถ้าพื้นที่หน้าตัดมากค่าอินดักแตนซ์มาก
3. ค่ารีลักแตนซ์ (Reluctance) ของวงจรแม่เหล็ก ซึ่งถ้าค่ารีลักแตนซ์มากค่าอินดักแตนซ์ก็จะ

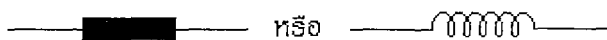
มากด้วย

4. ความยาวของเส้นแรงแม่เหล็ก (l) ความยาวของเส้นแรงแม่เหล็กมาก ค่าอินดักแตนซ์จะน้อย ดังสมการ

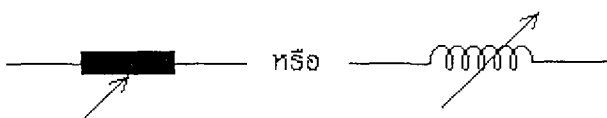
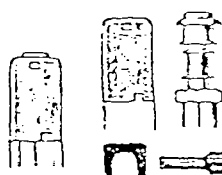
$$L = \frac{(N^2 \times \mu \times A)}{l}$$

สัญลักษณ์และรูปร่างของตัวเหนี่ยวนำ

สัญลักษณ์และรูปร่างของตัวเหนี่ยวนำ แสดงดังภาพประกอบ



ก) แบบค่าคงที่



ข) แบบปรับค่าได้

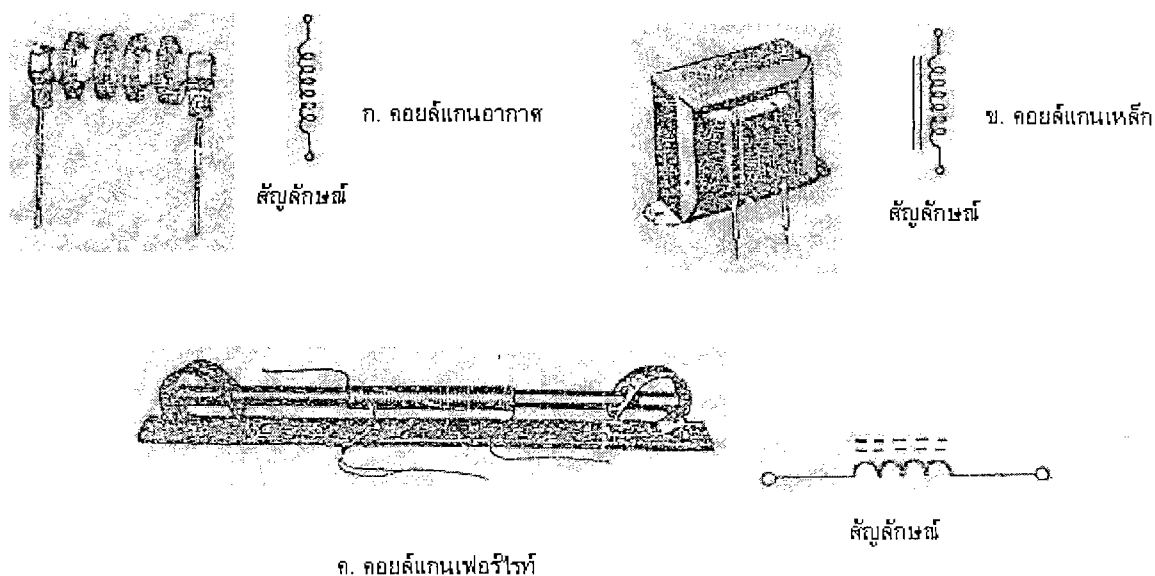
ภาพประกอบ 39 แสดงลักษณะและสัญลักษณ์ของตัวเหนี่ยวนำ

(ที่มา : สมคิด วิริยะประสิทธิ์และอรรรณพล มณีโชติ. ม.ป.ป. : 6 - 7)

ชนิดของตัวเหนี่ยวนำ

ตัวเหนี่ยวนำมีหลายชนิด ถ้าจะแบ่งตามลักษณะการใช้งาน อาจแบ่งได้ดังนี้

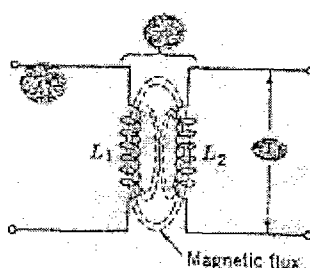
1. ขดลวด (Coil) เป็นตัวเหนี่ยวนำที่มีขดลวดขดเดียว ซึ่งในบางครั้งอาจเรียกว่า Choke เช่น RF Choke ใช้อัดจะมีทั้งชนิดที่ใช้แทนอากาศ แกนเฟอร์ไรท์ (Ferrite) และแกนเหล็ก เป็นต้น



ภาพประกอบ 40 แสดงขดลวดแบบต่างๆ และสัญลักษณ์

(ที่มา : ชิตชัย สุทธาศวิน. 2534 : 64)

2. หม้อแปลง (Transformer) เป็นตัวเหนี่ยวนำที่มีขดลวดหลายขด ซึ่งจะอาศัยการเปลี่ยนแปลงของขดลวดด้านไฟเข้า (Primary Winding / In Put) ทำให้มีกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นในขดลวดไฟออก (Secondary Winding / Out Put) และด้าน Out Put ไม่ได้ต่อกันเลย



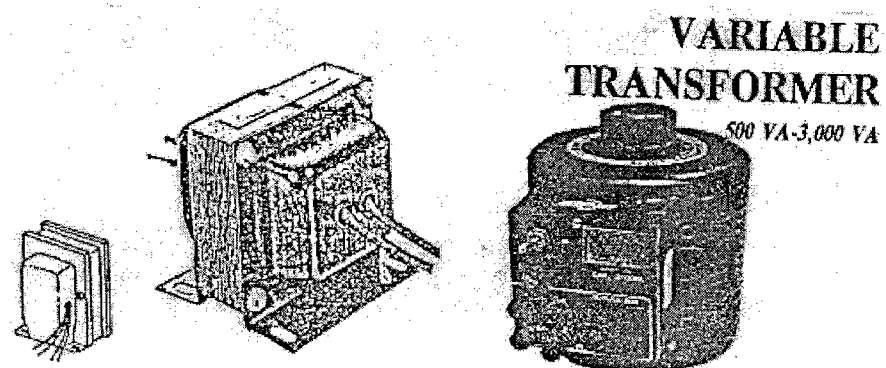
ภาพประกอบ 41 แสดงการทำงานของหม้อแปลง

(ที่มา : ชิตชัย สุทธาศวิน. 2534 : 64)

หม้อแปลง ที่มีใช้ในวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ มีหลายชนิดด้วยกันและเรียกชื่อต่าง ๆ กันไป ขึ้นอยู่กับลักษณะของการใช้งาน คือ

2.1 เพาเวอร์ ทรานส์ฟอร์มเมอร์ (Power Transformer)

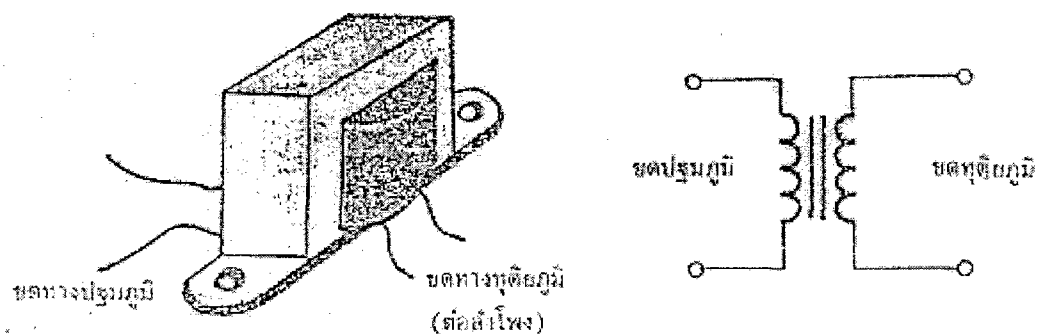
เป็นหม้อแปลงสำหรับใช้ในการแปลงแรงดันไฟฟ้า ส่วนใหญ่ใช้ในวงจรจ่ายกำลังไฟฟ้า (Power Supply) ให้กับวงจรอื่น ๆ



ภาพประกอบ 42 แสดงเพาเวอร์ ทรานส์ฟอร์มเมอร์
(ที่มา : พรเทพ เมืองแมน. ม.ป.ป. : 78)

2.2 เอาท์ พูท ทรานส์ฟอร์มเมอร์ (Out Put Transformer)

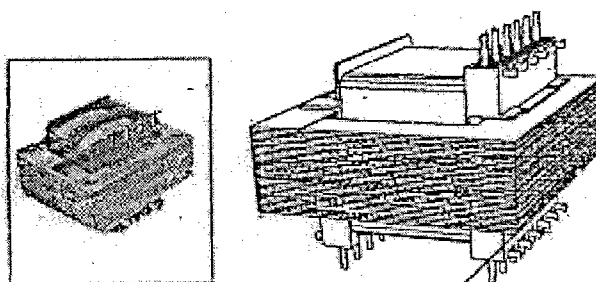
เป็นหม้อแปลงที่ใช้ในวงจรขยายเสียง โดยใช้เป็นตัวถ่ายทอดสัญญาณไฟฟ้าจากวงจรขยายไปออกลำโพง จึงเรียกว่า Out Put Transformer ในปัจจุบันไม่ค่อยมีใช้แล้ว เนื่องจากวงจรขยายเสียงส่วนใหญ่ เป็นวงจรที่ใช้การถ่ายทอดสัญญาณไฟฟ้าออกสู่ลำโพงแบบอื่นแทน



ภาพประกอบ 43 แสดงเอาท์ พูท ทรานส์ฟอร์มเมอร์
(ที่มา : ชิตชัย สุทธาควิน. 2534 : 66)

2.3 แมทซิ่ง ทรานส์ฟอร์มเมอร์ (Matching Transformer)

เป็นหม้อแปลงที่ใช้งานคล้ายกับ Out Put Transformer แต่ต่างกันที่ตัว Matching Transformer นั้น ทำหน้าที่เป็นตัว Match ระหว่างเครื่องขยายเสียงกับลำโพง โดยจะใช้สำหรับการเดินสายลำโพงที่จำเป็นต้องใช้สายยาวๆ และใช้ลำโพงหลายตัว มักจะติดตั้งอยู่ด้านข้างของลำโพงแต่ละตัว ใช้ในระบบเสียงตามสาย (P.A.) หรือระบบเสียงในห้องประชุม



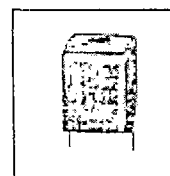
ภาพประกอบ 44 แสดงแมทซิ่ง ทรานส์ฟอร์มเมอร์
(ที่มา : พรเทพ เมืองแมน. ม.ป.ป. : 112)

2.4 ไอ.เอฟ. ทรานส์ฟอร์มเมอร์ (I.F. Transformer)

เป็นหม้อแปลงขนาดเล็ก ใช้เป็นตัวถ่ายทอดสัญญาณ ในวงจรขยายภาคความถี่ปานกลาง (I.F. = Intermediate Frequency) ในเครื่องรับวิทยุ

ACTUAL COMPONENT

รูปร่างของอุปกรณ์ไอเอฟ

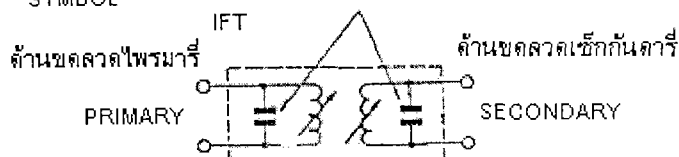


สัญลักษณ์

SYMBOL

คาปาซิเตอร์ต่อक्रमภายใน

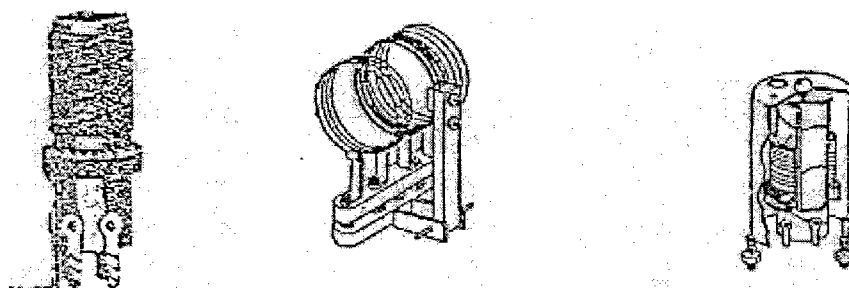
Built in Capacitors



ภาพประกอบ 45 แสดงไอ.เอฟ. ทรานส์ฟอร์มเมอร์
(ที่มา : ชิตชัย สุทธาศวิน. 2534 : 67)

2.5 อาร์.เอฟ. ทรานส์ฟอร์มเมอร์ (R.F. Transformer)

เป็นหม้อแปลงชนิดแกนอากาศ บางครั้งนิยมเรียกกันว่า “คอยล์อากาศ” ใช้เป็นตัวรับสัญญาณความถี่วิทยุ (R.F.= Radio Frequency) ซึ่งรับสัญญาณจากเสาอากาศอีกทีหนึ่ง จะใช้ในวงจรภาครับเครื่องรับวิทยุ



อาร์เอฟทรานส์ฟอร์มเมอร์สำหรับเครื่องส่ง

ภาพประกอบ 46 แสดงอาร์.เอฟ. ทรานส์ฟอร์มเมอร์

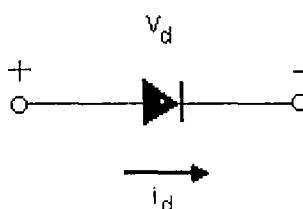
(ที่มา : ชิตชัย สุทธาตวิน. 2534 : 68)

ไดโอด

ไดโอด (Diode) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เก่าแก่มากขึ้นหนึ่ง ทำหน้าที่จำกัดทิศทางของกระแสไฟฟ้าให้ไหลทางเดียว และเปลี่ยนแปลงสัญญาณไฟสลับให้เป็นไฟตรง วงจรทุกวงจรต้องมีไดโอดเป็นอุปกรณ์ ในสมัยก่อนเรารู้จักไดโอดในรูปแบบของหลอดสุญญากาศ แต่เมื่อมีการพัฒนาทางด้านอิเล็กทรอนิกส์มากขึ้น อุปกรณ์ตัวที่เรียกว่าไดโอดก็เปลี่ยนรูปแบบไป จนกระทั่งปัจจุบันจึงรู้จักไดโอดในรูปแบบของสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor Diode) ไดโอดทำมาจากสารกึ่งตัวนำที่มีขั้วออกมาใช้งานเพียงสองขั้วเท่านั้น ทำให้สะดวกต่อการใช้งานเป็นอย่างยิ่ง รวมทั้งมีขนาดเล็กจึงทำให้สามารถประหยัดเนื้อที่ของวงจรอีกมาก ตัวอย่างวงจรที่ใช้ไดโอด เช่น วงจรเรียงกระแส (Rectifier) วงจรเพิ่มศักย์ไฟฟ้าสองเท่า (Voltage Double) วงจรตัดสัญญาณ (Clipping) วงจรเปลี่ยนระดับสัญญาณ (Clamper) เป็นต้น

ในปี ค.ศ. 1902 เจ. แอมโบรส เฟลมมิง (J. Ambrose Fleming) ได้สร้างไดโอดตัวแรกขึ้นใช้ ซึ่งมีลักษณะเป็นหลอดแก้วสุญญากาศในยุคปัจจุบัน ภายในมีไส้หลอด (Filament) เป็นตัวจ่ายอิเล็กตรอนและเพลท (Plate) ซึ่งทำมาจากโลหะเป็นตัวรับอิเล็กตรอน อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่มายังเพลทมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความต่างศักย์ระหว่างเพลทกับไส้หลอด และในปี ค.ศ. 1930 นักวิทยาศาสตร์ได้ประดิษฐ์ไดโอดสารกึ่งตัวนำขึ้นมา ทำให้ไดโอดในยุคถัดมามีขนาดเล็กกว่าไดโอดหลอดสุญญากาศมาก ที่สำคัญก็คือ ไดโอดชนิดนี้มีคุณสมบัติใกล้เคียงไดโอดอุดมคติมากกว่า

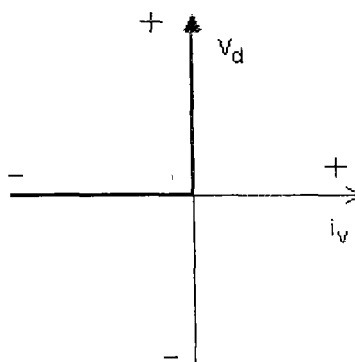
ไดโอดในอุดมคติ (Ideal Diode) เป็นไดโอดที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ทางเดียวเท่านั้น กระแสจะไหลย้อนกลับไม่ได้ สัญลักษณ์ของไดโอดในอุดมคติจะแสดงเป็นรูปลูกศร โดยจะมีทิศทางการไหลของกระแสตามลักษณะชี้ของลูกศร



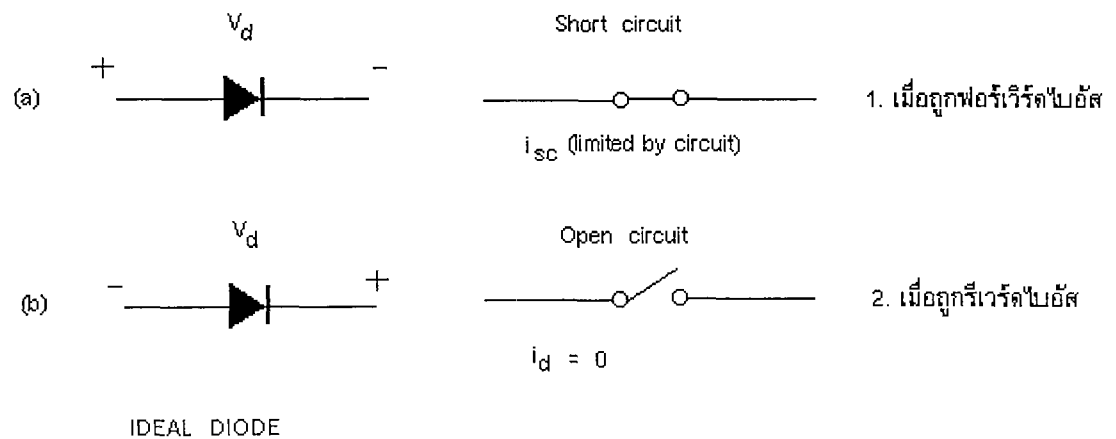
ภาพประกอบ 47 แสดงสัญลักษณ์ของไดโอดในอุดมคติ
(ที่มา : เจน สงสมพันธ์. 2531 : 126)

กระแสจะไหลไปตามทิศทางที่หัวลูกศรชี้ (กระแสนิยม) คำว่า “แอโนด” (Anode) และ “แคโทด” (Cathode) เป็นศัพท์บัญญัติในการกำหนดขั้วของไดโอดชนิดหลอดสุญญากาศ เมื่อนำมาใช้กับไดโอดอุดมคติก็ยังคงคำเดิมไว้

เมื่อให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าระหว่างขั้วทั้งสองของไดโอด โดยการจ่ายโวลท์บวกให้กับแคโทด เมื่อเทียบศักย์กับแอโนดเรียกว่า “ไดโอดถูกรีเวิร์สไบอัส” (Reverse Bias) จะไม่มีกระแสไหลผ่านไดโอด แต่ถ้าเราจ่ายโวลท์บวกให้กับแอโนด เมื่อเทียบกับแคโทดจะมีกระแสไหลผ่านไดโอดไปได้ เรียกว่า “ไดโอดถูกฟอร์เวิร์ดไบอัส” (Forward Bias) ซึ่งถ้าเขียนเป็นกราฟแสดงคุณสมบัติของไดโอดในอุดมคติ ได้ดังภาพต่อไปนี้



ภาพประกอบ 48 กราฟแสดงคุณสมบัติของไดโอดในอุดมคติ
(ที่มา : เจน สงสมพันธ์. 2531 : 126)

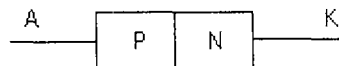


ภาพประกอบ 49 แสดงการทำงานเมื่อเปรียบเทียบกับสวิตช์
(ที่มา : เจน สงสมพันธ์. 2531 : 126)

ดังนั้นสรุปได้ว่าไดโอดในอุดมคติ นั้น มีลักษณะการทำงานเช่นเดียวกับลักษณะของสวิตช์ โดยสวิตช์ตัวนี้จะยอมให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้เมื่อถูกฟอร์เวิร์ดไบอัส และจะขัดขวางการไหลของกระแสเมื่อถูกรีเวิร์ดไบอัส

คุณสมบัติของไดโอด

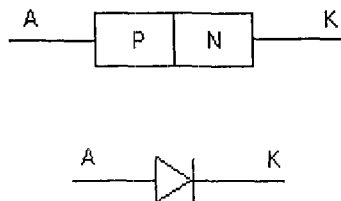
ไดโอดเป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่มีขั้ว ($D_i = 2$, ode = ขั้ว) ซึ่งได้จากการนำสาร P (Positive) และสาร N (Negative) มาต่อเชื่อมเป็นหัวต่อ P - N (P - N junction)



ภาพประกอบ 50 แสดง P - N junction
(ที่มา : วิชาญ ก่องดาวงษ์. 2528 : 48)

โดยทั่วไปขั้ว P เรียกว่า "ขั้วบวก" หรือขั้วแอโนด ขั้ว N เรียกว่า "ขั้วลบ" หรือขั้วแคโทด

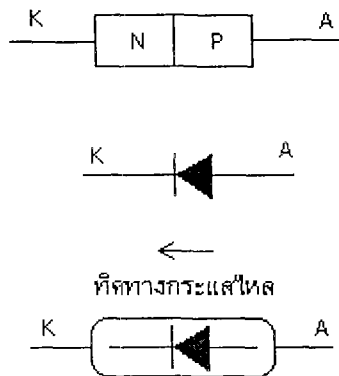
สัญลักษณ์ของไดโอด



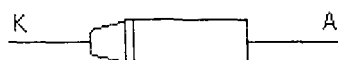
ภาพประกอบ 51 แสดงสัญลักษณ์ของไดโอด ลูกศรแทนทิศการไหลของกระแส
(ที่มา : วิชาญ ก่องดาวงษ์. 2528 : 48)

ขั้วของไดโอด

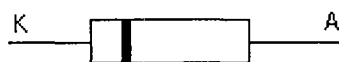
ขั้วของไดโอดที่ใช้งานจริงนั้นนิยมแสดงด้วยแถบสีจำนวนหนึ่งแถบทางขั้วแคโทด นอกจากนี้บางบริษัทจะแสดงขั้วโดยพิมพ์สัญลักษณ์ไดโอดติดตัวไดโอด และบางบริษัทจะทำตัวไดโอดเป็นรูปปลายแหลมทางขั้วแคโทด แสดงดังภาพต่อไปนี้



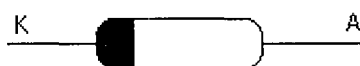
ก) แสดงด้วยลูกศรสัญลักษณ์



ข) ตัวถังปลายแหลมทางขั้วแคโทด (K)



ค) แสดงด้วยแถบสี



ง) แสดงด้วยการแต้มสี

ภาพประกอบ 52 แสดงเครื่องหมายของขั้วไดโอด เทียบกับสัญลักษณ์ของไดโอด
(ที่มา : วิชาญ กองดาวงษ์. 2528 : 49)

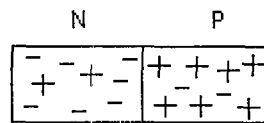
ทฤษฎีและการใช้งานไดโอด

สารพี. และสารเอ็น. ได้มาจากสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) เช่น ซิลิคอน (Silicon ; Si) และ เจอร์เมเนียม (Germanium ; Ge) ซึ่งเป็นสารที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับ 4 โดยปกติแล้วสารกึ่งตัวนำจะเป็นกลางทางไฟฟ้า แต่ถ้านำสารกึ่งตัวนำไปเจือปนด้วยสารอื่นที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอนเป็น 3 สารนั้นจะแสดงสถานะทางไฟฟ้าเป็นบวก (Hole ; โดยเกิดตำแหน่งที่ขาดอิเล็กตรอน) เรียกว่า “สารกึ่งตัวนำชนิดพี.” (P - type) และถ้านำสารกึ่งตัวนำไปผสมกับสารที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอน 5 จะทำให้ได้ผลึกสารผสมที่แสดงสถานะทางไฟฟ้าเป็นลบ (Electron ; โดยเกิดตำแหน่งที่มีอิเล็กตรอนเกิน) เรียกว่า “สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น.” (N - type)

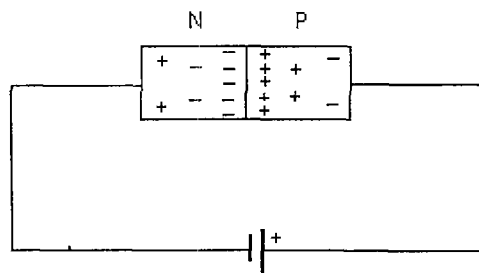
เมื่อนำสารพี. ต่อเข้ากับสารเอ็น. ดังภาพประกอบ 53 (ก) เครื่องหมายลบแทนอิเล็กตรอน, เครื่องหมายบวกแทนโฮล (Holes) อิเล็กตรอนอิสระบางตัวจะเคลื่อนจาก N - type ทำให้ N - type มีประจุบวกมากขึ้นและ P - type มีประจุลบมากขึ้นเรียกว่า หัวต่อ P - N (P - N junction)

เมื่อให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดเข้าไปยัง หัวต่อ P - N ดังภาพประกอบ 53 (ข) จะทำให้เกิดการแพร่ของประจุ คือ ประจุลบใน N - type จะเข้าไปชดเชยต่อ P - N และประจุบวกของ P - type ก็จะมาชดเชยต่อเช่นกัน เหตุการณ์เช่นนี้จะทำให้ประจุบวกทาง P - type ไหลผ่านหัวต่อ P - N เข้าไปรวมกับประจุลบทาง N - type ได้โดยง่ายทำให้กระแสไหลได้

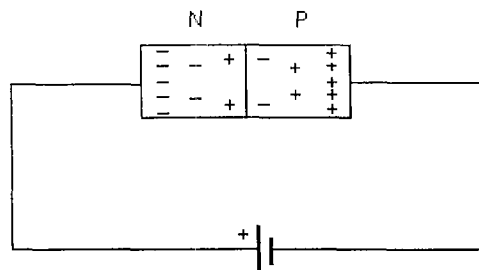
ถ้าต่อแรงเคลื่อนไฟฟ้าภายนอกเข้ากับหัวต่อ P - N ในทางกลับกันตามภาพประกอบ 53 (ค) กลับทิศทางกับภาพประกอบ 53 (ข) จะทำให้ประจุเคลื่อนที่มายังขอบนอกของหัวต่อ P - N คือ ประจุลบใน N - type มาชดเชยขอบทางขั้วบวกของแรงเคลื่อนไฟฟ้าภายนอก และประจุบวกใน P - type ไปชดเชยขั้วลบ จะทำให้หัวต่อ P - N มีความต้านทานสูงต่อกระแสไฟฟ้า



ก) การแพร่ของอิเล็กตรอน และโฮลในหัวต่อ P - N



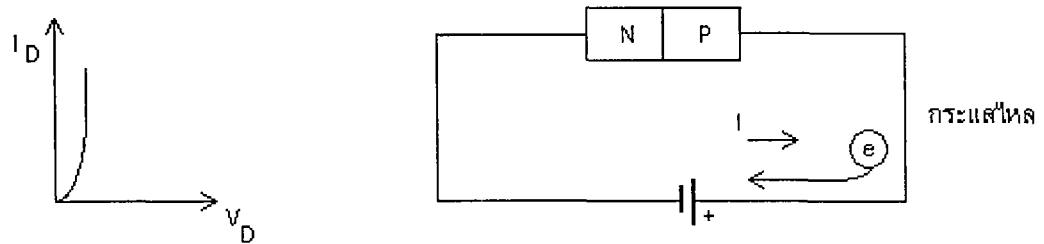
ข) การแพร่ของอิเล็กตรอนและโฮลเมื่อต่อกับแรงเคลื่อนไฟฟ้าภายนอกแบบทิศทางตรง



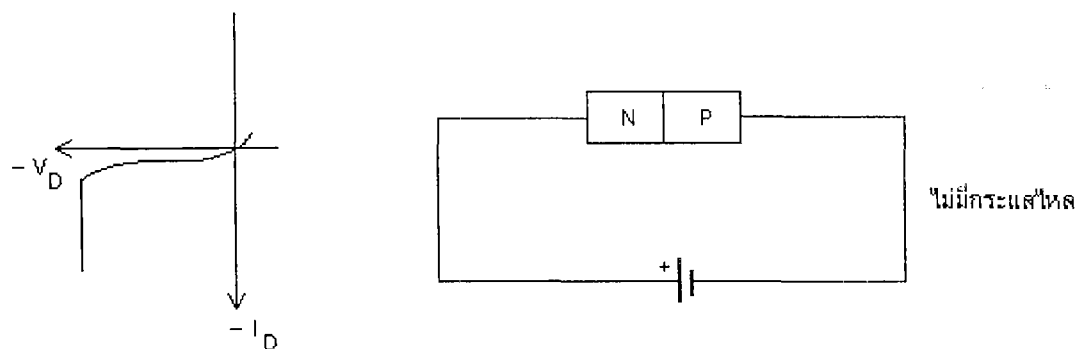
ค) การแพร่ของอิเล็กตรอนและโฮลเมื่อต่อกับแรงเคลื่อนไฟฟ้าภายนอกแบบกลับทิศทาง

ภาพประกอบ 53 แสดงประจุของตัวต่อ P - N เมื่อให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าภายนอก
(ที่มา : วิชาญ ก่องดาวงษ์. 2528 : 50)

เมื่อเราต่อแบตเตอรี่ หรือแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสตรง แบบอนุกรมกับผลึกของ P - N ตามภาพประกอบ 54 (ก) จะมีกระแสไหลในวงจร เพราะความต้านทานในหัวต่อ P - N มีค่าน้อยมาก เรียกว่า "การไบอัสตรง" (Forward Bias) แต่ถ้ากลับขั้วของแบตเตอรี่ เหมือนภาพประกอบ 54 (ข) จะไม่มีกระแสไหล (ที่จริงแล้วมีกระแสไหลแต่จำนวนน้อยมาก เรียกว่า "กระแสรั่ว" หรือ Leakage Current) เพราะความต้านทานในหัวต่อ P - N มีค่ามาก เรียกว่า "การไบอัสกลับ" (Reverse Bias)



(ก) การไบอัสตรง (Forward Bias)



(ข) การไบอัสกลับ (Reverse Bias)

ภาพประกอบ 54 แสดงการไบอัสตรงและไบอัสกลับ

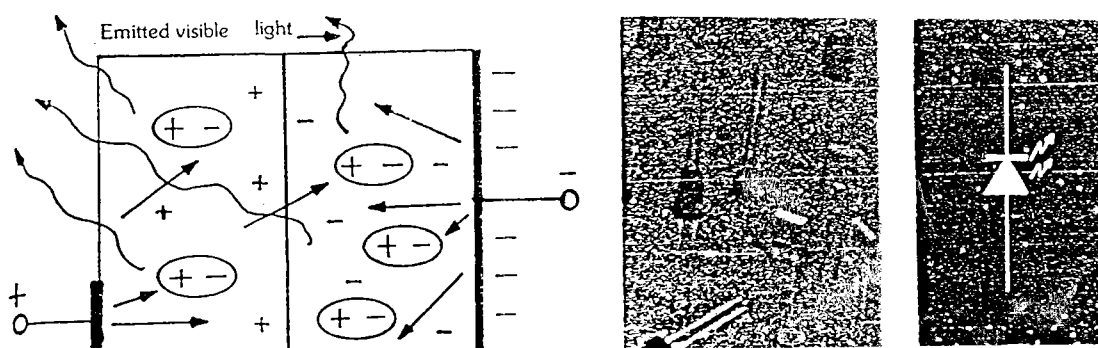
(ที่มา : วิชาญ ก่องดาวงษ์. 2528 : 51)

คุณสมบัติพิเศษของหัวต่อ P - N คือ ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านทางเดียว จากสาร P (Anode) ไปยังสาร N (Cathode) ซึ่งจะมีประโยชน์ในการนำไปใช้ในการเปลี่ยนกระแสสลับให้เป็นกระแสตรง และจากคุณสมบัตินี้ สามารถใช้อิโหมมิเตอร์ตรวจสอบไดโอด (P - N junction) ได้ด้วยว่าดีหรือเสีย โดยการวัดค่าความต้านทานของหัวต่อ P - N

แอลอีดี.

แอลอีดี. ย่อมาจากคำว่า “ไลท์ อีมิตติ้ง ไดโอด” (Light Emitting Diode : LED) หรือ ไดโอดเปล่งแสง เป็นไดโอดที่สามารถเปล่งแสงสว่างออกมาด้วยคลื่นความถี่เดียวและมีเฟสต่อเนื่องได้ ซึ่งต่างไปจากแสงธรรมดาที่คนเราสามารถมองเห็นได้ ประกอบไปด้วยคลื่นที่มีความถี่และเฟสต่างๆ มารวมกัน

โครงสร้างของแอลอีดี. เหมือนกับไดโอดทั่วๆ ไป ที่ประกอบขึ้นจากการเอาสารพี. และสารเอ็น. มาประกบกัน โดยผิวข้างหนึ่งเป็นมันคล้ายกระจก เมื่อให้ฟอร์เวิร์ดแก่แอลอีดี. จะทำให้อิเล็กตรอนที่สารเอ็น. กิ่งตัวนำชนิดเอ็น. มีพลังงานสูงขึ้น จนสามารถวิ่งข้ามรอยต่อไปรวมกับโฮลในสารพี. ได้ ก่อให้เกิดพลังงานแสงที่เรียกว่า พลังงาน “โฟตอน” เปล่งออกมา



ภาพประกอบ 55 แสดงโครงสร้างและสัญลักษณ์ของแอลอีดี.

(ที่มา : เจน สงสมพันธ์. 2531 : 155)

ปรากฏการณ์ใหม่ที่เกิดขึ้นกับไดโอดชนิดนี้จะไม่เกิดขึ้นถ้าไม่ใช้กระบวนการ “อิเล็กโตรลูมิเนสเซนซ์” (electroluminescence) คือ ต้องสร้างให้โลหะหน้าสัมผัสชนิด พี. มีขนาดเล็กกว่าชนิด เอ็น. ซึ่งจะทำให้พลังงานโฟตอนมีจำนวนมากที่สุด และที่สำคัญการที่จะทำให้พลังงานนี้เรืองแสงขึ้นมานั้น จำเป็นต้องเติมสารเจือบางอย่างลงไปในซิลิคอนหรือเจอร์เมเนียมด้วย สารชนิดนั้นก็คือ “แกเลียมอาร์เซไนด์ ฟอสไฟด์” (Gallium Arsenide Phosphide : GAP) บริษัทที่ผลิตแอลอีดี. จนประสบความสำเร็จ โดยมีประสิทธิภาพสูงจนเป็นที่รู้จักกันมาก คือ บริษัทฮิวเลตต์แพคการ์ดคอร์เปอร์เรชั่น และนี่เองที่ทำให้อิเล็กทรอนิกส์ทางด้านแสงได้รับการพัฒนาขึ้นอย่างรวดเร็ว จนได้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทางแสงเพิ่มขึ้นมา เช่น ไฟเบอร์ออปติก ไอซีประเภทออปติคคอลล รวมไปถึงการเกิดวงจรที่มีการเชื่อมโยงพลังงานต่างๆ ด้วยกรรมวิธี “ออปโตไอโซเลท” (Opto Isolate)

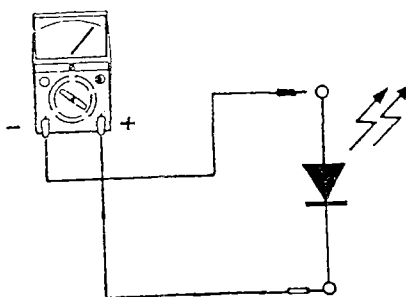
หน่วยสำหรับการวัดความเข้มของแสงแอลอีดี. คือ แคนเดลลา โดย 1 แคนเดลลา มีความเข้มเท่ากับ 4π ลูเมนส์

แอลอีดี. จะมีสีสรรต่างๆ กันไป เช่น เขียว แดง เหลือง ส้ม และขาว ซึ่งในอนาคตจะมีแอลอีดี. สีน้ำเงินออกมาใช้ โดยทั่วไปแอลอีดี. ที่มีใช้กันอยู่ในปัจจุบันใช้กับระดับโวลท์ 1.7 ถึง 3.3 โวลท์ ซึ่งจะเป็นค่าโวลท์ที่ทำให้แอลอีดี. ทำงานได้สมบูรณ์ที่สุดเมื่อนำมาใช้กับอุปกรณ์โซลิตสเทท โดยจะมีความเร็วในการทำงาน (คิดเป็นนาโนเซ็คคัน : nano - second) และความสว่างอยู่ในระดับพอดี โดยมีกำลังตั้งแต่ 10 ถึง 150 มิลลิวัตต์ อายุการใช้งานมากกว่า 100,000 ชั่วโมง

แอลอีดี. อีกประเภทหนึ่ง เป็นแอลอีดี. ที่ใช้ในภาคแสดงผลของเครื่องมือวัด ทดสอบเครื่องคิดเลขและระบบตัวเลขอื่นๆ คือ แอลอีดี. แบบ 7 เซ็กเมนต์ (7 - Segments) ซึ่งมีโครงสร้างเบื้องต้นเช่นเดียวกับแอลอีดี. ทั่วไป เพียงแต่เราเอามารวมเป็น 7 ตัวในเคส (Case) เดียวกัน จึงเรียกว่า 7 - Segments หรืออาจจะเรียกว่า 8 เซ็กเมนต์ (8 - Segments) ก็ได้ถ้านับเอาจุดทศนิยมเข้าไปด้วย

ในปัจจุบันแม้แต่แอลอีดี. ธรรมดาก็ยังมีส่วนสองสีอยู่ในตัวเดียวกัน เรียกแอลอีดี. พวกนี้ว่าหลอด “two - lead LED” เมื่อกลับไบอัสแต่ละครั้งจะมีสีที่ต่างกันออกไป เช่น ครั้งแรกเป็นสีเขียวเมื่อกลับไบอัสมันจะกลายเป็นสีแดง ซึ่งถ้าดูลักษณะภายนอกแล้ว two - lead LED ก็คือ แอลอีดี. สีใสๆ เหมือนตัวอื่นๆ และมีขั้วใช้งานเพียง 2 ขั้วเท่านั้น

วิธีการทดสอบแอลอีดี. สามารถทดสอบได้ว่าดีหรือเสียด้วยการจ่ายไบอัสให้กับแอลอีดี. โดยตั้งมิเตอร์ R x 1 วัด เข็มมิเตอร์จะขึ้นครึ่งหนึ่งไม่ขึ้นครึ่งหนึ่งเหมือนกับการวัดไดโอดทั่วไป ครั้งที่ขึ้นก็คือ ลักษณะฟอร์เวิร์ด แอลอีดี. จะเปล่งแสงออกมาให้เห็น



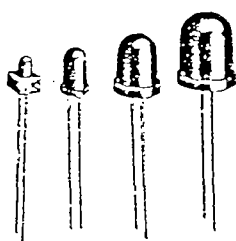
ภาพประกอบ 56 แสดงการตรวจสอบแอลอีดี.

(ที่มา : เจน สงสมพันธ์. 2531 : 156)

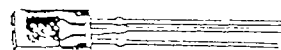
พลังงานโฟตอนนั้นมีอยู่สองแบบ คือ พลังงานแสงที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่ากับพลังงานแสงที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ปัจจุบันการใช้พลังงานทางแสงได้รับการพัฒนาไปมาก เช่น ในวงการไฟเบอร์ออปติก (Fiber Optic) ซึ่งเป็นอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้พลังงานของแสงเป็นตัวหลัก ได้เข้ามามีบทบาทในวงการสื่อสารโทรคมนาคม หรือในงานเล็กๆ ยังนำอุปกรณ์เหล่านี้มาประยุกต์ใช้งานกันอย่างกว้างขวาง เช่น เอาแอลอีดี มาประกอบกับโฟโตทรานซิสเตอร์ โฟโตไดโอด และโฟโตไดแอค เพื่อให้อุปกรณ์เหล่านี้ทำงานตามความเข้มของแสงที่ออกมา เรียกวิธีการเหล่านี้ว่า “ออปโตไอโซเลท” (Opto Isolate)

สัญลักษณ์ของแอลอีดี.

สัญลักษณ์ของแอลอีดี. เขียนได้ดังรูป



ก) แบบ 2 ขา



ข) แบบ 3 ขา

ภาพประกอบ 57 แสดงลักษณะของแอลอีดี.

(ที่มา : สมคิด วิริยประสิทธิ์และอรระพีพล มณีโชติ. ม.ป.ป. : 9)

การทำงานของแอลอีดี.

1. แสงที่เปล่งออกมาจากหลอดมีไส้ จะมีความยาวของคลื่นแสงหลายขนาด แต่แสงที่เปล่งออกจากแอลอีดี. จะมีช่วง (Range) แคบ เพราะอิเล็คตรอนที่อยู่ในแอลอีดี. ถูกกระตุ้นให้อยู่ในระดับพลังงานเดียวกัน
2. เมื่อแอลอีดี. เริ่มทำงาน โดยการเพิ่มแรงเคลื่อนไฟฟ้าทีละน้อย ในขณะที่กระแสเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ถ้ากระแสมากเกินไป จะทำให้แอลอีดี. ร้อนเกิน จะทำให้ขั้วแอลอีดี. ละลายหลุดเป็นชิ้น และชำรุดอย่างถาวร
3. แสงที่เปล่งออกมาจากแอลอีดี. จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสที่ไหลผ่าน ถ้าให้กระแสเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แอลอีดี. จะร้อนจัด แต่แสงที่ออกมาจะค่อยๆ ลดลง และแอลอีดี. จะชำรุดในที่สุด
4. แรงเคลื่อนไฟฟ้าและความยาวคลื่น มีความสัมพันธ์กันโดยตรง ดังนั้นการนำแอลอีดี. ต่างชนิดมาใช้แทนกัน จึงไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า แสงที่มองเห็นได้ที่เปล่งแสงออกจากแอลอีดี. มีกำลังถึง 1 มิลลิวัตต์ แสงใต้แดง (880 nm) เปล่งแสงได้ 15 มิลลิวัตต์ หรือมากกว่า

ตาราง 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับความยาวคลื่น

ความยาวคลื่น (nm)	แรงเคลื่อนไฟฟ้า (V)
565 เขียว (Green)	2.2 - 3.0
590 เหลือง (Yellow)	2.2 - 3.0
615 ส้ม (Orange)	1.8 - 2.7
640 แดง (Red)	1.6 - 2.0
690 แดง (Red)	2.2 - 3.0
880 ใต้แดง (Infrared)	2.2 - 2.5
900 ใต้แดง (Infrared)	1.2 - 1.6
940 ใต้แดง (Infrared)	1.3 - 1.7

(ที่มา : พิษณุ วิทยศิลป์และมังกร หริรักษ์. 2539 : 78)

การนำแอลอีดี. ไปใช้งาน

การนำเอาแอลอีดีไปประยุกต์ใช้งานเป็นไปอย่างกว้างขวาง ส่วนมากใช้ในภาคแสดงผล (Display unit) แอลอีดี. ทำงานด้วยด้วยกระแสไฟฟ้าที่ต่อเนื่องหรือด้วยกระแสเป็นจังหวะ (Pulse) เมื่อทำงานด้วยกระแสต่อเนื่อง ความเข้มของแสงที่เปล่งออกมาจะเปลี่ยนแปลงตามค่ากระแส

1. วงจรแอลอีดี. เนื่องจากการทำงานของแอลอีดี. ขึ้นอยู่กับกระแส จึงจำเป็นต้องป้องกันไม่ ให้กระแสไหลมากเกินไป ด้วยการใช้ตัวต้านทานมาต่ออนุกรม แอลอีดี. บางชนิด จะมีตัวต้านทานต่อ อนุกรมอยู่ภายใน การหาตัวต้านทานที่ต่ออนุกรม (R_s) จึงมีความสำคัญมาก หาได้จากสูตร ดังนี้

$$R_s = \frac{\text{แรงเคลื่อนไฟฟ้าของแหล่งจ่ายกำลัง} - \text{แรงเคลื่อนไฟฟ้าแอลอีดี}}{\text{กระแสผ่านแอลอีดี.}}$$

หรือ

$$R_s = \frac{V - V_{LED}}{I_{LED}}$$

เมื่อ

V มีหน่วยเป็น โวลท์

I มีหน่วยเป็น แอมแปร์

2. แอลอีดี. แสดงทิศทางซ้าย แอลอีดี. สองตัวกลับหัวต่อขนานกัน จะเป็นรูปแบบของตัวแสดง ทิศทางได้ แอลอีดี. ทั้งคู่จะติดพร้อมกัน ถ้าใช้ตรวจสอบวงจรกระแสสลับ (AC) แต่ตัวต้านทานอนุกรม ต้องต่อไว้เสมอ

3. แอลอีดี. แสดงจังหวะ เมื่อ แอลอีดี. ทำงานด้วยกระแสต่อเนื่อง แอลอีดี. ชนิดได้แสง จะมี ค่ากระแสสูงสุด 100 mA แต่เมื่อขับด้วยกระแสเป็นจังหวะ แอลอีดี. ตัวเดียวกัน จะรับกระแสพัลส์ (Pulse) ได้ถึง 10 แอมแปร์ อย่างปลอดภัย ส่วนตัวต้านทานที่ต่ออนุกรมอาจไม่จำเป็น ถ้ากระแส Pulse ไม่เกินระดับสูงสุดของแอลอีดี. ที่กำหนดไว้

ทรานซิสเตอร์

นับตั้งแต่ปี ค.ศ. 1945 เป็นต้นมา นักวิทยาศาสตร์ได้พยายามศึกษาเพื่อจะหาสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำชนิดใหม่ๆ ขึ้นมา เพื่อให้สารกึ่งตัวนำที่ประดิษฐ์ขึ้นมาใหม่มีคุณสมบัติในการขยายสัญญาณได้ ซึ่งถ้าเป็นเช่นนั้นก็จะสามารถหาอุปกรณ์ตัวใหม่เข้ามาแทนหลอดสุญญากาศได้ แม้จะมีการค้นคว้ากันมากมาย แต่โครงสร้างของอุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติดังที่ว่านี้ใช้เป็นพื้นฐานของตัว “ทรานซิสเตอร์” (Transistor) ในยุคปัจจุบัน และทำให้เกิดการพัฒนาอย่างรวดเร็วในวงการอิเล็กทรอนิกส์ในเวลาต่อมา ได้แก่ ผลการค้นคว้าของวิศวกรสามคนจากบริษัทเบลล์ เทเลโฟน จำกัด (Bell Telephone CO.,LTD.) คือ จอห์น บาร์ดีน (John Bardeen) , วิลเลียม แบริดฟอร์ด ช็อคเลย์ (William Bradford Shockley) และวอลเตอร์ ฮอรัส แบริทเทน (Walter House Brattain) เป็นผู้ค้นพบทรานซิสเตอร์ เมื่อปี ค.ศ. 1948

เหตุที่ทรานซิสเตอร์สามารถเข้ามาแทนที่หลอดสุญญากาศได้ เพราะทรานซิสเตอร์มีขนาดเล็ก ทำให้ประหยัดเนื้อที่ ทำให้อุปกรณ์เครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์มีขนาดเล็กกะทัดรัด ราคาถูกสิ้นเปลืองพลังงานน้อย ความร้อนต่ำ ทนทาน และปลอดภัยกว่า ที่สำคัญมีความไวในการทำงานสูงกว่าหลอดสุญญากาศมาก

ชนิดของทรานซิสเตอร์

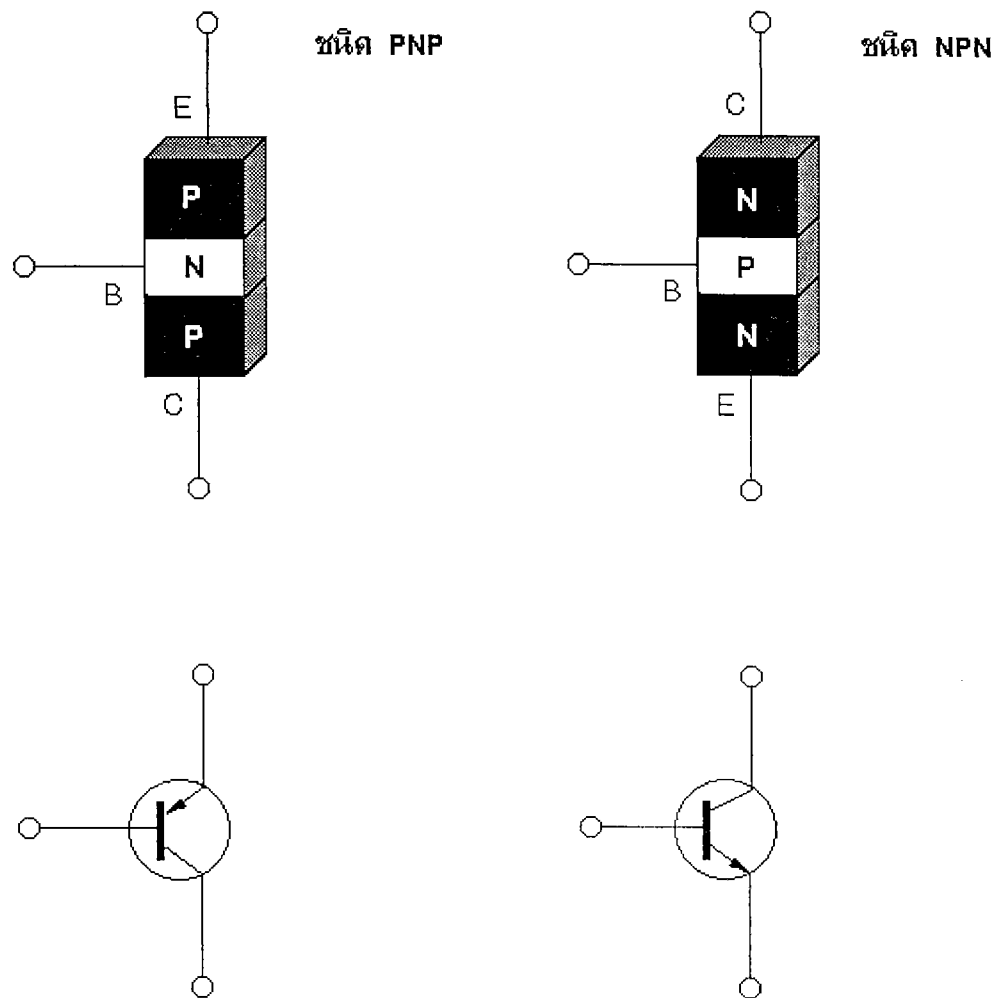
การแบ่งชนิดของทรานซิสเตอร์ สามารถแบ่งออกได้แตกต่างกันแล้วแต่ว่าผู้ที่ผลิตทำการแบ่งชนิดของทรานซิสเตอร์โดยยึดถือรูปลักษณะแบบไหน ถ้าแบ่งในรูปของการใช้งานอาจจะแบ่งออกเป็น ทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่สวิทช์, ทรานซิสเตอร์กำลัง ทรานซิสเตอร์ความถี่สูง เป็นต้น การแบ่งอีกประเภทหนึ่งซึ่งนิยมใช้กันมากในสมัยก่อน นั่นก็คือการแบ่งโดยใช้สารที่นำมาทำเป็นเกณฑ์ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. เจอร์เมเนียมทรานซิสเตอร์ (Germanium Transistor) เป็นทรานซิสเตอร์ยุคแรก เนื่องจากทรานซิสเตอร์ชนิดนี้มีการรั่วไหลมาก จึงไม่ค่อยมีคนนิยมใช้กันในปัจจุบัน

2. ซิลิคอนทรานซิสเตอร์ (Silicon Transistor) เป็นทรานซิสเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง เพราะกระแสรั่วไหล (Leakage Current) มีน้อยมาก เป็นทรานซิสเตอร์ที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน

เนื่องจากการที่ทรานซิสเตอร์เกิดมาจากสารกึ่งตัวนำชนิด P และ N ซึ่งนำมาเรียงกัน 3 ชั้น หรือนำมาต่อกันเพื่อให้เกิดรอยต่อระหว่างเนื้อสารขึ้น 2 รอยต่อ โดยสารตรงกลางจะเป็นเนื้อสารคนละอย่างกับสารที่อยู่หัวท้าย แล้วจึงต่อขั้วออกมาใช้งานทั้งหมด 3 ขั้วด้วยกัน จึงได้มีการแบ่งทรานซิสเตอร์ออกเป็น 2 ชนิด ตามโครงสร้างของสารที่นำมาใช้ คือ

1. ทรานซิสเตอร์ชนิด พี.เอ็น.พี (PNP)
2. ทรานซิสเตอร์ชนิด เอ็น.พี.เอ็น (NPN)



ภาพประกอบ 58 แสดงโครงสร้างและสัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์ชนิด PNP และ NPN
(ที่มา : เจน สงสมพันธ์. 2531 : 172)

จากภาพประกอบ 58 ขั้วทั้งสามของทรานซิสเตอร์มีชื่อเรียกดังต่อไปนี้

ขั้วคอลเลคเตอร์ (Collector) เรียกย่อๆ ว่า ขั้ว C เป็นขั้วที่มีโครงสร้างในการได้ปसारใหญ่ที่สุด

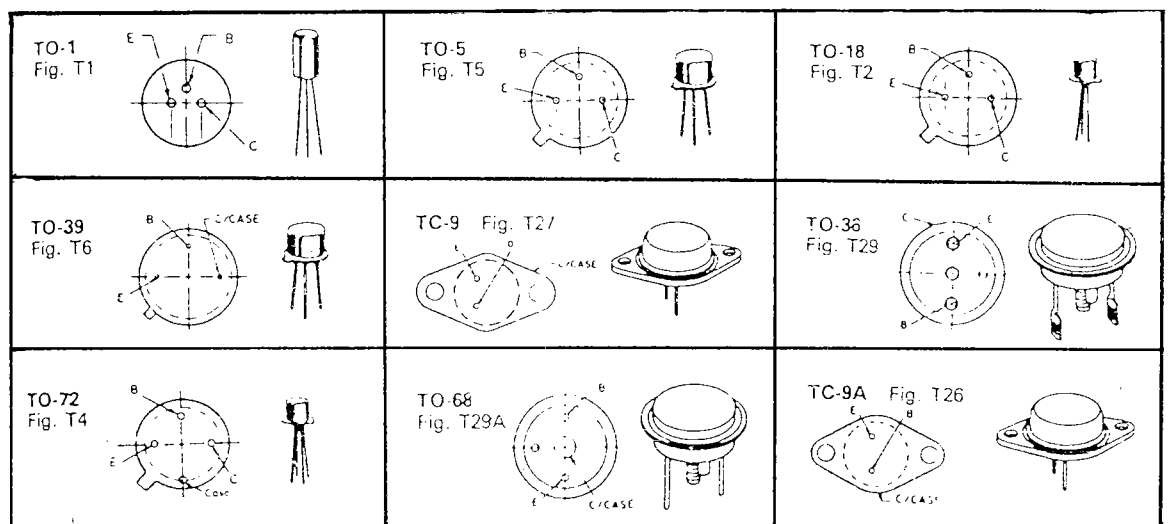
ขั้วอิมิตเตอร์ (Emitter) เรียกย่อๆ ว่า ขั้ว E เป็นขั้วที่มีโครงสร้างในการได้ปसारรองลงมา และจะอยู่คนละฝั่งกับขั้วคอลเลคเตอร์

ขั้วเบส (Base) เรียกย่อๆ ว่า ขั้ว B เป็นส่วนที่อยู่ตรงกลางระหว่าง C กับ E มีพื้นที่ของโครงสร้างแคบที่สุดเมื่อเทียบกับอีกสองส่วน

การนำเอาสารกึ่งตัวนำไม่บริสุทธิ์ชนิด P และชนิด N มารวมกันเพื่อทำให้เกิดรอยต่อขึ้นมานั้น ใช้วิธีการโด๊ป (Doping) หรือกระบวนการที่เรียกว่า “การออกซิเดชัน” (Oxidation) ในปัจจุบันได้มีการสร้างให้ขั้วคอลเลคเตอร์เป็นฐานของสารทั้งหมด ซึ่งจะมีการกัดเพื่อได้ปสารเป็นขั้วเบสและขั้วอีมีเตอร์ลงไป

การที่จะบอกได้ว่าทรานซิสเตอร์ชนิดไหนเป็น PNP หรือตัวไหนเป็น NPN นั้น โดยทั่วไปผู้ผลิตจะบอกในคู่มือของทรานซิสเตอร์ของผู้ผลิตอยู่แล้ว ในบางครั้งผู้ผลิตอาจจะสร้างสัญลักษณ์ให้เป็นที่รู้จักกันอย่างง่าย ๆ เพื่อเป็นตัวบ่งบอกว่าทรานซิสเตอร์เบอร์ใดเป็นทรานซิสเตอร์ชนิด PNP หรือชนิด NPN เช่น

- ถ้าขึ้นต้นเบอร์ด้วย 2SA หรือ A เป็นทรานซิสเตอร์ชนิด PNP ใช้กับย่านความถี่สูง (RF : Radio Frequency)
- ถ้าขึ้นต้นเบอร์ด้วย 2SB หรือ B เป็นทรานซิสเตอร์ชนิด PNP ใช้กับย่านความถี่ต่ำหรือความถี่เสียง (AF : Audio Frequency)
- ถ้าขึ้นต้นเบอร์ด้วย 2SC หรือ C เป็นทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ใช้กับย่านความถี่สูง
- ถ้าขึ้นต้นเบอร์ด้วย 2SD หรือ D เป็นทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ใช้กับย่านความถี่ต่ำ

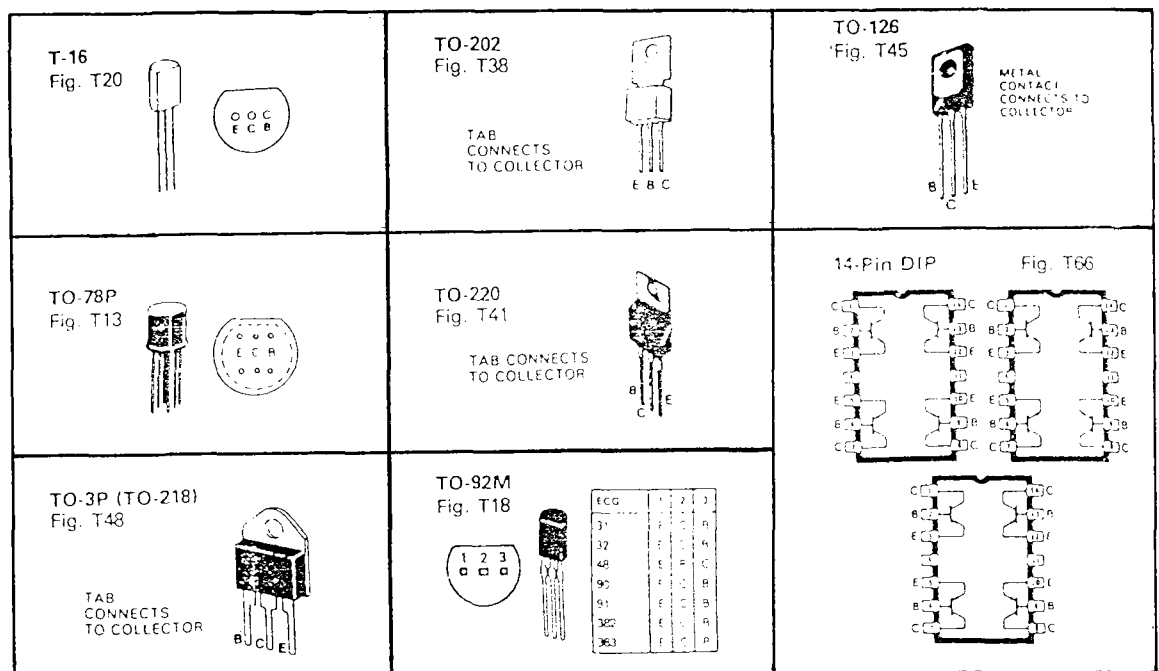


ภาพประกอบ 59 แสดงทรานซิสเตอร์ที่ทำมาจากเจอร์เมเนียม
(ที่มา : เจน สงสมพันธ์. 2531 : 173)

แต่อย่างไรก็ตามในยุคปัจจุบัน จำนวนของทรานซิสเตอร์ได้ผลิตออกมาสู่ตลาดมากขึ้น ทำให้การที่จะมาจัดระบบเหมือนเก่าไม่อาจจะกระทำได้อีกแล้ว อย่างทรานซิสเตอร์ 2SA ในยุคปัจจุบันบางตัวก็อาจเป็น NPN ได้ ดังนั้นการที่เราจะทราบว่าเป็น PNP ตัวไหนเป็น NPN และใช้งานกับความถี่ในช่วงไหน จำเป็นต้องมีคู่มือ หรืออยากทราบชนิดก็ตรวจสอบด้วยเครื่องมือวัด

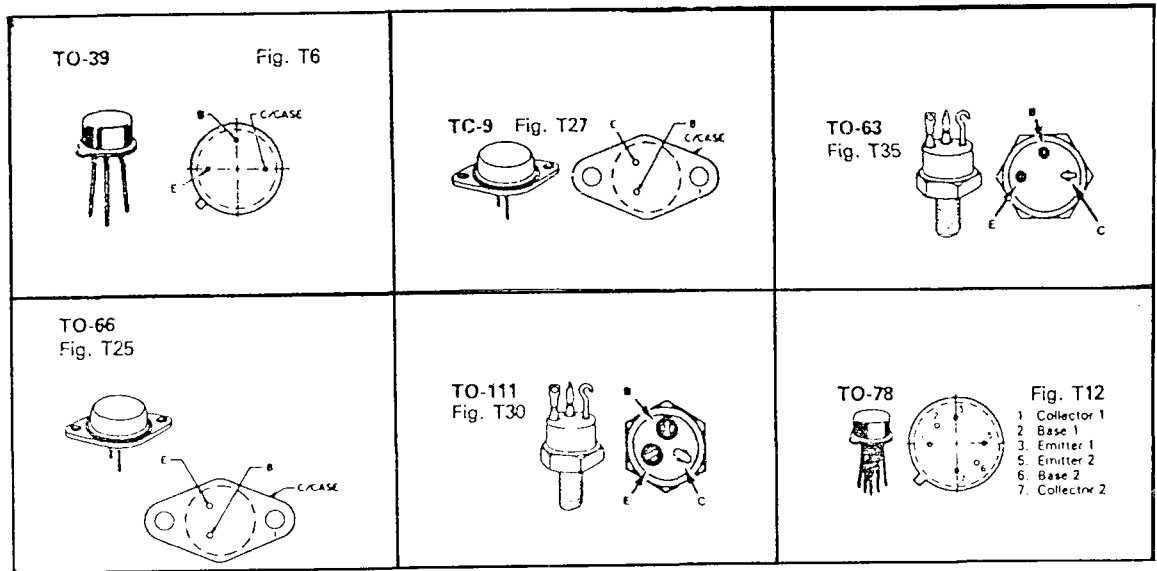
ทรานซิสเตอร์ที่ทำมาจากเจอร์เมเนียม สังเกตได้ง่ายเพราะทรานซิสเตอร์แบบนี้ตัวถังทำด้วยโลหะสีขาวเพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนอันเนื่องมาจากกระแสไหลวนในตัวเอง และอีกประการหนึ่งตัวถังที่เป็นโลหะนั้นสามารถระบายความร้อนได้ดีด้วย ทรานซิสเตอร์ชนิดนี้อาจจะมีขาที่ 4 (ขั้วชีลด์ : Shield) ด้วย ซึ่งขั้วชีลด์นี้จะต่อไว้กับตัวถัง และขั้ว C มักจะทำดาหนือเอาไว้ให้สังเกตด้วย

ส่วนทรานซิสเตอร์ที่เป็นชนิดซิลิคอนนั้น ตัวถังมักจะเป็นพลาสติกซึ่งมองเห็นเป็นสีดำหรือสีเทา ทรานซิสเตอร์ชนิดนี้การเรียงขั้วต่างๆ ไม่แน่นอน



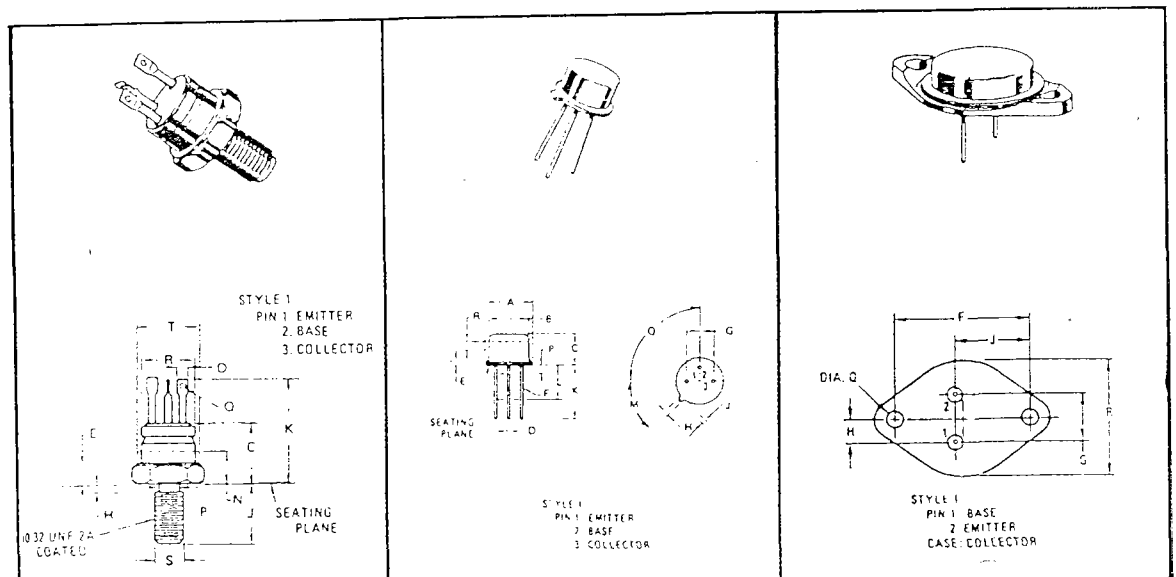
ภาพประกอบ 60 แสดงทรานซิสเตอร์ที่ทำมาจากซิลิคอน
(ที่มา : เจน สงสมพันธ์. 2531 : 174)

ทรานซิสเตอร์บางแบบแม้ว่าจะมีตัวถังโลหะ แต่ไม่ได้หมายความว่าทรานซิสเตอร์พวกนั้นจะเป็นพวกเจอร์เมเนียมทุกตัวไป ทรานซิสเตอร์ที่ทำมาจากซิลิคอนบางตัวที่ต้องการระบายความร้อนมากกว่าปกติจำเป็นต้องใช้ตัวถังแบบนี้เหมือนกัน แต่สิ่งที่แตกต่างกันออกไปจากเจอร์เมเนียมธรรมดาก็คือตัวถังอาจจะใหญ่กว่าและไม่เรียบเหมือนชนิดธรรมดา ที่สำคัญคือจะมีครีบเป็นจุดสังเกตขั้วติดอยู่กับตัวถังด้วย



ภาพประกอบ 61 แสดงรูปร่างทรานซิสเตอร์ที่ใช้ตัวถังโลหะ
(ที่มา : เจน สงสมพันธ์. 2531 : 174)

ส่วนทรานซิสเตอร์ที่ใช้ในวงจรขยายกำลังสูงๆ นั้น จำเป็นจะต้องมีการระบายความร้อนที่ดีกว่าทรานซิสเตอร์ธรรมดา ฉะนั้นแม้ว่าชิพของทรานซิสเตอร์จะเล็กมาก แต่เพื่อการระบายความร้อนจึงสร้างตัวถังให้ใหญ่ขึ้น หรือถ้าเป็นตัวเล็กๆ ขยายกำลังไม่มากหรือรับกระแสได้ไม่มากก็อาจจะทำเป็นพลาสติกและจะมีฐานโลหะโผล่ออกมาเพื่อติดแผ่นระบายความร้อน (Heat Sink) แต่ไม่ใช่เฉพาะตัวถังแบบพลาสติกเท่านั้นที่ต้องการแผ่นระบายความร้อน ตัวถังโลหะก็ต้องการด้วยเช่นกัน ทรานซิสเตอร์พวกนี้เราเรียกว่า “เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์” (Power Transistor)



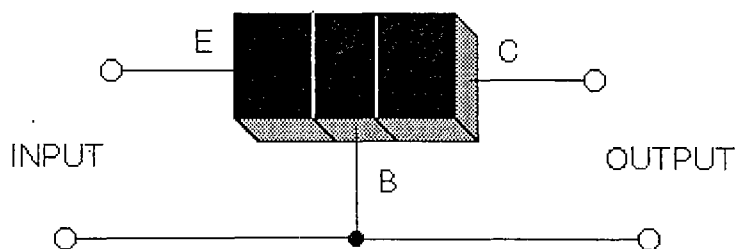
ภาพประกอบ 62 แสดงเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์
(ที่มา : เจน สงสมพันธ์. 2531 : 175)

การทำงานของทรานซิสเตอร์

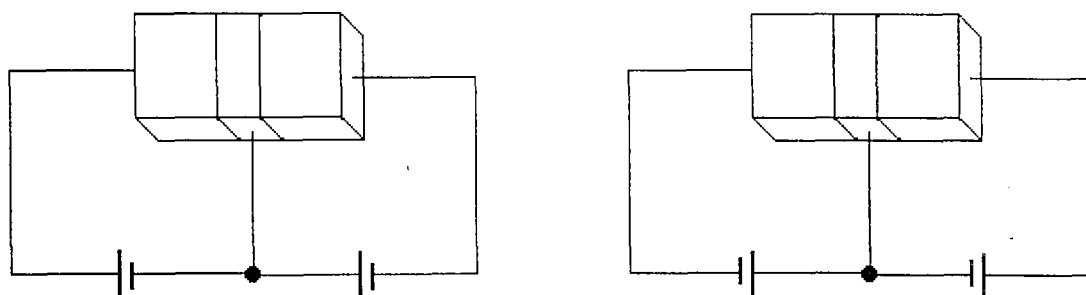
การที่จะทำให้เกิดการไหลของกระแสหรือให้ทรานซิสเตอร์ทำงานได้นั้น จำเป็นจะต้องให้ไบอัสแก่ทรานซิสเตอร์ และกระแสที่ปรากฏทางด้านเอาต์พุตจะต้องสามารถควบคุมกระแสได้ด้วย จึงจะทำให้ทรานซิสเตอร์สามารถขยายสัญญาณได้

การทำงานของทรานซิสเตอร์ ต้องเข้าใจการไหลในรูปของโฮลและอิเล็กตรอน รวมถึงการไบอัสด้วย ซึ่งการไบอัสในวิชาอิเล็กทรอนิกส์ให้คำจำกัดความสั้นๆ ได้ว่า การทำให้สิ่งประดิษฐ์อิเล็กทรอนิกส์อยู่ในสภาพพร้อมที่จะทำงานนั่นเอง ในกรณีของทรานซิสเตอร์ ทรานซิสเตอร์มีขั้ว 3 ขั้ว การให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เหมาะสมหรือไบอัสที่ถูกต้องจะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานได้ ถ้านำมาทำเป็นวงจรขยายก็สามารถทำการขยายได้ดีที่สุด

เนื่องจากทรานซิสเตอร์มีขั้วเพียง 3 ขั้วเท่านั้น เมื่อพิจารณาโครงสร้างของวงจรไฟฟ้าแล้ว ต้องมีอินพุตและเอาต์พุต เมื่อให้ขั้วหนึ่งเป็นอินพุต ขั้วหนึ่งเป็นเอาต์พุต ขั้วที่เหลือก็ต้องเป็นจุดร่วมระหว่างอินพุตกับเอาต์พุต (Common) จากหลักการดังกล่าวกำหนดให้ระหว่าง B กับ E เป็นอินพุต (Input) และระหว่าง B กับ C เป็นเอาต์พุต (Output)



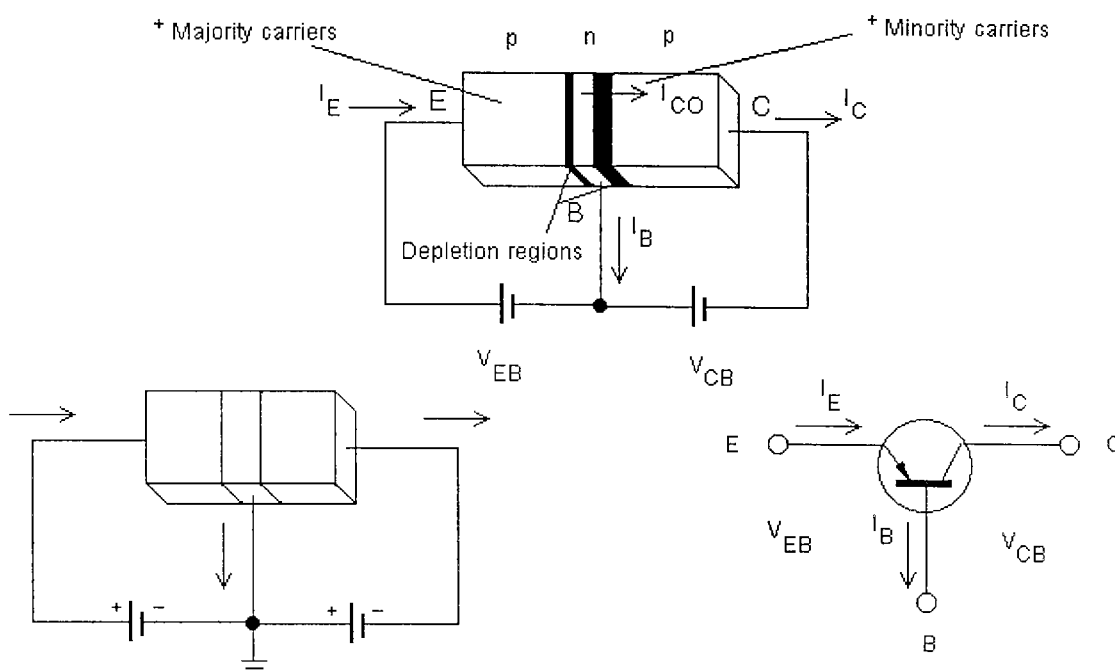
ก. แสดงอินพุตและเอาต์พุต



ข. แสดงการให้ไบอัสกับทรานซิสเตอร์

ภาพประกอบ 63 แสดงหลักการพื้นฐานของทรานซิสเตอร์
(ที่มา : เจน สงสมพันธ์. 2531 : 176)

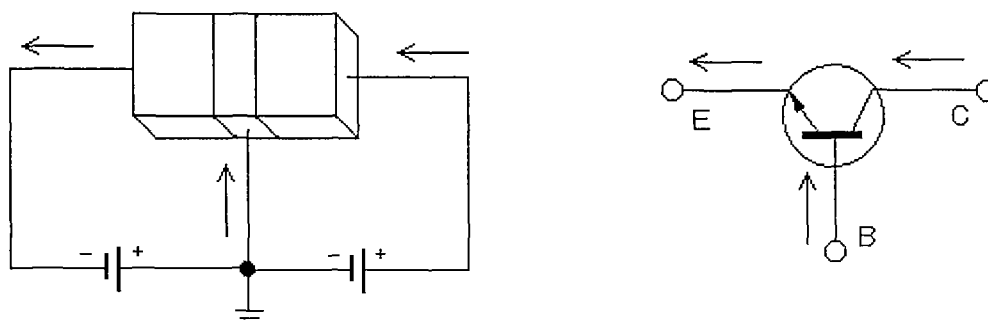
ทรานซิสเตอร์สร้างมาจากหลักการให้กระแสทางด้านอินพุตไปควบคุมกระแสเอาต์พุต ดังนั้นเวลาที่เราจะให้ไบอัสก็เช่นกัน ไบอัสทางด้านเอาต์พุตนั้นจะต้องให้ไบอัสแบบรีเวิร์ส ถ้าให้ไบอัสแบบฟอร์เวิร์ดจะทำให้กระแสทางด้านเอาต์พุตเป็นอิสระจากอินพุตจนไม่สามารถควบคุมการไหลของมันได้ ส่วนทางด้านอินพุตต้องให้เป็นฟอร์เวิร์ด ดังภาพประกอบ 63 และแรงเคลื่อนฟอร์เวิร์ดนี้ไม่จำเป็นจะต้องเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่มีค่าสูงแต่อย่างไร ถ้าให้กระแสอินพุตสูงเกินไปจะทำให้ กระแสเอาต์พุตเกิดการอิ่มตัวก่อนได้



ภาพประกอบ 64 แสดงการทำงานของทรานซิสเตอร์ชนิด PNP

(ที่มา : เจน สงสมพันธ์. 2531 : 176)

จากภาพประกอบ 64 เมื่อให้เบสกับอิมิตเตอร์ได้รับไบอัสแบบฟอร์เวิร์ด จะทำให้เกิดกระแสไหลจาก E ไปยัง B (ตามทิศทางหัวลูกศร) แต่เนื่องจากว่า ขั้ว B นั้น เป็นสารที่โด๊ปมีพื้นที่น้อยมาก จะทำให้ประจุจำนวนมากของโฮลมารวมกันที่ขั้วเบสเพื่อจะครบวงจร ถ้าใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้าขั้วลบมากๆ มาดึงทางด้าน C ก็จะทำให้เกิดการไหลของกระแสได้ กระแสที่ไหลนี้เราเรียกว่า “กระแสคอลเลคเตอร์” (I_C) ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า $I_E = I_B + I_C$



ภาพประกอบ 65 แสดงการทำงานของทรานซิสเตอร์ชนิด NPN
(ที่มา : เจน สงสมพันธ์. 2531 : 176)

จากภาพประกอบ 65 สำหรับทรานซิสเตอร์ชนิดเอ็นพีเอ็น. ก็เช่นกัน ถ้าให้ไบอัสทางด้านอินพุตเป็นฟอร์เวิร์ด ให้ทางเอาต์พุตเป็นรีเวิร์ส ลักษณะเช่นนี้ถ้าใช้กระแสเบสเป็นหลัก ก็จะได้ทิศทางการไหลของกระแสทางด้านอินพุตจากขั้ว B ไปยังขั้ว E แต่อย่างไรก็ตามอย่างที่ทราบมาแล้วว่าขั้วเบสนั้นได้ป้อนไว้แค่นิดเดียวจึงทำให้ประจุส่วนใหญ่ไม่สามารถไหลผ่านไปได้ ต้องการเอาแรงเคลื่อนไฟฟ้าบวกสูงๆ มาผลักดันประจุเหล่านี้ให้เคลื่อนที่ไปยังขั้วอิมิตเตอร์ ฉะนั้นที่ขั้วคอลเลคเตอร์จึงต้องให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าบวกสูงๆ เอาไว้ และเช่นเดียวกันเมื่อสังเกตทิศทางการไหลของกระแสแล้วสามารถสรุปได้ว่า

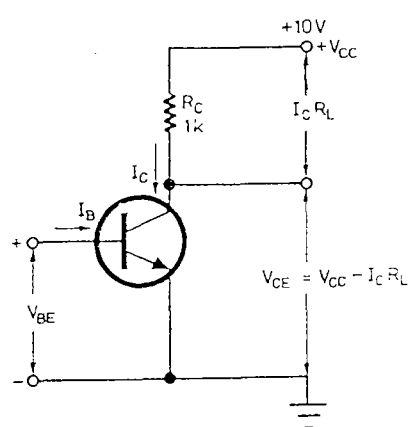
$$I_E = I_B + I_C$$

การไล่ทิศทางการไหลของกระแสอีกแบบหนึ่งนิยมไล่จากขั้วลบไปหาขั้วบวก เรียกว่า การไล่แบบกระแสอิเล็กตรอนนั้น ทิศทางของกระแสจะทวนหัวลูกศรของทรานซิสเตอร์ แต่อย่างไรก็ตามผลที่ได้จะออกมาเหมือนกันทุกประการ ทั้งนี้เพราะเป็นการไหลของกระแสไบ - โพลาร์ คือ การแลกเปลี่ยนประจุกันระหว่างโฮลกับอิเล็กตรอนนั่นเอง

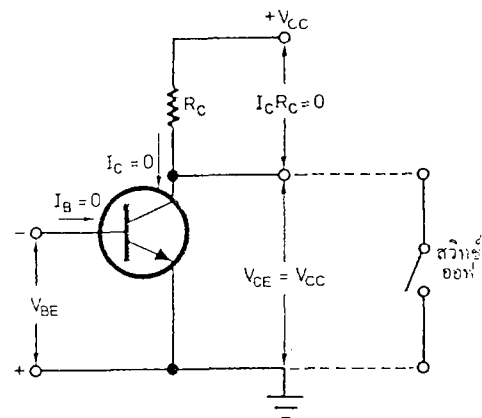
การใช้ทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์

ทรานซิสเตอร์มีลักษณะสมบัติการทำงานได้สามสถานะ คือ แยกดีฟ คัทออฟ และอิ่มตัว ถ้าให้ทรานซิสเตอร์ทำงานอยู่ในสภาวะคัทออฟและอิ่มตัว แสดงว่าทรานซิสเตอร์มีคุณสมบัติเป็นสวิตช์ ในขณะที่ทรานซิสเตอร์คัทออฟจะมีกระแสไหลได้เพียงเล็กน้อยจนเสมือนไม่มีกระแสไหล หรือเป็นสวิตช์ในสภาวะเปิดวงจร (OFF) และเมื่อทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะอิ่มตัว จะมีกระแสไหลผ่านตัวทรานซิสเตอร์ได้มากเสมือนกับว่าทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะออนปิดวงจร (ON)

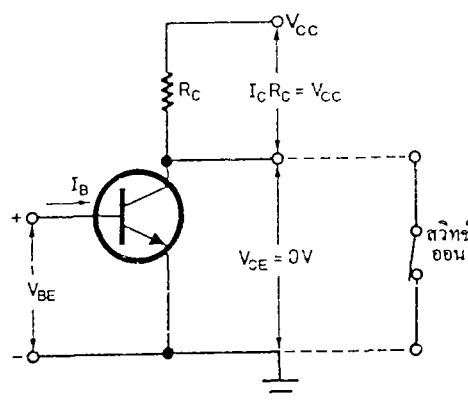
การใช้ทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์ในอุดมคติ



(ก) วงจรอิมิตเตอร์ร่วม



(ข) กรณีที่สวิตช์ออฟ



ภาพประกอบ 66 แสดงวงจรทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์

(ที่มา : ยืน ภู่วรรณ. 2521 : 28)

จากภาพประกอบ 66 (ก) เป็นวงจรทรานซิสเตอร์ชนิดอิมิตเตอร์ร่วมที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ โดยตัวทรานซิสเตอร์เสมือนให้กับโหลด R_L ที่ต่อระหว่าง V_{CC} กับขั้วคอลเลคเตอร์ของตัวทรานซิสเตอร์ ส่วนขั้วอิมิตเตอร์ต่อลงกราวด์ ทรานซิสเตอร์จะกระทำตัวคล้ายกับสวิตช์ ซึ่งจะสวิตช์ปิด - เปิด ระหว่างขั้วคอลเลคเตอร์กับอิมิตเตอร์ ส่วนแรงดันอินพุตที่ต่อเข้าที่ขั้วเบสทำหน้าที่เป็นส่วนควบคุมการทำงานของสวิตช์ พิจารณาตามกฎของเคียชโอฟพบว่า ส่วนของแรงดันไฟฟ้า V_{CC} สามารถหาได้จาก

$$V_{CC} = V_{CC} - I_C R_L$$

เมื่อแรงดันไฟฟ้าที่เบส - อิมิตเตอร์มีค่าเป็นศูนย์ หรือไบอัสกลับที่ขั้วเบสอิมิตเตอร์ ส่วนของกระแส I_B จะมีค่าเป็นศูนย์ด้วย กระแสคอลเลคเตอร์จะมีค่าประมาณเท่ากับศูนย์ด้วย ในภาวะเช่นนี้ทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะคัทออฟ นั่นคือแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมโหลดจะมีค่าเป็นศูนย์ (เพราะกระแส $I_C = 0$)

แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม V_{CE} หาได้จาก

$$\begin{aligned} V_{CE} &= V_{CC} - (0 \times R_L) \\ &= V_{CC} \end{aligned}$$

นั่นคือเมื่อทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะคัทออฟ แรงดันที่คอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์จะมีค่าประมาณเท่ากับแรงดัน V_{CC}

เมื่อทำให้แรงดันไฟฟ้าที่เบสมีค่าเป็นบวก หรือป้อนกระแส I_B จนทำให้ทรานซิสเตอร์อิ่มตัว จะทำให้มีกระแสคอลเลคเตอร์ I_C ไหลได้เป็นจำนวนมากมาย ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมโหลดจะมีค่าเป็น $I_C R_L$ ซึ่งมีค่าประมาณได้เท่ากับ V_{CC} และจากสมการเดิมสามารถหา V_{CE} ได้เป็น

$$\begin{aligned} V_{CE} &= V_{CC} - V_{CC} \\ &\approx 0 \text{ โวลต์} \end{aligned}$$

หรือกล่าวได้ว่าทรานซิสเตอร์อิ่มตัวหรืออนเป็นผลทำให้ V_{CE} มีค่าประมาณเท่ากับศูนย์ จากลักษณะสมบัติทางอุดมคตินี้เอง แสดงให้เห็นว่ากำลังสูญเสียที่เกิดขึ้นกับทรานซิสเตอร์จะมีค่าเป็นศูนย์ด้วยเพราะ

$$P_D = I_C \times V_{CE}$$

เมื่อคิดว่าทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะคัทออฟ $I_C = 0$

$$P_D = 0 \times V_{CE} = 0$$

เมื่อคิดว่าทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะอิ่มตัว $V_{CE} = 0$

$$P_D = I_C \times 0 = 0$$

การใช้ทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์ตามความเป็นจริง

เพื่อให้เข้าใจลักษณะการใช้งานจริงๆ ของทรานซิสเตอร์ ต้องพิจารณาว่าการทำงานของทรานซิสเตอร์จะแตกต่างจากคุณสมบัติในทางอุดมคติเท่าใด สิ่งที่จะทำให้เห็นได้ชัด คือ กราฟลักษณะสมบัติของทรานซิสเตอร์ จากสมการเดิม เมื่อ $I_C = 0$, $V_{CE} = V_{CC} - 0$ ซึ่งค่า V_{CE} จะมีค่าเท่ากับ $V_{CC} = 10$ โวลต์ (ดูภาพประกอบ 66) ร่างจุด A ลงบนกราฟลักษณะสมบัติที่ $I_C = 0$ และ $V_{CE} = 10$ โวลต์ แต่เมื่อ $V_{CE} = 10$ โวลต์ หาค่า I_C ได้ดังนี้

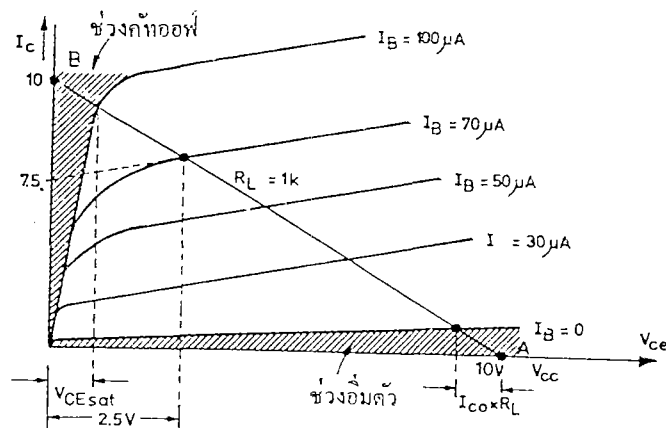
$$\begin{aligned} 0 &= V_{CC} - I_C R_L \\ I_C &= \frac{V_{CC}}{R_L} \\ &= \frac{10 \text{ V}}{1 \text{ k}\Omega} = 10 \text{ mA} \end{aligned}$$

ร่างจุด B ลงบนกราฟลักษณะสมบัติที่ $V_{CE} = 0$ และ $I_C = 10 \text{ mA}$ ลากเส้นสมการโหลด ซึ่งเป็นเส้นเชื่อมต่อ A B (ดูภาพประกอบ 67)

เส้นสมการโหลดนี้จะเป็นตัวบอกค่าความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า นั่นคือที่จุดค่ากระแส I_C มีค่าต่างๆ แรงดันไฟฟ้า V_{CE} มีค่าเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย พื้นที่ของกราฟในส่วนบริเวณแรเงาจะเป็นส่วนที่เรียกว่า “อิ่มตัว” และ “คัทออฟ”

เมื่อทำให้ทรานซิสเตอร์คัทออฟหรือให้กระแส $I_B = 0$ ดูจากกราฟจะเห็นว่าค่าแรงดันไฟฟ้า V_{CE} ที่ได้จะมีค่าน้อยกว่า V_{CC} นั่นคือจะต้องมีกระแสบางส่วนไหลผ่านทรานซิสเตอร์ได้บ้าง กระแสบางส่วนนี้เรียกว่า “กระแสรั่วไหล” (I_{CEO}) ดังนั้นค่าแรงดันไฟฟ้า V_{CE} จริงๆ สามารถคำนวณได้จาก

$$V_{CE} = V_{CC} - I_{CEO} R_L$$



ภาพประกอบ 67 กราฟแสดงลักษณะสมบัติของทรานซิสเตอร์
(ที่มา : ยืน ภู่วรวรรณ. 2521 : 28)

เมื่อ $V_{CC} = 10$ โวลต์, $R_L = 1 \text{ k}\Omega$ และ $I_{CEO} = 1 \text{ }\mu\text{A}$

$$\begin{aligned} V_{CE} &= 10 \text{ V} - (1 \text{ }\mu\text{A} \times 1 \text{ k}\Omega) \\ &= 9.999 \text{ โวลต์} \\ &\approx V_{CC} \end{aligned}$$

เมื่อพิจารณาทางด้านอิมิตต์บ้าง จะเห็นว่าเมื่อทรานซิสเตอร์เข้าสู่สภาวะอิมิตต์ แรงดันไฟฟ้า V_{CC} ที่เกิดขึ้นยังไม่มีค่าเป็นศูนย์จะมีค่าประมาณเท่ากับ $V_{CC \text{ sat}}$ (ประมาณ 0.2 โวลต์)

เงื่อนไขของการทำให้ทรานซิสเตอร์ออนหรืออิมิตต์

1. ถ้าทำการออกแบบหรือคำนวณค่า I_B และ I_C ได้จากวงจร ค่าที่ปรากฏเมื่อ $I_B > \frac{I_C}{h_{FE}}$

จะทำให้ทรานซิสเตอร์อิมิตต์

2. ทรานซิสเตอร์จะอิมิตต์เมื่อทำการไบอัสแรงดันระหว่างเบสอิมิตเตอร์ชนิดไบอัสตรง

เงื่อนไขของการทำให้ทรานซิสเตอร์ออฟหรือคัทออฟ

1. รอยต่อระหว่างเบสและอิมิตเตอร์จะอยู่ในลักษณะไบอัสกลับหรือแรงดัน V_{BE} มีค่าเป็น

ศูนย์

2. กระแสเบสมีค่าเท่ากับศูนย์

สิ่งหนึ่งที่ช่วยในการออกแบบการใช้ทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์ คือ การกำหนดค่า $h_{FE \min}$ หรือ ค่า h_{FE} ที่ต่ำที่สุดที่เป็นไปได้ ทรานซิสเตอร์จะอิ่มตัว เมื่อกำหนดอัตราส่วนของกระแส $\frac{I_C}{I_B} = h_{FE \min}$ ดังตัวอย่างเช่น

เมื่อต้องการออกแบบวงจรทรานซิสเตอร์ที่ใช้เป็นสวิตช์ โดยที่ $I_B = 0.2 \text{ mA}$ จงคำนวณหาค่า $h_{FE \min}$ สมมติวงจรที่ใช้เป็นวงจรภาพประกอบ 66 กรณีอิ่มตัว ค่า I_C หาได้จาก

$$\begin{aligned} I_C &= \frac{V_{CC}}{R_L} \\ &= 10 \text{ mA} \end{aligned}$$

ดังนั้น $h_{FE \min}$ ของทรานซิสเตอร์คือ

$$\begin{aligned} h_{FE \min} &= \frac{10 \text{ mA}}{0.2 \text{ mA}} \\ &= 50 \end{aligned}$$

นั่นหมายความว่า ใช้ทรานซิสเตอร์อะไรก็ได้ที่มีอัตราขยาย $h_{FE \min} > 50$ จะทำให้มันอยู่ในสภาวะอิ่มตัวได้

วงจรออสซิลเลเตอร์

ออสซิลเลเตอร์ มีความหมายในตัวเองแปลว่า “สิ่งที่แกว่งไปแกว่งมา” แต่ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ “ออสซิลเลเตอร์” หมายถึง “การเปลี่ยนแปลงไปมาของแรงดันหรือกระแสระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด” หรือก็คือ “วงจรกำเนิดสัญญาณ” นั่นเอง

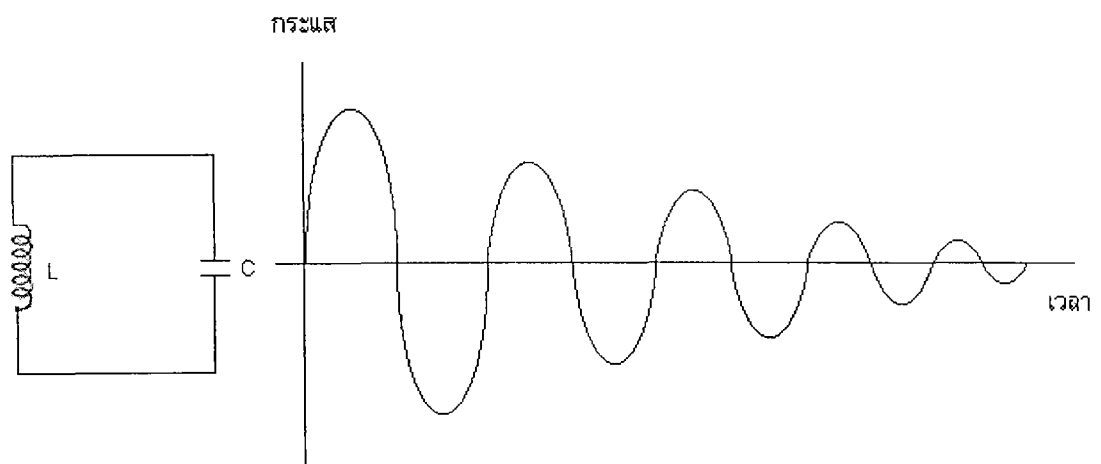
วงจรออสซิลเลเตอร์ส่วนใหญ่จะให้สัญญาณรูปไซน์ ดังนั้นวงจรออสซิลเลเตอร์จึงถูกนำมาใช้งานในวงจรเครื่องส่ง วงจรสร้างสัญญาณเสียงดนตรี วงจรในเครื่องมือพวกสร้างสัญญาณเสียงและเป็นวงจรต้นกำเนิดสัญญาณความถี่ต่างๆ

หลักการของวงจรออสซิลเลเตอร์

การแกว่งทางไฟฟ้า (Oscillation) วงจรมีตัวเก็บประจุ C ต่อขนานกับขดลวด L ถ้า C มีประจุไฟฟ้าจะเกิดการแกว่งทางไฟฟ้าด้วยความถี่ f ตามสมการ

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

แต่ถ้าอัมพล (Amplitude) ของการแกว่งต่ำลง เนื่องจากการสูญเสียพลังงานไปในการผ่านความต้านทานใน L ซึ่งอาจมีอยู่ เรียกว่า “การจาง” (Damping) ดังภาพประกอบ 68

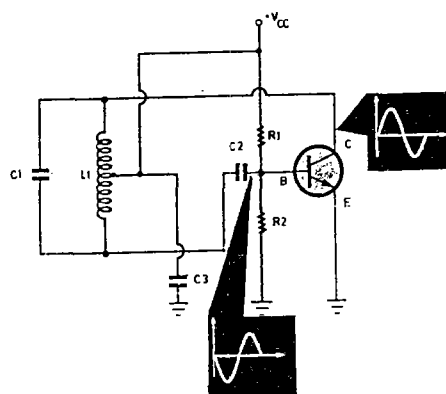


ภาพประกอบ 68 การแกว่งทางไฟฟ้าของวงจร LC และกราฟแสดงลักษณะการจาง
(ที่มา : แผนกวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2516 : 63)

การที่จะทำให้วงจร LC มีการแกว่งของกระแส โดยไม่มีการลดอัมพล ในทางปฏิบัติใช้วงจรขยายเข้าช่วย โดยให้สัญญาณการแกว่งจากวงจร LC เข้าทางอินพุทของวงจรขยาย วงจรขยายจะขยายสัญญาณให้มีขนาดใหญ่ขึ้น แต่จะกลับเฟสกับสัญญาณเดิม สัญญาณที่ขยายแล้วบางส่วนจะถูกส่งกลับมาที่วงจร LC แล้วเสริมเข้ามาทางอินพุทของวงจรขยาย สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จะกลับเฟสแล้วมาเสริมกับอินพุทของวงจรขยาย ทำให้มีการขยายสัญญาณใหญ่ขึ้นอย่างไม่มีที่สิ้นสุด การส่งกลับสัญญาณนี้ เรียกว่า “การป้อนกลับ” (Feed Back)

วงจรออสซิลเลเตอร์เบื้องต้น

วงจรออสซิลเลเตอร์เบื้องต้นที่ใช้ทรานซิสเตอร์แสดงให้เห็นดังภาพประกอบ 69



ภาพประกอบ 69 แสดงวงจรออสซิลเลเตอร์เบื้องต้น
(ที่มา : ยืน ภู่วรรณ. 2521 : 35)

วงจรออสซิลเลเตอร์ตามภาพประกอบ 69 มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “ฮาร์เลย์ออสซิลเลเตอร์” การทำงานของวงจรอาศัยหลักการป้อนกลับด้วยวงจรรีโซแนนซ์ ที่ประกอบด้วยตัวเก็บประจุ C_1 และตัวเหนี่ยวนำ L_1 สัญญาณป้อนกลับจากเอาต์พุตทางขั้วคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์จะป้อนกลับผ่านวงจรจูน เมื่อกลับเฟส 180° ป้อนเข้ามาทางเบสของทรานซิสเตอร์

สำหรับทรานซิสเตอร์ตัวต้านทาน R_1 และ R_2 จะเป็นตัวไบอัสทรานซิสเตอร์ให้ทำงานในลักษณะของวงจรขยายสัญญาณ ส่วนตัวเก็บประจุ C_2 เปรียบเสมือนเป็นตัวคัปปลิงสัญญาณเข้ามาทางอินพุต โดยปกติวงจรขยายชนิดขั้วอิมิตเตอร์รวมนั้นสัญญาณเอาต์พุตที่ได้ทางขั้วคอลเลคเตอร์จะมีทิศเฟสตรงข้ามกับสัญญาณทางอินพุตอยู่แล้ว คือ มีทิศทางเฟสต่างกัน 180° ของสัญญาณป้อนกลับจะมีทิศทางในทางเสริมกับสัญญาณอินพุตทันที วงจรก็จะออสซิลเลตได้

การทำงานในแต่ละรอบของการออสซิลเลต ในขณะเริ่มแรกของการออสซิลเลตจะมีการเปลี่ยนแปลงของกระแสคอลเลคเตอร์ซึ่งเป็นผลป้อนกลับมาจากด้านอินพุตทางเบสที่กระตุ้นเข้ามาที่เบสด้วยค่าแรงดันน้อยลงเป็นผลทำให้กระแสลดลงและแรงดันคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์จะสูงขึ้นเป็นเช่นนี้เรื่อยไป

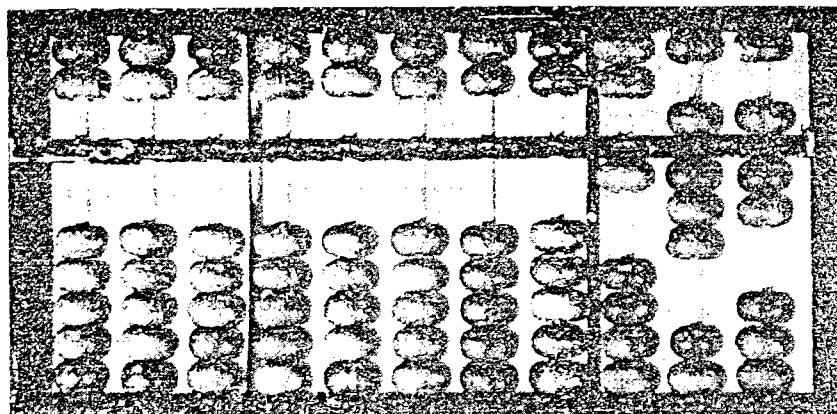
ตัวเก็บประจุ C_3 ของวงจรตามภาพประกอบ 69 เป็นทางผ่าน (Bypass) ของสัญญาณไฟสลับและในทำนองเดียวกันก็จะเป็นตัวกันแรงดันไฟตรงเพื่อไม่ให้ลดลงกราวความถี่ของวงจรได้จากความถี่รีโซแนนซ์ของ L_1 และ C_1 ซึ่งเราสามารถปรับค่าความถี่รีโซแนนซ์ได้ด้วยการปรับค่าของ L_1 หรือ C_1 นั้นเอง

ดิจิตอลไอซี

ปัจจุบันดิจิตอลอิเล็กทรอนิกส์ได้รับการกล่าวถึงมากที่สุด ทั้งนี้ก็เพราะว่าดิจิตอลนั้นสามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้างขวาง ไม่ต้องคำนวณให้ยุ่งยากก็สามารถที่จะออกแบบวงจรง่าย ๆ ใช้งานได้แล้ว การพัฒนาทางด้านนี้จึงก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว ระบบการแสดงผลแบบตัวเลขน่าจะเป็นจุดโดดเด่นที่สามารถแยกออกได้ทันทีว่าเป็นระบบดิจิตอล ที่จริงแล้วดิจิตอลไม่ได้มีความหมายหยุดอยู่เพียงเท่านั้น คำว่า “ดิจิต” อันเป็นรากฐานเดิมแปลตรงตัวได้ว่า การจัดเกี่ยวกับตำแหน่ง ดังนั้นระบบข้อมูลระบบควบคุมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งของสัญญาณจึงสามารถกระทำได้ด้วยดิจิตอล อย่างเช่น นาฬิกา เครื่องคิดเลข ระบบไฟจราจร ไฟวิ่ง แม้กระทั่งคอมพิวเตอร์

การพัฒนาทางด้านดิจิตอลขึ้นมา วัตถุประสงค์เดิมก็คือการใช้เพื่อคำนวณแทนเครื่องคำนวณแบบเก่า เช่น ลูกคิดซึ่งได้รับการพัฒนาขึ้นสุดยอดของประเทศจีน จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1614 จอห์น แนร์เปียร์ นักคณิตศาสตร์ชาวสก๊อต ผู้ซึ่งค้นพบฟังก์ชันของลอการิทึม และการคำนวณเชิงซ้อนหรือคอมเพล็กซ์ และในปี ค.ศ. 1632 วิลเลียม ออกเจอร์ต นักคณิตศาสตร์ชาวอังกฤษได้คิดเครื่องคำนวณที่เรียกว่า “สไลด์รูล” ขึ้นมา สามารถที่จะคำนวณคณิตศาสตร์ยากๆ ได้เร็วกว่าลูกคิดหลายเท่าตัว การคิดค้นสไลด์รูลมีพื้นฐานมาจากการคิดค้นของ จอห์น แนร์เปียร์ เป็นหลัก ในปี ค.ศ. 1642 ชาวฝรั่งเศส ซึ่งเป็นบุตรของนายพานิซย์ได้คิดค้นเครื่องคำนวณที่สามารถแสดงผลเป็นตัวเลขได้เป็นคนแรก โดยใช้วิธีการทางกลเข้าช่วย คือ “ปาสคาล” เขาเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่มีความเฉลียวฉลาด แต่ในชีวิตจริงนั้น ปาสคาลเป็นคนขี้เกียจ จึงได้คิดค้นสร้างเครื่องมือทุ่นแรงไว้ใช้อำนวยความสะดวกสบายหลายอย่าง และเป็นผู้คิดค้นทฤษฎีความเป็นไปได้ ซึ่งเป็นต้นแบบของวิชาสถิติในปัจจุบัน นอกจากนี้ปาสคาลยังสามารถคำนวณหน้าลูกเต๋า 6 ด้านได้อย่างถูกต้อง และประวัติของปาสคาลอีกด้านหนึ่งก็คือ การเป็นนักพนันตัวยงเมื่อครั้งยังวัยหนุ่ม แต่อย่างไรก็ตามการค้นพบเครื่องคำนวณของปาสคาลได้ทำให้เกิดการพัฒนาทางด้านนี้อย่างรวดเร็ว

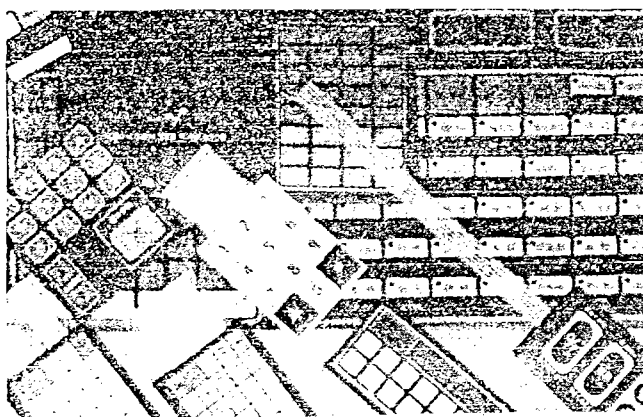
เครื่องคำนวณได้รับการพัฒนาอยู่ตลอดเวลา จนกระทั่งมาถึงยุคของหลอดสุญญากาศ ในปี ค.ศ. 1946 เครื่องคอมพิวเตอร์ระบบดิจิตอลเครื่องแรกก็ถูกประดิษฐ์ขึ้น โดยประยุกต์มาจากคอมพิวเตอร์ที่เป็นระบบบอานาล็อกของวิลเลียม ธอมป์สัน (หรือลอร์ดเคลวิน) ที่คิดค้นได้เป็นเครื่องแรก ในปี ค.ศ. 1876 และได้รับการพัฒนาคุณภาพโดยบริษัทไอบีเอ็ม และฮาเวิร์ด เอช ไอแคน นั่นคือการเดินเข้าสู่ยุคคอมพิวเตอร์ จนกระทั่งทศวรรษ 1970 ได้มีการพัฒนาไมโครโปรเซสเซอร์นี้เองที่ทำให้วงการอุตสาหกรรมเกิดความตื่นตัวทางคอมพิวเตอร์ระบบของเครื่องคำนวณให้เล็กลงเป็นขนาดกระเป๋าและราคาก็ถูกลงมาก



ก. ลูกคิดของชาวจีน เครื่องคำนวณสมัยโบราณ



ข. เครื่องคำนวณของปาสคาลที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลง



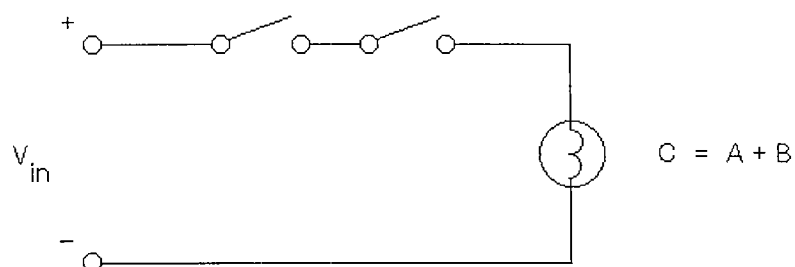
ค. เครื่องคำนวณที่ใช้ในปัจจุบัน

ภาพประกอบ 70 แสดงเครื่องคำนวณในสมัยต่าง ๆ
(ที่มา : เจน สงสมพันธ์. 2531 : 250)

เนื่องจากว่า “ดิจิทัล” มีการทำงานในลักษณะคล้ายกับสวิตช์ จึงมีสถานะอยู่เพียง 2 สถานะ คือ สถานะนำกระแส (ON) กับสถานะหยุดนำกระแส (OFF) ถ้าให้สัญญาณข้อมูลให้กับอินพุตมีความสอดคล้องกับเงื่อนไขภายในวงจรก็สามารถนำกระแสได้ตามเงื่อนไข ถ้าข้อมูลที่ให้สัญญาณเข้าไปไม่สอดคล้องกับเงื่อนไขวงจรนั้นๆ ก็ไม่สามารถนำกระแสได้ เรียกการทำงานลักษณะนี้ว่า การทำงานด้วย “ตรรกะ” หรือ “ลอจิก” (Logic) นั่นคือ ถ้าให้ลอจิก 1 เป็นรหัส ในกรณีที่วงจรสามารถนำกระแสได้ ให้ลอจิก 0 เป็นรหัส ในกรณีที่วงจรไม่นำกระแส แสดงว่าลอจิก 1 หมายถึง สวิตช์ “ON” ทำให้เอาต์พุตมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเกิดขึ้น ถ้าลอจิก 0 หมายถึง สวิตช์ “OFF” ทำให้เอาต์พุตมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็น “ศูนย์” หรือบางครั้งอาจจะใช้ว่า ลอจิก 1 คือ ไฟสูง (H = High) ลอจิก 0 คือ ไฟต่ำ (L = Low) ก็ได้ ซึ่งต่อไปนี้จะเป็นการทำงานของวงจรลอจิกเกทเบื้องต้น

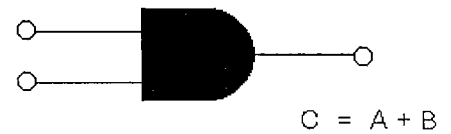
แอนด์เกท

ระบบตัวเลขที่จะนำมาใช้กับลอจิกเกทนั้น จะใช้ตัวเลขฐานสอง ซึ่งประกอบด้วย 0 กับ 1 เป็นหลัก ลักษณะเช่นนี้จะสอดคล้องกับการทำงานแบบสวิตช์ ดังนั้นถ้ามองในลักษณะของสวิตช์ สามารถเขียนลักษณะของแอนด์เกทในรูปของสวิตช์ได้ ดังนี้



ก. แอนด์เกทในลักษณะของสวิตช์

INPUT		OUTPUT	
A		B	C
0		0	0
0		1	0
1		0	0
1		1	1



ข. ตารางความเป็นจริง และสัญลักษณ์แอนด์เกต

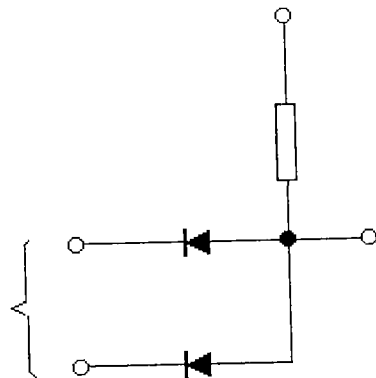
ภาพประกอบ 71 แสดงแอนด์เกตและลักษณะสมบัติ

(ที่มา : เจน สงสมพันธ์. 2531 : 251)

จากวงจร สวิตช์ A และสวิตช์ B ต่อกันในลักษณะอนุกรม ดังนั้นเอาต์พุตจะมีโวลต์ปรากฏออกมา เมื่อสวิตช์ทุกตัวมีลอจิกเป็น 1 หรือ "ON" นั่นเอง ถ้านำเอาหลอดไฟไปต่อไว้ทางเอาต์พุต เมื่อเอาต์พุตมีลอจิกเป็น 1 หลอดไฟก็จะสว่าง

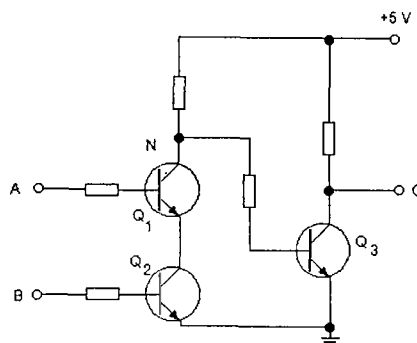
จะเห็นว่าสัญลักษณ์ของไอซีแอนด์เกต มีเอาต์พุตเพียงเอาต์พุตเดียว แต่ทางด้านอินพุตจะมีตั้งแต่ 2 อินพุตขึ้นไป อาจจะเป็น 2, 3, 4 หรือมากกว่านี้ก็ได้

วงจรแอนด์เกตนั้นสามารถสร้างวงจรได้จากไดโอด ทรานซิสเตอร์ หรือเฟต แต่ที่นิยมใช้กันมากที่สุดมีอยู่ 2 ตระกูล คือ ทีทีแอล (TTL) ซึ่งทำมาจากทรานซิสเตอร์ และซีมอส (CMOS) ซึ่งทำมาจากมอสเฟต สำหรับทีทีแอลใช้แรงไฟจากแหล่งจ่ายเพียง 5 โวลต์เท่านั้น ส่วนซีมอสใช้แรงไฟจากแหล่งจ่ายตั้งแต่ 3 - 15 โวลต์ ส่วนมากจะกำหนดเอาแรงเคลื่อนไฟฟ้าตั้งแต่ 3 โวลต์ขึ้นไป เป็นลอจิก 1 และถ้าต่ำกว่า 2.5 โวลต์ ก็ถือว่าเป็นลอจิก 0 อย่างไรก็ตามดิจิตอลก็ไม่ใช่มีเพียงเฉพาะทีทีแอลกับซีมอสเท่านั้น สามารถนำเอาไดโอดมาทำเป็นวงจรแอนด์เกตได้ด้วย เพราะไดโอดก็มีการทำงานในลักษณะของสวิตช์เช่นกัน การทำงานในลักษณะลอจิก 1 และ 0 ก็จะขึ้นอยู่กับค่าไบอัส



A	B	OUTPUT
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

ก. วงจรไดโอด แอนด์เกต



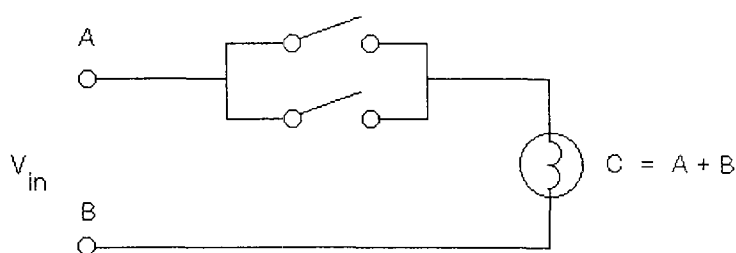
ข. วงจรรานซิสเตอร์ แอนด์เกต

ภาพประกอบ 72 แสดงโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของแอนด์เกต
(ที่มา : เจน สงสมพันธ์. 2531 : 252)

ข้อจำกัดของไดโอดแอนด์เกตก็คือ ถ้าต้องการให้สัญญาณอินพุตเป็นลอจิก 0 จะต้องลัดวงจรอินพุตลงกราวด์ ซึ่งวงจรที่แอลหรือซีมอสนั้นอาจจะไม่จำเป็นก็ได้ ส่วนลอจิก 1 นั้น จะต้องจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้า + V_{cc} ให้กับวงจร สรุปได้ว่า แอนด์เกต เอาท์พุทจะมีลอจิกเป็น 0 เสมอ ยกเว้นกรณีที่มีอินพุตทุกอินพุต เป็นลอจิก 1

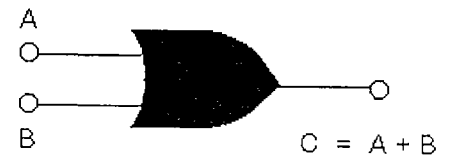
ออร์เกต

วงจรออร์เกตเปรียบเสมือนกับการต่อสวิตช์ไฟฟ้าขนานกัน เพียงแต่ปิดสวิตช์ (Close Circuit) ตัวใดตัวหนึ่งในวงจรเท่านั้น ก็จะทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายเข้ามาปรากฏทางเอาท์พุท ถ้านำหลอดไฟมาต่อตรงจุดเอาท์พุท จะเห็นว่าถ้าปิดสวิตช์ตัวใดตัวหนึ่งเท่านั้นหลอดไฟก็จะติดขึ้นมา ดังนั้นสามารถเขียนเป็นตัวเลขลอจิกได้ดังตารางทรูเทเบิล (Truth Table) หรือตารางความเป็นจริง สรุปได้ว่า ออร์เกต จะมีเอาท์พุทเป็นลอจิก 1 เสมอ ยกเว้นอินพุตทุกตัวเป็นลอจิก 0



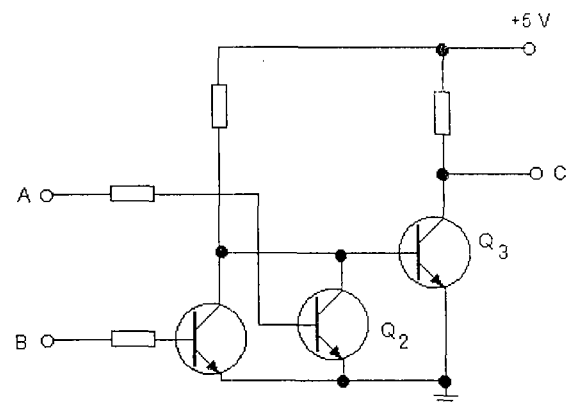
ก. ออร์เกตในลักษณะของสวิตช์

INPUT		OUTPUT
A	B	C
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



ข. ตารางความเป็นจริงและสัญลักษณ์ ออร์เกท

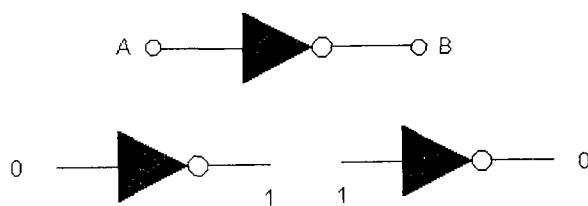
ภาพประกอบ 73 แสดงออร์เกทและลักษณะสมบัติ
(ที่มา : เจน สงสมพันธ์. 2531 : 253)



ภาพประกอบ 74 แสดงวงจรทรานซิสเตอร์ ออร์เกท
(ที่มา : เจน สงสมพันธ์. 2531 : 254)

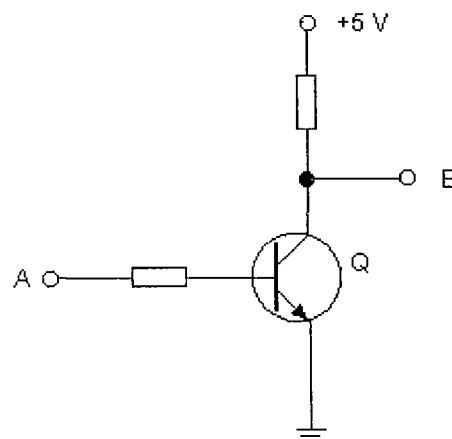
น็อดเกต หรืออินเวอร์เตอร์

น็อดเกต หรืออินเวอร์เตอร์ เป็นเรื่องของตรรกะในทางตรงข้าม เช่น ถ้ามีสงคราม ก็จะไม่มีความสันติภาพ ถ้าไม่มีสงครามก็จะมีสันติภาพ ดังนั้นการทำงานของน็อดเกตจะมีผลเป็นตรงข้ามทุกครั้งไป คือ ถ้าให้สัญญาณลอจิก 1 เข้าไปทางอินพุต ทางเอาต์พุตก็จะเป็นลอจิก 0 ถ้าให้สัญญาณอินพุตเป็นลอจิก 0 ก็จะได้เอาต์พุตเป็นลอจิก 1 เพราะฉะนั้น อินเวอร์เตอร์จึงมี 1 อินพุตและ 1 เอาต์พุตเท่านั้น



INPUT	OUTPUT
A	B
1	0
0	1
$B = A$	

ก. สัญลักษณ์ และตารางความเป็นจริง



ข. วงจรรานซิสเตอร์ อินเวอร์เตอร์

ภาพประกอบ 75 แสดงอินเวอร์เตอร์ หรือน็อดเกต
(ที่มา : เจน สงสมพันธ์. 2531 : 255)

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับสื่อการสอน

ความหมายของสื่อการสอน

เบรื่อง กุมุท (2515 : 1) กล่าวว่า สื่อการสอน หมายถึง สิ่งต่างๆ ที่ใช้เป็นเครื่องมือหรือช่องทางสำหรับการสอนส่งไปถึงผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ หรือจุดมุ่งหมายที่ผู้สอนวางไว้ได้เป็นอย่างดี

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ และคนอื่นๆ (2523 : 112) ได้ให้ความหมายของสื่อการสอนไว้ว่า หมายถึง วัสดุ (สิ่งเปลือง) อุปกรณ์ (เครื่องมือที่ไม่ผู้ใ้ถ่าย) และวิธีการ (กิจกรรมละคร การทดลอง) ที่ใช้เป็นสื่อกลางให้ผู้สอนสามารถส่งหรือถ่ายทอดความรู้ เจตคติและทักษะไปสู่ผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ไชยยศ เรืองสุวรรณ (2526 : 61) ได้ให้ความหมายของสื่อการเรียนการสอนว่า หมายถึง สิ่งต่างๆ ที่ใช้เป็นตัวกลางในกระบวนการเรียนการสอน (หรือการสื่อสารในการเรียนการสอน) เพื่อให้การสอนนั้นดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพตามจุดมุ่งหมาย

บุญยฤทธิ์ คงคาเพชร (2526 : 1) กล่าวว่า สื่อการสอน หมายถึง วัสดุอุปกรณ์ วิธีการ หรือเทคนิคต่างๆ ที่เป็นเครื่องช่วยถ่ายทอดหรือนำความรู้จากแหล่งความรู้ที่ครูผู้สอนต้องการไปยังผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายที่ครูตั้งไว้

นิคม ทาแดง (2528 : 81) ได้ให้ความหมายสื่อการสอนว่า หมายถึง สิ่งต่างๆ ทั้งทางด้านกายภาพและจิตภาพ ที่ก่อให้เกิดสถานการณ์ ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เนื้อหาที่เป็นความรู้ กระบวนการวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ สิ่งต่างๆ นั้น ได้แก่ วัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักรของจริงและสัญลักษณ์ต่างๆ รวมทั้งสถานการณ์ที่เกิดจากกิจกรรมของผู้สอนและผู้เรียน

กิดานันท์ มลิทอง (2531 : 76) กล่าวว่า สื่อการสอน หมายถึง ตัวกลางที่ช่วยนำและถ่ายทอดข้อมูลความรู้จากครูผู้สอนหรือแหล่งความรู้ไปยังผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถบรรลุถึงวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้

ซอรัส (สนอง ทองปาน. 2537 : 25 - 26 ; อ้างอิงมาจาก Shores. 1960 : 1) กล่าวว่า สื่อการสอนเป็นเครื่องมือช่วยสื่อความหมายใดๆ ก็ตามที่จัดโดยครูและนักเรียน เพื่อเสริมการเรียนรู้ เครื่องมือการสอนทุกชนิดเป็นสื่อการสอน

บราวน์ และคนอื่นๆ (Brown and Others 1973 : 84) กล่าวว่า สื่อการสอนก็หมายถึง จำพวกอุปกรณ์ทั้งหลายที่สามารถช่วยเสนอความรู้ให้แก่ผู้เรียนจนเกิดผลการเรียนที่ดี ทั้งนี้รวมถึง กิจกรรมต่างๆ ที่ไม่เฉพาะแต่สิ่งที่เป็นวัตถุหรือเครื่องมือเท่านั้น เช่น การศึกษานอกสถานที่ การสาธิต การทดลอง ตลอดจนการสัมภาษณ์ เป็นต้น

ไฮนิชและคณะ (Heinich and Others. 1989 : 8) ได้ให้ความหมายของสื่อการสอนไว้ว่า สื่อการสอน หมายถึง สื่อ หรือตัวกลางชนิดใดก็ตาม ไม่ว่าจะเป็นเทปบันทึกเสียง สไลด์ วิทยุ โทรทัศน์ วีดีโอ แผนภูมิ ภาพนิ่ง ซึ่งบรรจุเนื้อหา ข้อความเกี่ยวกับการเรียนการสอน

จากความหมายของสื่อการสอนที่นักการศึกษาหลายๆ ท่าน ได้กล่าวไว้ข้างต้น สรุปได้ว่า สื่อการสอน หมายถึง การนำเอาวัสดุอุปกรณ์ วิธีการและเครื่องมือมาเป็นสื่อกลางในการให้การ ศึกษาแก่ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจ บรรลุจุดมุ่งหมายในการเรียนการสอนอย่าง มีประสิทธิภาพ

ประเภทของสื่อการสอน

สื่อการสอนสามารถจำแนกประเภทได้หลายลักษณะขึ้นอยู่กับเกณฑ์การพิจารณาในด้าน ต่างๆ นักการศึกษาได้แบ่งประเภทของสื่อการสอนออกเป็นหลายแบบ ตามแต่ทัศนะ ดังนี้

Gerlach and Ely (1980 : 247 - 251) ได้จำแนกสื่อการสอนเป็น 6 ประเภท ดังนี้

1. ภาพนิ่ง (Still Picture)
2. การบันทึกเสียง (Audio Recording)
3. ภาพเคลื่อนไหว (Motion Picture)
4. โทรทัศน์ (Television)
5. ของจริง การจำลองสถานการณ์และแบบจำลอง (Real Things, Simulation, and Model)
6. คอมพิวเตอร์เพื่อการเรียนการสอน (Programmed and Computer Assisted Instruction)

Edgar Dale (1960 : 3) ได้แบ่งสื่อการสอนตามลักษณะประสบการณ์ของผู้เรียนที่จะได้ รับจากการใช้สื่อจากการใช้ประสบการณ์ตรงหรือรูปธรรม (Concrete) ไปสู่ประสบการณ์นามธรรม (Abstract) ตามลำดับ ดังนี้

1. ประสบการณ์ตรงที่ผู้เรียนเจตนารับเป็นสื่อของจริง
2. ประสบการณ์จำลอง
3. ประสบการณ์นาฏการ
4. การสาธิต
5. การศึกษานอกสถานที่
6. นิทรรศการ
7. โทรทัศน์การศึกษาและภาพยนตร์
8. ภาพนิ่ง วิทยู การบันทึกเสียง
9. ทัศนสัญลักษณ์
10. วจนสัญลักษณ์

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2523 : 112) ได้แบ่งประเภทของสื่อการสอนไว้ 3 ประเภท คือ

1. วัสดุ หมายถึง สิ่งช่วยสอนที่มีการผูกพันเปลี่ยนแปลง เช่น ซอส์ค फिल्म ภาพถ่าย กล้องถ่ายรูป เครื่องฉายภาพยนตร์ สไลด์
2. อุปกรณ์ หมายถึง สิ่งช่วยสอนที่เป็นเครื่องมือ เช่น กระดานดำ กล้องถ่ายรูป เครื่องฉายภาพยนตร์ เครื่องรับโทรทัศน์
3. กระบวนการและวิธีการ ได้แก่ การจัดระบบ การสาธิต การทดลอง เกมและกิจกรรมต่างๆ โดยเฉพาะกิจกรรมที่ครูจัดทำขึ้น และมุ่งให้นักเรียนปฏิบัติ

ไชยยศ เรืองสุวรรณ (2526 : 141) ได้แบ่งสื่อการสอนตามลักษณะรูปร่างของสื่อออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. สื่อประเภทเครื่องมือ เป็นสื่อที่ได้มาจากความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์แขนงวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เช่น เครื่องฉายต่างๆ เครื่องเสียง โทรทัศน์
2. สื่อประเภทวัสดุ หมายถึง สื่อที่เป็นผลผลิตมาจากวิทยาศาสตร์ เป็นวัสดุที่มีการผูกพันเปลี่ยนแปลงได้ง่าย เช่น แผนที่ แผนภูมิ फिल्म แผ่นโปร่งใส เป็นต้น
3. สื่อประเภทวิชาการ หมายถึง สื่อประเภทเทคนิค ระบบ กระบวนการต่างๆ เช่น การสาธิต การศึกษานอกสถานที่ การทดลอง นิทรรศการ เป็นต้น
4. สื่อประสม หมายถึง การนำสื่อประเภทต่างๆ ทั้งที่เป็นเครื่องมือ วัสดุและวิธีการมาใช้ร่วมกันอย่างมีความสัมพันธ์ในลักษณะที่สื่อแต่ละอย่างส่งเสริมสนับสนุนซึ่งกันและกัน เช่น บทเรียนแบบโปรแกรม ชุดการเรียนการสอน บทเรียนทางคอมพิวเตอร์ ชุดอุปกรณ์ ชุดสื่อประสม

อีไล (Ely. 1982 : 156) ได้แบ่งสื่อการสอนตามลักษณะของทรัพยากรการเรียนรู้ (Learning Resources) โดยแบ่งเป็น 5 ประเภท คือ

1. คน (People) ได้แก่ บุคลากรที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอน เช่น ครู ผู้บริหาร นักแนะแนวการศึกษา ผู้บริการ ผู้ช่วยต่างๆ หรือผู้เชี่ยวชาญต่างๆ ที่มาช่วยในการเรียนรู้ เช่น วิทยากร เป็นต้น
2. วัสดุ (Materials) ได้แก่ หนังสือ สไลด์ फिल्मสตริป แผนที่ แผนภูมิ แผ่นโปร่งใส เทปบันทึกภาพ รวมทั้งวัสดุที่ใช้ในการศึกษา แต่อยู่ในรูปแบบอื่นๆ เช่น ในแบบของความบันเทิง เช่น ภาพยนตร์ สารคดี นิทรรศการ เป็นต้น
3. อาคารสถานที่ (Setting) ได้แก่ อาคาร ตึก สิ่งก่อสร้างต่างๆ รวมทั้งสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา เช่น อาคารเรียน ห้องสมุด หอประชุม โรงอาหาร โรงยิมเนเซียม ห้องโสตทัศนศึกษา เป็นต้น รวมถึงสิ่งที่ให้การศึกษาเพิ่มเติม เช่น พิพิธภัณฑ์ โรงงาน ตลาด สถานที่สำคัญทางประวัติศาสตร์ เป็นต้น
4. เครื่องมือและอุปกรณ์ (Tools and Equipment) ได้แก่ โสตทัศนูปกรณ์ และเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ เช่น เครื่องฉายเอกสาร เครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นต้น
5. กิจกรรม (Activities) ได้แก่ เทคนิควิธีการต่างๆ ที่จัดขึ้นเพื่อการเรียนการสอน เช่น เกมส์ สถานการณ์จำลอง การสาธิต การทดลอง การทำงานเป็นกลุ่ม การศึกษานอกสถานที่ เป็นต้น

เดอ คีบบอร์ (De Kiebbber. 1965 : 1) ได้แบ่งสื่อออกเป็น 3 ประเภท ตามลักษณะที่ใช้ ซึ่งเรียกว่าเป็นโสตทัศนูปกรณ์ (Audio - Visual Aids) ได้แก่

1. สื่อประเภทเครื่องฉาย (Projected Aids) ได้แก่ เครื่องฉายภาพข้ามศีรษะ เครื่องฉายภาพยนตร์ เครื่องฉายสไลด์ ฟลิ้มสตรีป เป็นต้น

2. สื่อประเภทมีไม่ใช้เครื่องฉาย (Nonprojected Aids) ได้แก่ ภาพนิ่ง แผนภูมิ ของจริง ของจำลอง แผนที่ เป็นต้น

3. สื่อประเภทเครื่องเสียง (Audio Aids) ได้แก่ เครื่องบันทึกเสียง วิทยุ แผ่นเสียง เครื่องขยายเสียง เป็นต้น

สำหรับสื่อประเภทอุปกรณ์นั้น หากจะมองในแง่ของการที่สื่อจะสามารถใช้ได้หรือทำงานได้หรือไม่ โดยเฉพาะในทัศนะของช่างเทคนิคหรือนักปฏิบัติการ ก็พอจะแบ่งสื่อการสอนออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. สื่อที่ไม่ต้องใช้ไฟฟ้า ได้แก่ สื่อที่สามารถใช้ได้โดยตรง โดยไม่ต้องอาศัยพลังงานหรือวงจรอิเล็กทรอนิกส์ใดๆ เป็นส่วนประกอบ เช่น ภาพพลิก แผนที่ แผนภูมิ ชาร์ทบัตร เป็นต้น

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นสื่อประสมประเภทชุดอุปกรณ์ ซึ่งชุดอุปกรณ์เป็นสื่อประสมประเภทหนึ่ง que จัดเตรียมวัสดุชิ้นส่วนอุปกรณ์ และคู่มือไว้เป็นชุดๆ เพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะเรื่องหรือหลายเรื่อง ชุดอุปกรณ์มี 3 แบบ ดังนี้ (ภพ เลหาไพบุลย์. 2537 : 226 - 227)

1. ชุดชิ้นส่วนประกอบเอง (Assembly kit) เป็นชุดอุปกรณ์ที่จัดเตรียมชิ้นส่วนต่างๆ ไว้เป็นชุด มีคู่มืออธิบายวิธีประกอบชิ้นส่วนเหล่านั้นเป็นชุดอุปกรณ์ที่มีวัตถุประสงค์เดียว คือ ประกอบเสร็จแล้วก็เป็นอุปกรณ์ที่นำไปใช้ได้เลย เช่น ชุดเครื่องเสียง ชุดไฟฟ้า การใช้ชุดชิ้นส่วนประกอบเอง เพื่อเป็นสื่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ อาจใช้ได้ในการกระตุ้นความสนใจ เป็นการนำเข้าสู่บทเรียน และใช้เป็นภาคปฏิบัติเพื่อสรุปและสร้างความมั่นใจแก่ผู้เรียนในสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนมา

2. ชุดชิ้นส่วนเปลี่ยนแปลงได้ (Changeable kit) เป็นชุดอุปกรณ์ที่จัดเตรียมชิ้นส่วนต่างๆ ไว้เป็นชุด มีลักษณะคล้ายกับชุดชิ้นส่วนประกอบเองมาก แต่ชุดชิ้นส่วนเปลี่ยนแปลงได้มักจะมีโครงสร้างหลักไว้แล้ว มีชิ้นส่วนประกอบเป็นจำนวนมาก ผู้เรียนสามารถประกอบชิ้นส่วนลงบนโครงสร้างหลักตามต้องการ เช่น จะต่อตัวต้านทานหรือคอนเดนเซอร์หรือหลอดไฟฟ้า ให้เป็นวงจรต่างๆ อาจเป็น วงจรแปลงไฟฟ้า วงจรขยายเสียง เป็นต้น

3. ชุดทดลอง (Experimental kit) เป็นชุดอุปกรณ์ที่จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ไว้เป็นชุดเพื่อการทดลองหรือใช้งานอย่างใดอย่างหนึ่งเฉพาะเรื่อง ชุดทดลองโดยทั่วไปประกอบด้วยส่วนที่เป็นคู่มือ ซึ่งอาจเป็นหนังสือคู่มือ เทปเสียง เทปภาพ ที่แสดงวิธีประกอบ วิธีใช้ส่วนที่เป็นภาพประกอบแสดงขั้นตอนการประกอบและการใช้ ส่วนที่เป็นของจริง ได้แก่ วัสดุอุปกรณ์สำหรับชุดทดลองนั้นๆ ชุดทดลองจึงใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนเป็นกลุ่มหรือเป็นรายบุคคล และชุดทดลองเหมาะสำหรับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในกรณีที่มีจำนวนผู้เรียนมาก ชุดทดลองอาจจัดเตรียมไว้เป็นสื่อการเรียนการสอนตามความเหมาะสมมี 3 ลักษณะ คือ

1) ชุดที่มีเฉพาะคู่มือการทดลองใช้สำหรับแสดงวิธีทำและวิธีใช้ชุดทดลอง ที่ประกอบด้วยวัสดุอุปกรณ์อย่างง่ายมีอยู่ทั่วไป ผู้เรียนหาวัสดุอุปกรณ์ตามที่กำหนดในคู่มือมาเอง เป็นชุดทดลองที่เตรียมไว้ให้เฉพาะคู่มือและภาพประกอบ

2) ชุดที่มีคู่มือและวัสดุอุปกรณ์พร้อม เป็นชุดทดลองที่จัดเตรียมส่วนประกอบไว้ให้ครบ คือ ส่วนที่เป็นคู่มือ ส่วนที่เป็นภาพประกอบและส่วนที่เป็นวัสดุอุปกรณ์ เตรียมไว้เป็นชุดๆ

3) ชุดทดลองสำเร็จเป็นชุดทดลองที่ผู้สอนจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ และทำการทดลองตามเงื่อนไขต่างๆ ไว้ให้เรียบร้อย ให้ผู้เรียนใช้เป็นแหล่งสังเกตรวบรวมข้อมูลตามคู่มือหรือแบบฟอร์มที่กำหนดให้ เพื่อผู้เรียนจะได้นำไปวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองด้วยตนเอง

ทักษะในการใช้สื่อการสอน

ประการหนึ่ง มูลแสดง (ม.ป.ป. : 188 - 192) ได้กล่าวถึงทักษะในการใช้สื่อการสอนไว้ว่า สื่อการเรียนการสอน หมายถึง อุปกรณ์ต่างๆ ที่ช่วยในการเรียนการสอนไปสู่เป้าหมายที่ต้องการซึ่งได้แก่

1. หนังสือ
2. สิ่งตีพิมพ์ต่างๆ
3. ตัวอย่างของจริง เช่น สิ่งมีชีวิตต่างๆ สิ่งของต่างๆ จากธรรมชาติ
4. วัตถุที่ช่วยให้เกิดมโนคติ เช่น โมเดลผลึกอันยรูปของคาร์บอน
5. ภาพนิ่ง ภาพยนตร์
6. แผนที่ แผนรูป รูปภาพ แผนผัง และลูกโลก
7. กระดาษสีต่างๆ ดินสอสี ปากกาเมจิก ชอล์คสี
8. เครื่องใช้และอุปกรณ์ต่างๆ ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เช่น หลอดทดลอง ถ้วยยูเรก้า ชุดสาริตการทดลองต่างๆ

อุปกรณ์แบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. อุปกรณ์สำเร็จรูป ได้แก่ ของจริง แบบจำลองต่างๆ (Model) หนังสือ สิ่งตีพิมพ์ ภาพยนตร์ แผนที่ เป็นต้น
2. อุปกรณ์ที่ประดิษฐ์ขึ้น อาจจะเป็นครูประดิษฐ์ขึ้นมาเอง หรือนักเรียนกับครูร่วมกันประดิษฐ์ขึ้น ได้แก่ แผนที่ที่สร้างขึ้นเอง รูปภาพที่วาดขึ้นเอง โมเดลที่สร้างขึ้นมาเอง เป็นต้น
3. อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ ได้แก่ เครื่องมือเครื่องใช้ในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนทำการทดลองเพื่อพิสูจน์ทฤษฎีหรือเพื่อให้เกิดความคิดรวบยอด (concept) ในบางเรื่อง

หลักการใช้อุปกรณ์การสอน

ในการปฏิบัติครูควรมีหลักการอยู่ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นวางวัตถุประสงค์ ครูผู้สอนจะต้องวางเป้าหมายของการสอนไว้ว่า ต้องการให้ผู้เรียนได้บรรลุเนื้อหาอะไรบ้าง ลึกซึ้งแค่ไหน ตอนไหนของเนื้อหาที่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ เพื่อวัตถุประสงค์อะไร เช่น

- 1.1 เพื่อให้เกิดความรู้
- 1.2 เพื่อให้เกิดความจำ
- 1.3 เพื่อให้เกิดความเข้าใจ
- 1.4 เพื่อพิสูจน์ทฤษฎี
- 1.5 เพื่อให้เกิดความคิดรวบยอด

2. ขั้นเลือกสรรอุปกรณ์ เมื่อได้วางวัตถุประสงค์ว่าจะใช้อุปกรณ์เพื่ออะไรแล้ว ก็ถึงขั้นเลือกสรรอุปกรณ์ที่จะใช้ โดยคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

- 2.1 ควรเลือกอุปกรณ์ให้ตรงตามวัตถุประสงค์ของการใช้ ไม่ควรซับซ้อนจนนักเรียนสรุปไม่ได้ว่า วัตถุประสงค์ของการใช้อุปกรณ์นี้เพื่ออะไร
- 2.2 ควรเลือกอุปกรณ์ที่เหมาะสมกับวัย พื้นความรู้ และความสนใจของนักเรียน
- 2.3 ควรเลือกอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง รู้ผลเร็ว เหมาะสมกับเวลา
- 2.4 ควรเลือกอุปกรณ์ที่ใช้วัสดุง่าย ๆ ราคาถูก
- 2.5 ในกรณีที่ประดิษฐ์อุปกรณ์ขึ้นใช้เอง ก็ควรผลิตให้มีขนาดที่เหมาะสมและใช้คล่องกระตือรือร้น

3. ขั้นเตรียมล่วงหน้าก่อนการใช้อุปกรณ์ เมื่อครูได้มีอุปกรณ์ที่จะใช้แล้ว ครูก็ควรที่จะมีการเตรียมล่วงหน้า 3 ด้าน คือ

- 3.1 เตรียมตัวครูเอง โดย
 - 1) ทำการบันทึกการสอนขั้นกิจกรรมอย่างละเอียด
 - 2) ศึกษาเนื้อหาความรู้เพิ่มเติม
 - 3) สำรวจและซ่อมแซมอุปกรณ์ให้ใช้ได้ดี
 - 4) ทดลองใช้อุปกรณ์ล่วงหน้าว่าได้ผลตรงตามความมุ่งหมายหรือไม่
 - 5) ศึกษาเทคนิคการใช้อุปกรณ์ที่จะให้ผลตรงตามเป้าหมาย
 - 6) ในกรณีที่ต้องใช้วัสดุและอุปกรณ์หลายชิ้น ครูจำเป็นต้องเตรียมทุกอย่างให้พร้อมที่จะหยิบใช้ได้ทันที โดยไม่ต้องหา
 - 7) ศึกษาบทเรียนให้ดีกว่าสิ่งใดไม่ควรเตรียมล่วงหน้าไว้นาน เช่น สารเคมีตัวใดที่มีปฏิกิริยาต่อแสงหรือสารละลายชนิดใดที่ตกตะกอนง่าย ก็ไม่ควรเตรียมล่วงหน้าไว้นาน
 - 8) ศึกษาผลที่จะเกิดขึ้นจากการใช้อุปกรณ์ (ในกรณีทดลองวิทยาศาสตร์) และข้อผิดพลาดจากการทดลองมีอะไรบ้าง

9) ศึกษาข้อควรระวังและอันตรายจากการใช้อุปกรณ์และสารเคมีบางชนิด เช่น กรดเข้มข้น อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ฯลฯ

10) ศึกษาวิธีใช้และจับต้องอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ต่างๆ ให้ถูกต้อง

3.2 เตรียมตัวนักเรียน

1) ให้นักเรียนอ่านการทดลองมาล่วงหน้าในกรณีที่ต้องการทดลองซับซ้อน
2) อุปกรณ์บางอย่างที่ต้องเตรียมมาจากบ้าน ก็ควรบอกนักเรียนล่วงหน้าให้เตรียมมาให้พร้อม

3) จัดให้นักเรียนนั่งให้เรียบร้อยตามที่ครูกำหนดให้

4) อธิบายให้นักเรียนทราบล่วงหน้าว่าจะมีกิจกรรมอะไร ควรสังเกตอะไร

5) ใช้เทคนิคการนำเข้าสู่บทเรียน กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ

3.3 เตรียมสถานที่

1) ถ้าเป็นห้องเรียน ให้จัดโต๊ะเก้าอี้ให้เรียบร้อย วางแผนให้ดีว่าจะนั่งกันอย่างไร
จึงจะสะดวก

2) จัดที่ตั้งอุปกรณ์ให้เพียงพอ และสะดวกในการหยิบใช้

3) เตรียมเครื่องอำนวยความสะดวกให้พร้อม เช่น ปลั๊กไฟ สายไฟ น้ำ

4) ให้เก็บสิ่งที่จะเบนความสนใจของเด็กออกไปจากห้อง

4. ขั้นตอนการใช้อุปกรณ์หรือชั้นแสดงจริง

1. ลำดับขั้นตอนการใช้อุปกรณ์แต่ละขั้นให้ถูกต้อง
2. ใช้อุปกรณ์ด้วยความมั่นใจและถูกต้อง เช่น ควรคนสารด้วยแท่งแก้วคน ไม่ใช่
ช้อนตักสาร เทอร์โมมิเตอร์หรือสิ่งอื่นแทน

3. อุปกรณ์ชิ้นใดที่ไม่ได้ใช้ไม่ควรนำมาตั้งไว้เฉยๆ

4. ขณะกำลังใช้อุปกรณ์ควรพูดเร้าให้นักเรียนเกิดความสนใจ

5. สอดสายสายตาให้ทั่วห้อง ขณะใช้อุปกรณ์ ไม่ควรก้มหน้าก้มตาใช้อุปกรณ์จนไม่
สนใจนักเรียน

6. ใช้คำพูดอธิบายประกอบให้ชัดเจน

7. สิ่งใดสามารถติดตั้งหรือแขวนได้ ควรตั้งหรือแขวนให้เรียบร้อย ไม่ควรถือไว้

8. อุปกรณ์ที่หมดความจำเป็นแล้ว ควรเก็บทันที ไม่ควรตั้งทิ้งไว้

9. ใช้อุปกรณ์ให้คุ้มกับที่เตรียมมา

10. ใช้อุปกรณ์ในช่วงเวลาที่กำหนด

11. ควรใช้ไม่นานๆ นี้ประกอบคำอธิบาย ไม่ควรใช้นาน

12. ขณะใช้ให้พยายามสังเกตข้อบกพร่องของตนเอง เพื่อปรับปรุงแก้ไข

13. จัดเก็บอุปกรณ์เข้าที่ให้เรียบร้อยหลังจากใช้เสร็จ

5. ขั้นตอนติดตามผลการใช้อุปกรณ์ อาจทำได้ดังนี้

1. หลังการใช้แล้วครูและนักเรียนมาอภิปรายร่วมกัน
2. ให้นักเรียนเขียนรายงานมาส่ง หรือรายงานด้วยปากเปล่า
3. จัดนิทรรศการ
4. ให้ทำแบบทดสอบ

คุณค่าของสื่อการสอน

นิพนธ์ สุขปรดี (2521 : 13 - 16) กล่าวว่า สื่อการสอน เป็นการถ่ายทอดความรู้และความคิดระหว่างครูกับนักเรียน เป็นเครื่องช่วยให้บทเรียนง่ายขึ้น เพราะสื่อการสอนจะช่วยให้ครูสามารถถ่ายทอดข้อเท็จจริง ทักษะ ทศนคติ ความรู้ ความเข้าใจและความซาบซึ้ง เห็นคุณค่าในเรื่องราวที่สอน ซึ่งจะเป็นรากฐานให้เกิดความเข้าใจและความจำอย่างถาวร นักการศึกษาต่างยอมรับและเห็นพ้องกันว่า สื่อการสอนเป็นอุปกรณ์การสอนที่ช่วยให้การสอนได้ผลดีขึ้น ในด้านคุณค่าจากการใช้สื่อการสอน ดังนี้

1. คุณค่าทางด้านวิชาการ

1.1 เด็กที่ได้รับจากการใช้สื่อการสอนประกอบการสอน จะได้รับประสบการณ์ตรงและเรียนได้ดีมากกว่าเด็กที่ไม่มีสื่อการสอนประกอบการเรียนการสอน

1.2 ลักษณะที่เป็นรูปธรรมของสื่อการสอน ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจความหมายของสิ่งต่างๆ ได้กว้างขวาง เป็นแนวทางให้เข้าใจสิ่งอื่นๆ ได้ยิ่งขึ้นและยังช่วยส่งเสริมด้านความคิดและการแก้ปัญหาอีกด้วย

1.3 จากการวิจัยสรุปว่าสื่อการสอนให้ประสบการณ์ที่เป็นจริงแก่ผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนเรียนรู้ถูกต้อง ทั้งยังช่วยให้ผู้เรียนจดจำเรื่องราวต่างๆ ได้มากและจำได้นาน

1.4 สื่อการสอนโดยเฉพาะภาพยนตร์ จะช่วยเร่งทักษะในการเรียนรู้

2. คุณค่าทางด้านจิตวิทยาการเรียนรู้

2.1 สื่อการสอนทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและต้องการเรียนในสิ่งต่างๆ มากขึ้น เช่น การอ่าน ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ จินตนาการ ทศนคติ การแก้ปัญหาและความซาบซึ้งในคุณค่า

2.2 ทำให้เด็กมีมโนภาพเริ่มแรกอย่างถูกต้องสมบูรณ์ และก่อให้เกิดความคิดรวบยอดเป็นอย่างเดียวกันทั้งมีอิทธิพลต่อเจตคติของผู้เรียนด้วย

2.3 สื่อการสอนช่วยให้ผู้เรียนเกิดความพอใจ และช่วยให้ทำกิจกรรมด้วยตนเอง

3. คุณค่าทางด้านเศรษฐกิจการศึกษา

3.1 สื่อการสอน สามารถช่วยผู้เรียนที่เรียนช้าให้เรียนได้เร็วมากขึ้น ส่วนผู้เรียนที่ฉลาดก็จะเรียนรู้ได้มากยิ่งขึ้นไปอีก

3.2 การสอนโดยอธิบายอย่างเดียวเป็นการสิ้นเปลืองเวลาที่สุด เพราะเด็กลืมนง่าย ถ้าใช้สื่อการสอนจะช่วยขจัดความสิ้นเปลืองนี้ และยังช่วยให้ครูที่สอนดีอยู่แล้วสอนดียิ่งขึ้น

3.3 สื่อการสอนช่วยประหยัดคำพูดและเวลาของครู ที่สำคัญยิ่งกว่านั้น ยังช่วยประหยัดเวลาของนักเรียน ทำให้มีเวลาเหลือที่จะศึกษาบทเรียนอื่นต่อไป

3.4 สื่อการสอนช่วยจัดปัญหาเรื่องสถานที่ เวลา และระยะทาง ได้ดังนี้

3.4.1 สามารถนำสิ่งที่เกิดในอดีตมาศึกษาได้ เช่น ภาพยนตร์

3.4.2 สื่อการสอนช่วยนำสิ่งที่อยู่ไกลเกินไปมาศึกษาได้

3.4.3 ช่วยทำสิ่งที่เคลื่อนไหวช้าให้เร็วได้ และทำสิ่งที่เคลื่อนไหวเร็วให้ช้าลงได้ เช่น ภาพยนตร์ สามารถแสดงให้เห็นการเจริญเติบโตของพืชได้ในระยะเวลาสั้นๆ ได้

เดล (Dale, 1965 : 8) กล่าวถึงคุณค่าของสื่อการสอนได้ดังนี้

1. สามารถส่งเสริมความเข้าใจอันดี และส่งเสริมความเห็นอกเห็นใจระหว่างตัวของผู้เรียนกับผู้เรียนคนอื่นในชั้นก็ได้

2. ทำให้ผู้เรียนสามารถเปลี่ยนพฤติกรรมตามที่ประสงค์ได้

3. ทำให้ผู้เรียนเห็นความสัมพันธ์ของเนื้อหาวิชาที่เรียน ตรงกับความต้องการ เป็นผลทำให้เพิ่มแรงจูงใจให้เกิดการเรียนรู้ยิ่งขึ้น

4. ให้ประสบการณ์ในการเรียนรู้แปลกใหม่ หลายด้านแก่ผู้เรียน

5. ทำให้การเรียนรู้มีความหมาย ทำให้ผู้เรียนที่มีระดับสติปัญญาแตกต่างกันมากๆ เข้าใจเนื้อหาวิชาที่เรียนเช่นเดียวกัน

6. ระวังให้ผู้เรียนนำเอาความรู้ที่ได้เรียนไปใช้อย่างมีความหมาย

7. ทำให้ผู้เรียนมีปฏิกิริยาสะท้อนกลับ ซึ่งช่วยให้ทราบว่าคุณผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เพียงใด

8. ทำให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ที่สมบูรณ์ เกิดมีมโนภาพที่ถูกต้องและมีความหมาย

9. ช่วยขยายและเพิ่มพูนขอบเขตของประสบการณ์ของผู้เรียนให้กว้างขวางยิ่งขึ้น ช่วยให้จดจำได้เร็วและแม่นยำยิ่งขึ้น โดยไม่ต้องอาศัยคำอธิบาย

10. ทำให้ผู้เรียนเกิดความกระจำแจ่มแจ้งเป็นระเบียบ

อิริคสัน (Erickson, 1971 : 108 -109) ได้สรุปความสำคัญของสื่อการสอนไว้ดังนี้

1. ช่วยจัดและเสริมประสบการณ์การเรียนรู้ของผู้เรียน

2. ช่วยครูสอนเนื้อหาวิชาที่มีความหมายต่อชีวิตของผู้เรียน

3. ช่วยครูแนะนำและกำกับผู้เรียนให้มีปฏิกิริยาสัมพันธ์ในทางที่พึงปรารถนา โดยใช้สื่อต่าง ๆ

4. ช่วยผู้เรียนให้สามารถประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ที่แตกต่างกันออกไปตามเนื้อหาวิชา

5. ช่วยครูให้สามารถสอนได้รวดเร็วถูกต้องมากขึ้น

เจอร์โรลด์ อี เคมปี และดีน เค เดย์ตัน (Jerrold E Kemp and Deane K. Dayton, 1985 : 3 - 4) ได้กล่าวถึงคุณค่าของสื่อการสอนว่า สื่อการสอนช่วยให้เกิดผลการเรียนดังต่อไปนี้

1. การถ่ายทอดความรู้มีความเป็นมาตรฐานมากขึ้น นั่นคือ ผู้เรียนได้รับข้อมูล ข่าวสาร โดยผ่านการรับรู้โดยการได้เห็นและได้ยินสิ่งที่เหมือนกัน การใช้สื่อการสอนจะช่วยลดความแตกต่างของการแปลความหมายโดยผู้เรียนที่รับข้อมูลที่เป็นนามธรรม

2. สื่อการสอนช่วยให้การเรียนรู้การสนทนาสนใจขึ้น สื่อการสอนสามารถดึงดูดความสนใจของผู้เรียนได้เป็นอย่างดี ความชัดเจนของเนื้อหาที่เสนอผ่านสื่อ การใช้เทคนิคพิเศษ (Special Effect) ต่างๆ ความสวยงามของภาพและสี สิ่งเหล่านี้จะช่วยสร้างให้การเรียนการสอนน่าสนใจมากยิ่งขึ้น

3. สื่อการสอนช่วยให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ (Interactive) และมีส่วนร่วมในการเรียนการสอนมากขึ้น ในการออกแบบระบบการใช้สื่อการสอนที่ดีนั้น ผู้สอนสามารถใช้สื่อการสอนเพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ มีส่วนร่วม มีการตอบสนอง และได้รับการเสริมแรงได้เป็นอย่างดี

4. สื่อการสอนสามารถลดระยะเวลาในการเรียนการสอนได้ สื่อการสอนช่วยให้เกิดการเรียนรู้อย่างรวดเร็ว เพราะผู้เรียนสามารถเกิดความรู้ความเข้าใจได้อย่างรวดเร็ว โดยการเรียนจากสื่อ ดังนั้นผู้สอนและผู้เรียนจึงมีเวลาในการศึกษาค้นคว้าเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้น

5. สื่อการสอนช่วยพัฒนาคุณภาพการเรียนรู้ให้ดีขึ้น ถ้าสื่อการสอนได้รับการออกแบบโดยการผสมผสานระหว่างภาพและคำเป็นอย่างดี การใช้สื่อการสอนอย่างเป็นระบบที่ดี จะเป็นการคาดหวังได้ว่าการเรียนรู้จะสามารถพัฒนาไปสู่ระดับที่ดีขึ้น

6. สื่อการสอนช่วยให้การเรียนรู้การสนทนาไม่มีข้อจำกัดเรื่องเวลา และสถานที่ การออกแบบสื่อการสอนในปัจจุบัน มีลักษณะของการศึกษารายบุคคลมากขึ้น ดังนั้นผู้เรียนสามารถศึกษาได้ตามเวลาและสถานที่ที่สะดวก

7. สื่อการสอนช่วยสร้างเจตคติที่ดีแก่ผู้เรียนต่อบทเรียนและกระบวนการเรียนรู้ การเรียนรู้โดยผ่านสื่อการสอนช่วยให้ผู้เรียนเรียนอย่างสนุกสนาน ฟังพอใจ ทำให้ผู้เรียนมีความรู้สึกที่ดีต่อการเรียน

8. สื่อการสอนช่วยให้บทบาทของผู้สอนเปลี่ยนไปในทิศทางที่ดีขึ้น การใช้สื่อการสอนนอกจากจะช่วยให้ผู้สอนไม่จำเป็นต้องใช้เวลามากในการบรรยาย หรืออธิบายเนื้อหาโดยใช้เพียงคำพูดเท่านั้น ยังให้ผู้สอนเปลี่ยนจากการเป็นผู้ป้อนความรู้มาเป็นผู้ให้คำปรึกษาแนะนำ และสามารถให้คำปรึกษาแนะนำได้มากขึ้น

จากการกล่าวถึงคุณค่าของสื่อการสอนของนักการศึกษาข้างต้น ผู้วิจัยสามารถสรุปคุณค่าของสื่อการสอนได้ดังนี้

1. ช่วยให้ผู้เรียนเรียนได้มากขึ้นในเวลาอันสั้น
2. ช่วยให้ผู้เรียนอยากเรียนรู้มากขึ้น
3. ช่วยเพิ่มทักษะในการเรียนรู้
4. ช่วยให้จดจำเรื่องราวต่างๆ ได้มากและนานวัน
5. ช่วยในการก่อให้เกิดรูปธรรม และความคิดรวบยอด (Concept) ในการเรียนรู้ จึงลดการสื่อความหมายด้วยวาจา
6. ช่วยทำให้ผู้เรียนมีการพัฒนาความคิดอย่างต่อเนื่อง
7. ช่วยแก้ปัญหาเรื่องพื้นฐาน หรือภูมิหลังของผู้เรียนที่แตกต่างกัน
8. ช่วยให้ผู้สอนได้ดีขึ้น และช่วยให้การสอนของครูบรรลุเป้าหมาย

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างอุปกรณ์วิทยาศาสตร์

ขั้นตอนการสร้างอุปกรณ์วิทยาศาสตร์

โซ สาลีนัน (2534 : 20 - 21) กล่าวว่า ในการสร้างอุปกรณ์การสอนและเครื่องมือทดลองวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนในการปฏิบัติ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาหลักการทำงาน (Function) ของอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่จะสร้างขึ้นนั้นเสียก่อน ว่าจะให้เครื่องมือชิ้นนั้นทำงานอย่างไร ต้องศึกษาหน้าที่การทำงานของทุกชิ้นส่วนของสิ่งที่สร้างขึ้นนั้นให้เข้าใจ

2. เลือกวัสดุที่จะใช้สำหรับการออกแบบสร้าง ต้องเลือกวัสดุที่มีอยู่แล้วหรือที่หาได้ง่ายในห้องเรียนนั้น วัสดุที่เลือกจะต้องทำให้อุปกรณ์และเครื่องมือทำงานได้ดี สะดวกแก่การใช้และปฏิบัติ เก็บรักษาได้ง่าย มีความคงทนถาวร

3. ดำเนินการออกแบบและสร้าง เมื่อเลือกวัสดุได้แล้ว ก็ต้องนำมาออกแบบ เพื่อที่จะให้อุปกรณ์และเครื่องมือทำงานได้ตามที่ต้องการ ผู้ออกแบบจะต้องคิดถึงชิ้นส่วนต่างๆ ของอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่จะสร้าง ตลอดจนหน้าที่และการทำงานของชิ้นส่วนเหล่านั้น

4. ทำการทดลองตรวจสอบอุปกรณ์และเครื่องมือที่สร้างเสร็จแล้ว โดยนำมาทำการทดลองตรวจสอบหน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนต่างๆ ว่าทุกชิ้นส่วนทำงานได้ดีและครบถ้วนหรือไม่ บันทึกข้อมูลของการทดลองไว้ ทำการทดลองหลายๆ ครั้ง เปรียบเทียบผลจากข้อมูลที่บันทึกไว้แต่ละครั้งว่าได้ผลตรงกัน ไกลเคียงกันหรือต่างกันมากน้อยเพียงใด ผลที่ได้เชื่อถือได้มากน้อยแค่ไหน

5. ทำการปรับปรุงแก้ไข เมื่อเครื่องมือและอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นนั้น ถูกนำไปทำการทดลองให้ผลออกมามีความคลาดเคลื่อนมาก ต้องนำเครื่องมือและอุปกรณ์นั้นมาพิจารณาปรับปรุงแก้ไขใหม่ หาสาเหตุว่าอะไรบ้างที่ทำให้การทดลองคลาดเคลื่อน แล้วแก้ไขจุดนั้นเสีย เมื่อแก้ไขเรียบร้อยแล้วก็นำไปทดลองอีกครั้ง

วาสนา ขาวหา (2524 : 119) ได้เสนอขั้นตอนในการสร้างอุปกรณ์อย่างง่ายดังต่อไปนี้

1. ศึกษาเนื้อหาวิชา หรือรายละเอียดในบทเรียนให้ลึกซึ้งเสียก่อน เพื่อนำความรู้ที่ได้ไปออกแบบอุปกรณ์การสอนให้เหมาะสมและสอดคล้องกับบทเรียนหรือหลักสูตร

2. ร่างแบบคร่าวๆ แล้วพิจารณาหลายๆ ครั้ง ว่าควรปรับปรุงแก้ไขหรือดัดแปลงอย่างไรบ้าง เมื่อได้แบบที่แน่นอนแล้ว จึงเขียนเป็นรูปแบบแสดงรายละเอียดและสัดส่วนอย่างชัดเจน

3. เลือกวัสดุที่จะใช้อุปกรณ์การสอนอย่างง่าย ให้เหมาะสมกับแบบที่เขียนไว้ วัสดุที่ใช้ควรเป็นวัสดุที่หาง่าย ราคาถูก มีความคงทนถาวร เมื่อนำมาใช้ทำอุปกรณ์การสอนแล้ว สามารถใช้ได้ดี สะดวกในการใช้ การปฏิบัติ และเก็บรักษา

4. สร้างอุปกรณ์การสอนตามแบบที่เขียนไว้ในข้อ 2 โดยคำนึงถึงความเรียบร้อยประณีต และถูกต้องตามแบบที่เขียนไว้ทุกประการ

5. ตรวจสอบอุปกรณ์การสอนที่สร้างเสร็จแล้วว่าได้ผลดีเพียงใด โดยนำอุปกรณ์การสอนที่สร้างขึ้นนั้นมาทดลองใช้ และจดบันทึกข้อมูลไว้กระทำหลายๆ ครั้ง เปรียบเทียบผลจากข้อมูลที่บันทึกไว้ในแต่ละครั้งว่าได้ตรงกัน ไกลเคียงกันหรือต่างกันมากน้อยเพียงใด ถ้าได้ผลตรงกันทุกครั้ง แสดงว่าการออกแบบอุปกรณ์นั้นดี ถ้าได้ผลใกล้เคียงกัน แสดงว่าการออกแบบอุปกรณ์การสอนนั้นอยู่ในเกณฑ์พอใช้ แต่ถ้าได้ผลต่างกันมาก แสดงว่าการออกแบบอุปกรณ์ยังไม่ดีพอ ควรได้รับการแก้ไขปรับปรุงหรือดัดแปลงจนกว่าจะได้ผลเป็นที่น่าพอใจและเชื่อถือได้ จึงจะนำอุปกรณ์การสอนนี้ไปใช้ในกระบวนการเรียนการสอนได้อย่างมั่นใจและมีประสิทธิภาพ

ชาร์มา (Sharma. 1982 : 262 - 263) ได้เสนอขั้นตอนของการสร้างอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมาย จุดมุ่งหมายของอุปกรณ์ที่จะสร้างขึ้นนี้ ต้องคำนึงถึงความรู้ ทักษะ เจตคติ และความเหมาะสมกับผู้ใช้ด้วย
2. เตรียมการออกแบบ โดยคำนึงถึงชนิดของวัสดุ ราคา ความคงทน และวัสดุที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น
3. สร้างอุปกรณ์โดยนักเรียน ครู ผู้เชี่ยวชาญ หรือร่วมมือกันระหว่างกลุ่มบุคคลแต่ละฝ่ายที่อยู่ในชุมชน
4. ทดลองใช้อุปกรณ์ เพื่อหาข้อบกพร่องและปรับปรุงแก้ไข
5. ดำเนินการผลิต

ลักษณะของอุปกรณ์และเครื่องมือที่ดี

สุพจน์ สุกกุล (2537 : 440 - 441) กล่าวถึง ลักษณะของอุปกรณ์ที่ดีไว้ดังนี้

1. รูปร่างลักษณะต้องดูใจ เครื่องมือที่มีรูปร่าง สีสรรดูใจ จะมีผลต่อการเรียนการสอนมาก
2. ต้องทำงานได้ตามต้องการ เครื่องมือที่สร้างขึ้นทุกชิ้นต้องทำงานได้ตามที่ต้องการ ไม่ใช่ว่าเมื่อนำไปทดลองแล้ว เครื่องมือไม่ทำงาน ทำให้เสียเวลา เด็กจะรู้สึกเบื่อ ความสนใจในการเรียนจะลดลง
3. สะดวกในการใช้การปฏิบัติ เครื่องมือมีความคล่องตัวในการใช้ ไม่เกะกะ ไม่เกิดอุบัติเหตุง่าย มีความปลอดภัยและสะดวกในการใช้
4. มีความคงทนถาวร อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นควรมีความคงทนถาวร มีอายุการใช้งานได้นาน
5. วัสดุที่ใช้ในการสร้างอุปกรณ์ควรเป็นวัสดุที่หาง่าย ราคาถูก เพราะเมื่อออกแบบเสร็จแล้ว เราสามารถสร้างได้ทันที วัสดุที่หาได้ง่ายคือวัสดุที่มีในท้องถิ่นและวัสดุที่เหลือใช้ สิ่งเหล่านี้สามารถนำมาใช้สร้างอุปกรณ์ได้มากแล้วแต่เราจะนำมาดัดแปลงให้เป็นเครื่องมือชนิดใด
6. ควรใช้งานได้หลายอย่าง จะทำให้ได้รับประโยชน์มากและคุ้มค่าแก่การออกแบบสร้าง ทำให้สิ้นเปลืองน้อย ไม่เปลืองที่เก็บรักษา

7. สะดวกในการเก็บรักษา เครื่องมือที่สร้างขึ้นควรมีรูปแบบกระจัดกระจายเพื่อความสะดวกในการเก็บรักษา ถ้ารูปร่างใหญ่เกินไปทำให้เปลืองเนื้อที่ ทางที่ดีอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น ควรทำชิ้นส่วนเป็นชุดๆ และสามารถถอดเก็บได้สะดวกแต่ไม่ควรมีจำนวนชิ้นมากเกินไป เพราะอาจหาได้

โซ สาลีฉิน (2534 : 20 - 21) กล่าวว่า อุปกรณ์การสอนและเครื่องมือทดลองวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นนั้น ถ้าจะให้มันเป็นอุปกรณ์และเครื่องมือที่ดีควรมีลักษณะ ดังนี้

1. รูปร่างลักษณะจะต้องดูใจ ถ้ารูปร่างดูใจจะมีผลต่อการเรียนการสอนมาก เพราะเมื่อนำเครื่องมือเข้าไปในห้องเรียน เมื่อนักเรียนมองเห็นจะเริ่มสนใจ อยากรู้ว่าเครื่องมือนี้จะใช้ทำอะไร จะมีผลอย่างไร ทำให้เด็กมีความตั้งใจเรียนมากขึ้น ผลของการเรียนการสอนจะได้ผลเต็มที่

2. ต้องทำงานได้ตามต้องการ เครื่องมือที่สร้างขึ้นทุกชิ้นต้องทำงานได้ตามที่ต้องการ ไม่ใช่ใช้เวลาไปทดลอง เครื่องมือไม่ทำงาน ต้องแก้ไขทำให้เสียเวลา ทำให้เด็กนักเรียนรู้สึกเบื่อหน่าย ความสนใจในการเรียนจะลดลง

3. สะดวกในการใช้และปฏิบัติ เครื่องมือและอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นนั้น ควรจะสะดวกในการใช้และปฏิบัติเมื่อใช้สอนหรือปฏิบัติการทดลอง เพื่อจะได้มีความคล่องตัวในการใช้และปฏิบัติไม่เกะกะ ไม่เกิดอุบัติเหตุได้ง่าย มีความปลอดภัยแก่ครูและนักเรียน

4. มีความคงทนถาวร ถ้าเราออกแบบสร้างอุปกรณ์และให้มีความถาวรและคงทน ก็จะมีอายุการใช้งานได้นาน เป็นการประหยัดไม่ต้องซื้อบ่อย ๆ ทำให้สิ้นเปลือง จึงนับได้ว่ามีความจำเป็นต้องคำนึงถึงทุกครั้งเมื่อจะออกแบบสร้าง

5. วัสดุที่ใช้สร้างควรเป็นวัสดุที่หาได้ง่าย เพื่อว่าเมื่อออกแบบเสร็จแล้ว จะสร้างได้ทันที ถ้าวัสดุหายากหรือหาไม่ได้ก็ไม่มีโอกาสได้สร้าง การออกแบบเครื่องมือนั้นก็สูญเปล่าไม่เกิดประโยชน์แต่อย่างใด

6. วัสดุที่ใช้ควรเป็นวัสดุราคาถูก ทั้งนี้เนื่องจากโรงเรียนส่วนใหญ่มีงบประมาณค่าใช้จ่ายในเรื่องนี้น้อยมาก ถ้าเราออกแบบเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้วัสดุราคาถูกสร้าง ก็จะมีเงินซื้อวัสดุเพียงพอแก่การสร้าง ถ้าใช้วัสดุราคาแพงก็จะมีเงินไม่พอและก็คงไม่ได้สร้างเลยก็ได้ การใช้วัสดุราคาถูกสร้างเป็นการประหยัด และยังสามารถสร้างได้เป็นจำนวนมากด้วย

7. ควรใช้งานได้หลายอย่าง เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่สร้างขึ้นนั้น ควรใช้งานได้หลายอย่าง จะทำให้ได้รับประโยชน์มากและคุ้มค่าแก่การออกแบบสร้าง ทำให้สิ้นเปลืองน้อย ไม่สิ้นเปลืองที่เก็บรักษา

8. สะดวกในการเก็บรักษา เครื่องมือที่สร้างขึ้นนั้น จะต้องออกแบบให้มีรูปร่างกระจัดกระจายเพื่อความสะดวกในการเก็บรักษา ถ้าขนาดใหญ่เกินไป ก็ยากแก่การเก็บรักษา ฉะนั้นผู้ออกแบบจะต้องคำนึงถึงรูปทรงของเครื่องมือด้วย เพื่อสะดวกในการเก็บรักษา ทางที่ดีควรทำชิ้นส่วนเป็นชุด และสามารถถอดเก็บได้สะดวก

9. มีเสถียรภาพดี เครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นก็เพื่อวัตถุประสงค์ในการสอน เวลาใช้ตั้งบนโต๊ะ ถ้าออกแบบมีเสถียรภาพไม่ดีก็จะเป็นเหตุให้ล้มง่าย เครื่องมืออาจชำรุดง่ายทำให้ไม่คงทนถาวร และจะสิ้นเปลืองเวลาในการซ่อมแซม จึงมีความจำเป็นต้องออกแบบให้มีจุดศูนย์ถ่วงอยู่ภายในฐานตั้ง และต่ำใกล้ฐานจึงจะมีเสถียรภาพดี ไม่ล้มง่าย

10. เวลาสาธิตและปฏิบัติการทดลองมองเห็นและสังเกตได้ชัดเจน การออกแบบสร้าง ขนาด และรูปทรง ต้องไม่เล็กเกินไป ชิ้นส่วนประกอบต้องไม่บ้งกัน

การออกแบบสร้างเครื่องมือหรืออุปกรณ์ หากสร้างได้ตามนี้ ก็จะช่วยให้อุปกรณ์และอุปกรณ์ที่ออกแบบสร้างขึ้นมามีประสิทธิภาพต่อการใช้งานและมีผลต่อการเรียนการสอนอย่างยิ่ง

วาสนา ชาวหา (2524 : 110 - 111) ได้กล่าวถึง ลักษณะที่ดีของอุปกรณ์และเครื่องมือ การสอนอย่างง่ายไว้ดังนี้

1. แสดงเรื่องราวหรือเนื้อหาสาระถูกต้องตรงความเป็นจริง และสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของบทเรียน

2. มีลักษณะที่เหมาะสมกับวัย ความสนใจ และประสบการณ์ของผู้เรียนมากที่สุด ซึ่งทำให้ผู้เรียนรู้ได้ง่ายขึ้น

3. มีลักษณะหรือการออกแบบที่ดึงดูดและสร้างความสนใจของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนอยากรู้ว่าอุปกรณ์การสอนนั้นจะแสดงอะไร และมีผลอย่างไร ช่วยให้ผู้เรียนมีความตั้งใจมากขึ้น

4. สามารถใช้งานได้ตรงตามลักษณะของอุปกรณ์นั้นๆ ต้องใช้งานได้ดี และสม่ำเสมอ จะได้ไม่ต้องเสียเวลาแก้ไขในการสอน ซึ่งทำให้ผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่าย และขาดความสนใจในบทเรียนนั้นๆ

5. วัสดุที่ใช้ควรเป็นวัสดุราคาถูกหรือวัสดุเหลือใช้ เพราะจะทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายและยังสามารถสร้างได้จำนวนมากขึ้นด้วย เนื่องจากโรงเรียนส่วนใหญ่มีงบประมาณในการทำอุปกรณ์น้อยมาก นอกจากนั้นต้องพิจารณาว่าวัสดุเหลือใช้หรือวัสดุราคาถูกนั้นควรมีอยู่ในท้องถิ่น

6. มีขนาดที่พอเหมาะไม่ใหญ่เกินไป เนื่องจากไม่สะดวกในการเคลื่อนย้ายและการเก็บรักษา เพราะเปลืองเนื้อที่ และไม่ควรเล็กเกินไป ผู้เรียนจะไม่สามารถมองเห็นได้ชัดเจน จึงควรให้มีขนาดพอเหมาะกับกลุ่มของนักเรียน

7. สะดวกในการใช้และเก็บรักษา เนื่องมาจากการออกแบบที่เหมาะสม รูปร่างกระทัดรัดเหมาะแก่การปฏิบัติ และลดอุบัติเหตุอันอาจเกิดขึ้นได้

8. มีความคงทนถาวรพอสมควร ไม่ชำรุดเสียหายง่าย เพราะอุปกรณ์ที่คงทนถาวรจะช่วยในการประหยัดค่าใช้จ่าย

9. การใช้งานได้หลายอย่าง ในการออกแบบอุปกรณ์ควรให้ใช้งานได้หลายอย่าง และสามารถดัดแปลงไปใช้กับอุปกรณ์การสอนอื่นได้ง่าย จึงจะได้ผลคุ้มค่า และไม่เปลืองเนื้อที่ในการเก็บรักษาอีกด้วย

10. ควรเป็นอุปกรณ์การสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียน มีส่วนร่วมกิจกรรมการเรียนการสอนมากที่สุด

ฮัทเทนรอต (Huttenrot. 2523 : 35) ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ ศูนย์เรคแคม (RECSAM) ได้เสนอแนวคิดในการออกแบบอุปกรณ์วิทยาศาสตร์สำหรับโรงเรียน ดังนี้

1. อุปกรณ์ที่ออกแบบจะต้องดึงดูดความสนใจ โดยจะเน้นสีสรรให้เกิดความรู้สึกน่าจับ นำไปทดลอง อยากนำไปใช้
2. อุปกรณ์ทุกชนิดที่ออกแบบ ต้องคำนึงถึงการประหยัด สามารถใช้กับอุปกรณ์ชุดอื่นได้
3. อุปกรณ์ที่ออกแบบควรคำนึงถึงความแข็งแรง ขนย้ายได้สะดวกไม่เสียหายหรือหลุดง่าย ถอดออกได้สะดวก ประกอบเข้าเป็นชิ้นงานอุปกรณ์ได้ง่าย เพื่อความเรียบร้อยในการขนย้าย
4. อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้า ควรพิจารณาเรื่องความปลอดภัยเป็นสำคัญ ควรมีคำแนะนำให้ระวังอันตรายด้วย
5. ควรออกแบบโดยคำนึงถึงการจัดเก็บอุปกรณ์ให้เป็นหมวดหมู่แยกการนำมาใช้ ไม่ใช่อยู่ในลักษณะกระจัดกระจาย โดยเฉพาะอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ระบบไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

หลักการเลือกวัสดุอุปกรณ์เพื่อใช้ในการทดลองวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา

ประภาภรณ์ มูลแสง (ม.ป.ป. : 306 - 307) ได้กล่าวถึง หลักการเลือกวัสดุอุปกรณ์เพื่อใช้ในการทดลองวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาไว้ว่า การที่โรงเรียนจัดหาวัสดุอุปกรณ์ไว้มากมาย อาจไม่ได้เป็นสิ่งยืนยันได้ว่าการเรียนการสอนต้องมีประสิทธิภาพเสมอไป ถ้าอุปกรณ์ที่ใช้ไม่เหมาะสมกับบทเรียน ไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ รวมถึงครูถึงครูผู้สอนไม่มีทักษะในการใช้วัสดุอุปกรณ์เหล่านั้น การมีอุปกรณ์มาก ก็ไม่สามารถจะทำให้การเรียนการสอนบรรลุเป้าหมายได้ การเลือกใช้และการจัดหาอุปกรณ์ เครื่องมือสำหรับการทดลอง เพื่อการเรียนวิทยาศาสตร์ มีหลักเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกสรรอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

1. ความละเอียด พิจารณาว่าเครื่องมือชนิดนั้นๆ มีความละเอียดมากน้อยเพียงใด กลไกการทำงานของอุปกรณ์นั้นมีความง่ายหรือซับซ้อน เมื่อนำไปทำการทดลองแล้วสามารถให้ผลการทดลองที่ละเอียด เทียบตรงระดับใด ครูจะต้องพิจารณาว่าการทดลองของนักเรียนมีความจำเป็นที่จะต้องใช้เครื่องมือที่มีความละเอียดมากๆ และมีกลไกที่ซับซ้อนหรือไม่ ในบางครั้งการใช้อุปกรณ์ที่มีกลไกการทำงานที่ซับซ้อนจะไม่เหมาะสมกับบทเรียนแล้วยังเป็นการสิ้นเปลือง ซึ่งไม่ได้ประโยชน์เท่าที่ควร ควรพิจารณาเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีความเหมาะสมกับบทเรียน
2. ขนาดของอุปกรณ์ การพิจารณาเรื่องขนาดก็มีความสำคัญ โดยต้องคำนึงถึงการศึกษาองค์ประกอบต่างๆ ได้อย่างชัดเจน บางครั้งไม่มีความจำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่มีขนาดใหญ่มากนัก ข้อสำคัญ คือ จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่ศึกษารายละเอียดที่ต้องการศึกษาได้ชัดเจนก็เพียงพอแล้ว ถ้าเป็นอุปกรณ์ที่มีสเกลเป็นส่วนประกอบ ก็ต้องพิจารณาว่ามีขนาดที่อ่านได้ง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุปกรณ์ที่ใช้เพื่อการสาธิตให้นักเรียนจำนวนมากดู ควรต้องพิจารณาว่านักเรียนทั้งชั้นมองเห็นหรือสังเกตการทดลองได้ทั่วถึง หรือดูได้พร้อมกันคราวละกี่คน เป็นต้น

3. คุณภาพของอุปกรณ์ อุปกรณ์ต่างๆ อาจจะมีคุณภาพต่างกันเป็นหลายระดับ ซึ่งจะต้องพิจารณาให้รอบคอบ จะคิดแต่เรื่องราคาถูกเพียงอย่างเดียวคงไม่เพียงพอ เพราะบางทีการใช้อุปกรณ์ที่มีคุณภาพต่ำ อาจจะไม่เพียงแต่ทำให้ต้องสิ้นเปลืองเงินทองกับการซื้ออุปกรณ์ที่ใช้ไม่ได้ผล ยังอาจจะเป็นสาเหตุให้ได้รับอันตรายเมื่อนำไปใช้ในการทดลองได้ ดังนั้นจึงควรพิจารณาว่าคุณภาพของอุปกรณ์สามารถใช้งานได้ดีเพียงใด มีความทนทานที่จะใช้ได้อย่างคุ้มค่าหรือไม่

4. จุดประสงค์ของอุปกรณ์ การใช้อุปกรณ์ใดๆ จะต้องพิจารณาว่าอุปกรณ์นั้นทำขึ้นเพื่อจุดประสงค์อะไร ถ้าหากใช้เครื่องมือได้ตรงตามจุดประสงค์จะทำให้การใช้เครื่องมือได้ผลถูกต้องและมีประสิทธิภาพ ถ้าใช้ไม่ถูกจุดประสงค์ ทำให้การทดลองคลาดเคลื่อนหรือผิดพลาดได้

5. ประโยชน์ใช้สอย อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ทุกชิ้น จะต้องพิจารณาถึงการใช้งานว่าสามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวางเพียงใด หรือใช้ได้ขอบเขตจำกัดกับนักเรียนระดับใดระดับหนึ่งเท่านั้น โดยทั่วไปอุปกรณ์วิทยาศาสตร์มักจะมีราคาแพง ดังนั้นถ้าสามารถเลือกอุปกรณ์ที่ใช้ประโยชน์ได้กับงานหลายอย่าง มีข้อจำกัดน้อยก็ย่อมจะมีประโยชน์มาก

สรุปได้ว่า อุปกรณ์ที่จะใช้สำหรับการทดลองวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาควรเป็นแบบง่าย ๆ ใช้ได้สะดวก มีความแข็งแรงทนทาน ถ้าสามารถซ่อมแซมได้เองเมื่อเกิดการชำรุดก็จะเป็นดี ส่วนประกอบต่างๆ ควรมองเห็นได้ชัดเจน ไม่ควรเป็นอุปกรณ์ที่มีความซับซ้อนมากนัก เพราะผู้เรียนจะต้องเป็นผู้ใช้เครื่องมือด้วยตัวเอง นอกจากนี้อุปกรณ์ที่มีความซับซ้อนมากมักจะมีราคาแพงกว่าอุปกรณ์แบบง่าย ๆ อุปกรณ์บางอย่างครูผู้สอนอาจจะผลิตขึ้นใช้ได้เอง เพื่อเป็นการประหยัดและสามารถใช้ได้ตรงตามวัตถุประสงค์มากขึ้น

ทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์

ประภาภรณ์ มูลแสง (ม.ป.ป. : 304) ได้กล่าวถึง ทักษะการใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ และประโยชน์ของการมีทักษะในการใช้วัสดุอุปกรณ์ ดังนี้

การเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์นั้นมีลักษณะพิเศษแตกต่างกับสาขาวิชาอื่นๆ คือ วิชาวิทยาศาสตร์มักเกี่ยวข้องกับการทดลอง เพื่อรวบรวมข้อมูลในการสรุปเป็นกฎเกณฑ์ต่างๆ การทดลองนั้นจำเป็นต้องใช้วัสดุอุปกรณ์ โดยเฉพาะการเรียนวิทยาศาสตร์ในยุคปัจจุบัน ได้เน้นถึงการให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยการศึกษา ค้นคว้า ทดลองหาคำตอบด้วยตนเอง นักเรียนจึงมีความจำเป็นต้องได้รับคำแนะนำทักษะการใช้อุปกรณ์ต่างๆ จากครูผู้สอน ครูผู้สอนต้องรู้ถึงวิธีการใช้เครื่องมือต่างๆ อย่างชำนาญ เพื่อจะถ่ายทอดวิธีการใช้ได้ถูกต้อง

ประโยชน์ของการมีทักษะในการใช้วัสดุอุปกรณ์

การเรียนรู้ทักษะในการใช้วัสดุอุปกรณ์ให้ถูกต้อง ก่อให้เกิดประโยชน์หลายประการ ดังนี้

1. ความปลอดภัย ในการทดลองวิทยาศาสตร์ มักจะต้องพบกับอันตรายที่เกิดขึ้นเสมอ ถ้าหากขาดความระมัดระวังหรือขาดทักษะในการใช้วัสดุอุปกรณ์
2. มีประสิทธิภาพในการทดลอง การมีทักษะในการใช้และเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่เหมาะสม และถูกต้องนั้นจะทำให้การทดลองดำเนินไปด้วยดีและรวดเร็ว ผลการทดลองมีความแม่นยำและมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย
3. ใช้เวลาในการทดลองน้อยลง เมื่อครูมีประสบการณ์ในการใช้วัสดุอุปกรณ์การทดลอง เป็นอย่างดี และมีความชำนาญในการใช้ จะช่วยลดเวลาในการทดลองลงได้ เพราะการที่ครูขาดความชำนาญ จะทำให้มีอุปสรรคในการทดลองมาก
4. ประหยัดวัสดุอุปกรณ์ วัสดุอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ต่างๆ ส่วนใหญ่มักมีราคาแพง การใช้ไม่ถูกต้อง จะทำให้สิ้นเปลืองและไม่เป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอน
5. ให้คำปรึกษาแนะนำแก่ผู้เรียนได้ถูกต้อง ในการทดลองวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนมักจะมีปัญหามากมาย ทั้งด้านการใช้วัสดุอุปกรณ์และการอธิบายผลการทดลอง ครูผู้สอนจะต้องสามารถอธิบายกลไกการทำงานของอุปกรณ์ สาธิตการใช้ได้ถูกต้อง เมื่อเกิดปัญหาสามารถแก้ปัญหาได้ ไม่ปล่อยให้ผู้เรียนสงสัยโดยไม่มีคำตอบให้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการสร้างชุดทดลองและวงจรอิเล็กทรอนิกส์มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

ธนิต บุญใส (2533 : บทคัดย่อ) ได้ทำการสร้างและการทดลอง เพื่อหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชุดประลองวิชาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และวงจร กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 2 ช่างไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 20 คน ข้อมูลที่ได้มาจากคะแนนทำแบบทดสอบ หลังทำการประลองของนักศึกษา และคะแนนสอบรวบยอดหลังจากนักศึกษาทำการประลองครบทุกหัวเรื่อง ผลการวิจัยปรากฏว่าชุดประลองอิเล็กทรอนิกส์และวงจรที่สร้างขึ้น มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ร้อยละ 89.16/82.00 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80 ตามสมมติฐานการวิจัย

ทอง ลานธารทอง (2534 : บทคัดย่อ) ได้ทำการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดประลองอิเล็กทรอนิกส์กำลัง โดยนำชุดประลองอิเล็กทรอนิกส์กำลังที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักศึกษาไฟฟ้าระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ และวิทยาเขตนนทบุรี จำนวน 54 คน แบ่งเป็นกลุ่มย่อยสถาบันละ 6 กลุ่ม รวม 18 กลุ่ม ผลการวิจัยปรากฏว่าชุดประลองอิเล็กทรอนิกส์กำลังที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพทางด้านความเที่ยงตรง ร้อยละ 90.33 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

บุญเกียรติ กิ่งวัชรพงศ์ (2534 : บทคัดย่อ) ได้ทำการสร้างและหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ชุดทดลองวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 1 ตามหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงพุทธศักราช 2527 กรมอาชีวศึกษา เพื่อเปรียบเทียบกับชุดทดลองเดิม โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 18 คน ซึ่งเป็นนักศึกษาที่จบระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพในปีการศึกษา 2534 แผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคยะลา กลุ่มทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 1 ที่สร้างขึ้น ส่วนกลุ่มควบคุมใช้ชุดทดลองเดิม ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 1 ที่สร้างขึ้นสูงกว่าการเรียนโดยใช้ชุดทดลองเดิม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้นเอื้ออำนวยความสะดวกในการใช้งาน มีความสอดคล้องกับหลักสูตรและมีคุณค่าทางวิชาการอยู่ในเกณฑ์ดี

พรเทพ สรนนท์ (2538 : บทคัดย่อ) ได้ทำการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดประลองวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม 1 ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ตามหลักสูตรของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 2 สาขาช่างอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี จำนวน 16 คน ผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดประลองวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม 1 ที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพ 86.12/83.30 ซึ่งมากกว่าเกณฑ์ 80/80 ที่กำหนด

วันชัย ศศิสกุลพร (2540 : บทคัดย่อ) ได้ทำการสร้างและทดลองหาประสิทธิภาพของชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์ 1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล โดยมีกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง ซึ่งต้องเรียนโดยใช้ชุดทดลองที่สร้างขึ้น จำนวน 18 คน และกลุ่มควบคุม ซึ่งต้องเรียนโดยใช้ชุดทดลองบนบอร์ดพื้นฐานแบบเดิม จำนวน 19 คน ผลการวิจัยพบว่า ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของชุดทดลองมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 2.43 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาในกลุ่มที่ใช้ชุดทดลองที่สร้างขึ้น มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 72.61 ในขณะที่กลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยชุดทดลองบนบอร์ดพื้นฐานแบบเดิม มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 68.84 เมื่อทดสอบนัยสำคัญทางสถิติพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน

จตุรงค์ จตุรเชิดชัยสกุล (2540 : บทคัดย่อ) ได้ทำการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดประลองวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในงานควบคุม หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรชั้นสูง ชั้นปีที่ 4 สาขาไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครศรีอยุธยา จำนวน 10 คน โดยแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มย่อย กลุ่มละ 2 คน ซึ่งได้จากการสุ่มแบบธรรมดา ผลการวิจัยปรากฏว่า ชุดประลองวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในงานควบคุมที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพทางด้านความเที่ยงตรง ร้อยละ 97.38 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

สมมติฐานการวิจัย

1. ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด
2. การทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ประกอบการเรียนการสอน ได้ผลตามเกณฑ์ร้อยละ

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนหลัก 2 ขั้นตอน คือ 1) การสร้างชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 2) การทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ประกอบการเรียนการสอน แต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดการดำเนินการดังต่อไปนี้

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

1. การสร้างชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ในการดำเนินการตามขั้นตอนการสร้างชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนย่อย 8 ขั้นตอน คือ 1) การกำหนดวัสดุ - อุปกรณ์ในการสร้างแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 2) การออกแบบและสร้างแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 3) การสร้างผังวงจรรวมของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 4) การสร้างแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 5) การทดสอบประสิทธิภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 6) การประเมินคุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 7) การสร้างคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 8) การวิเคราะห์ข้อมูล แต่ละขั้นตอนได้ดำเนินการดังนี้

1.1 การกำหนดวัสดุ - อุปกรณ์ในการสร้างแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ในการกำหนดวัสดุ - อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์นี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้วัสดุ - อุปกรณ์ โดยคำนึงถึงคุณสมบัติต่อไปนี้ มีคุณภาพดี แข็งแรง ทนทาน หาซื้อได้ง่าย ราคาถูกและความเหมาะสมของวัสดุเป็นสำคัญ โดยได้พิจารณาคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ซึ่งวัสดุ - อุปกรณ์ที่เลือกใช้ประกอบด้วย

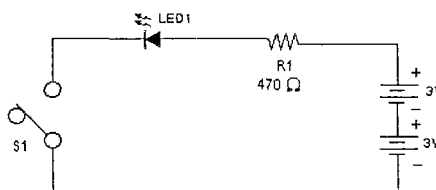
- แผ่นพลาสติก
- สีสเปรย์ดำด้าน
- ขดลวดสปริง
- สติกเกอร์ใส
- กระดาษสี
- กาวลาเทกซ์
- น้ำยาเชื่อมพลาสติก

- อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ ตัวต้านทาน ตัวต้านทานปรับค่าได้ ตัวเก็บประจุ ทรานซิสเตอร์ หม้อแปลงไฟฟ้า รีเลย์ ฟิวส์ แบตเตอรี่ ไดโอด สวิตช์แบบต่างๆ สายไฟ แบตเตอรี่ ที่ใส่แบตเตอรี่

1.2 การออกแบบและสร้างแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ในขั้นการออกแบบและสร้างแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์นี้ ผู้วิจัยได้กำหนดเนื้อหาทางอิเล็กทรอนิกส์ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยศึกษาเนื้อหาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ในหลักสูตรระดับชั้นมัธยมศึกษา และชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์ที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด จากนั้นได้ออกแบบดัดแปลงวงจรพื้นฐานทางอิเล็กทรอนิกส์ใช้สำหรับการทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 30 การทดลอง (ชื่อการทดลองทั้ง 30 การทดลอง แสดงไว้ในภาคผนวก ก) แต่ละการทดลองแสดงเป็นภาพประกอบวงจรและหลักการทำงานของวงจร ดังตัวอย่าง วงจรการทดลองที่ 1 “มาต่อวงจรไฟฟ้ากันเถอะ” ต่อไปนี้

วงจรการทดลองที่ 1 “มาต่อวงจรไฟฟ้ากันเถอะ” วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบ 76



ภาพประกอบที่ 76 แสดงการต่อวงจรไฟฟ้า

หลักการทำงาน

ในวงจรนี้ไดโอดเปล่งแสง (LED) ทำหน้าที่เป็นตัวแสดงผลว่ามีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านวงจร (แทนแอมมิเตอร์) ความสว่างของไดโอดเปล่งแสง จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสที่ไหลผ่าน R1 เป็นตัวจำกัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน LED1 ไม่ให้มากเกินไป สวิตช์จะเป็นตัวเปิด - ปิดวงจร เมื่อเปิดสวิตช์วงจรปิด กระแสไฟฟ้าจะไหลครบวงจร ถ้าปิดสวิตช์วงจรเปิดไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร

การติดตั้งอุปกรณ์ควรระวังเรื่องขั้วของไดโอดเปล่งแสง (LED1) ต้องต่อให้ถูกขั้ว เพราะไดโอดเปล่งแสงมีหลักการทำงานเหมือนกับไดโอดทั่วไป

ภาพประกอบวงจรและหลักการทำงานของวงจรการทดลองทั้ง 30 การทดลอง แสดงไว้ในภาคผนวก ข

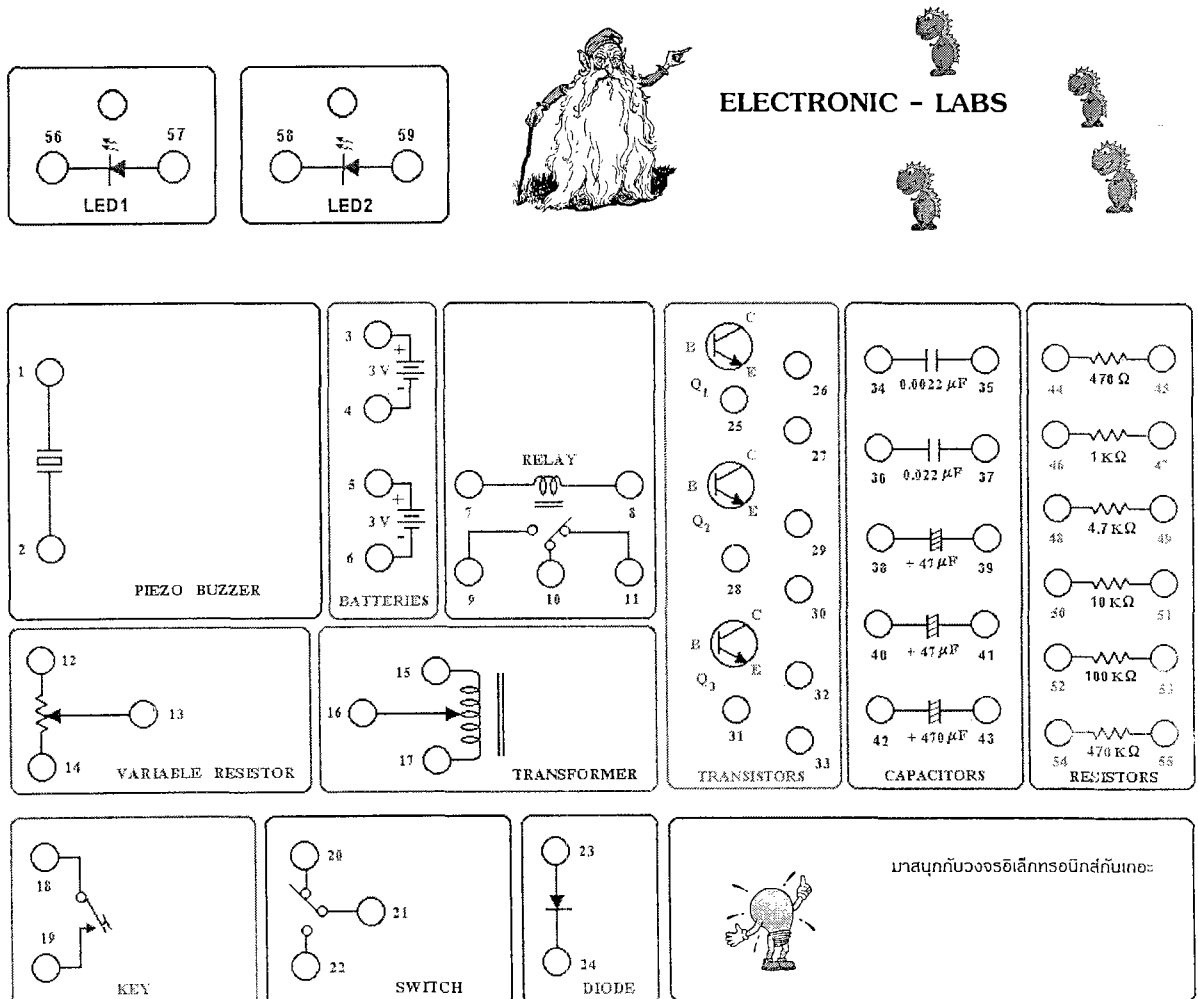
1.3 การสร้างผังวงจรรวมของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

เมื่อได้ออกแบบวงจรการทดลองทั้ง 30 การทดลองแล้ว ผู้วิจัยได้นำวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ออกแบบ มาประกอบเป็นผังวงจรรวมของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยจัดชนิดของอุปกรณ์ที่เหมือนกันไว้ด้วยกัน โดยได้ดำเนินการดังต่อไปนี้

1.3.1 ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการเขียนผังวงจรรวม ดังภาพประกอบ 77

1.3.2 กำหนดหมายเลขที่ขาของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ใช้เป็นตำแหน่งอ้างอิง อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บนแผงวงจร เพื่อความสะดวกในการอธิบายขั้นตอนการทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

1.3.3 นำผังวงจรรวมที่ได้ติดลงบนกระดาษแข็งแล้วติดสติ๊กเกอร์สีทับอีกครั้ง จากนั้นจะระบุบนผังวงจรรวม ก่อนที่จะติดลงบนฐานของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้ที่เจาะกระดาษ เพื่อป้องกันการเสียหายของผังวงจรรวมจากการเจาะฐานของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์



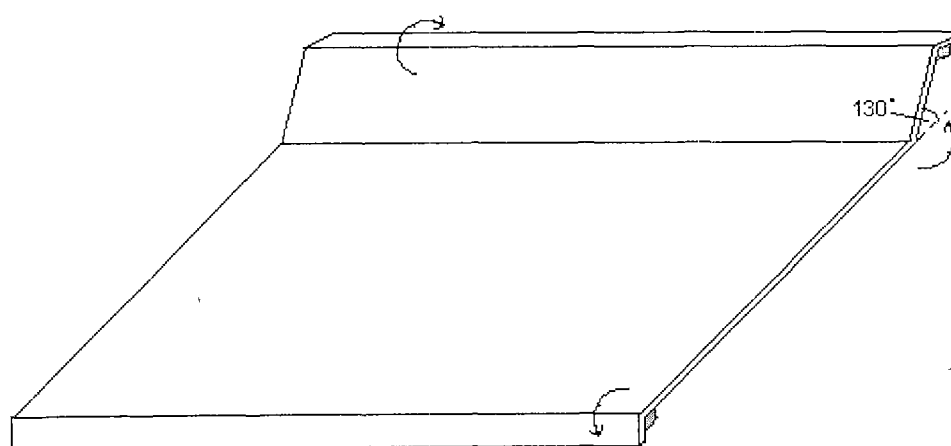
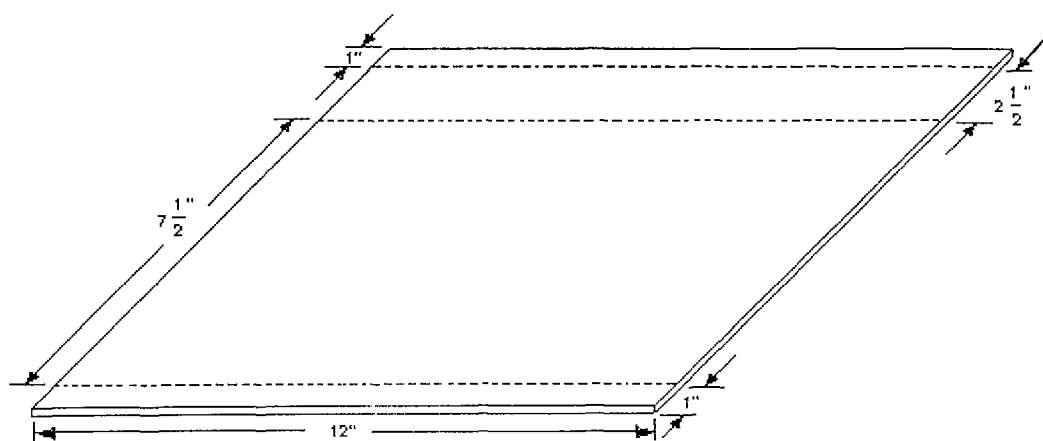
ภาพประกอบ 77 แสดงผังวงจรรวม

1.4 การสร้างแผงวงจรของชุดอิเล็กทรอนิกส์

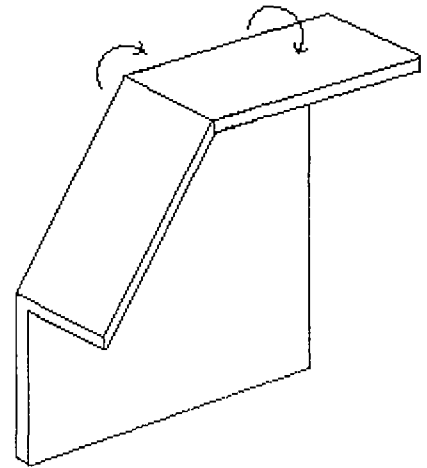
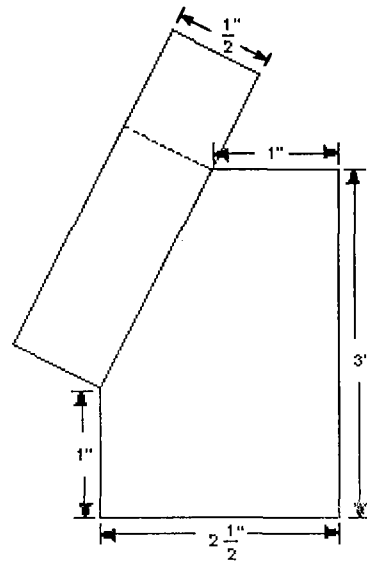
เมื่อสร้างผังวงจรรวมของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์แล้ว ผู้วิจัยได้นำอุปกรณ์ในหัวข้อ

1.1 มาติดตั้งลงบนแผงวงจรของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

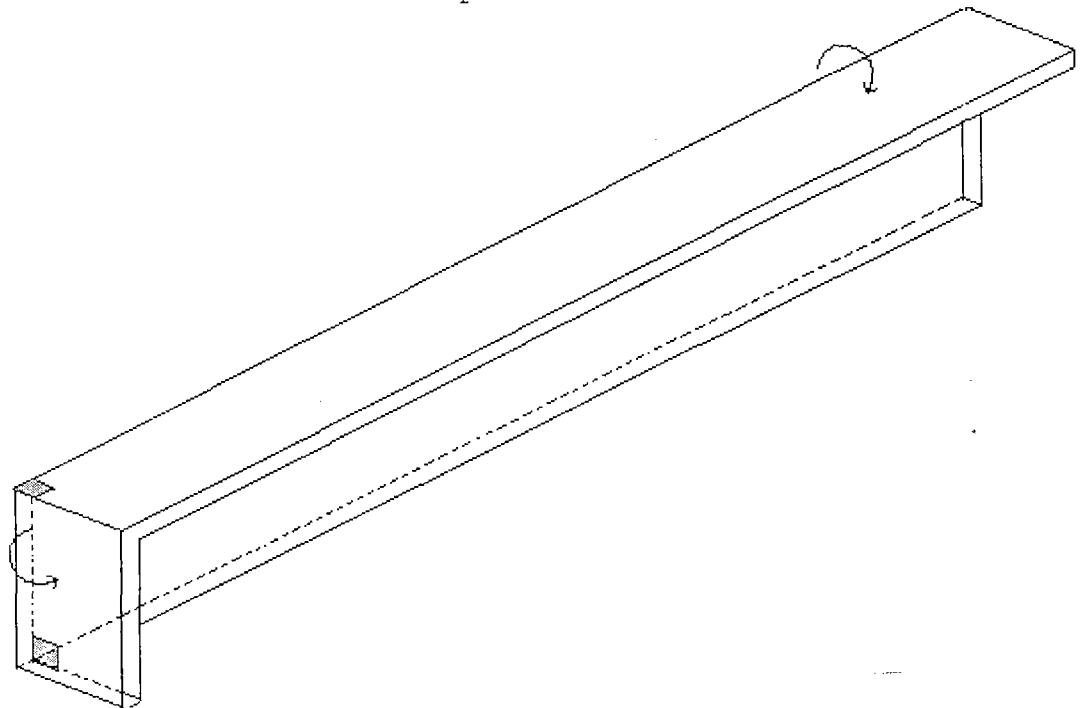
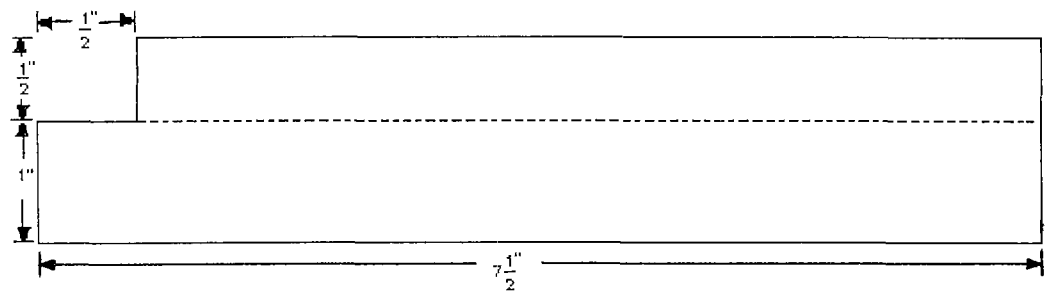
1.4.1 เขียนแบบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ดังภาพประกอบ 78



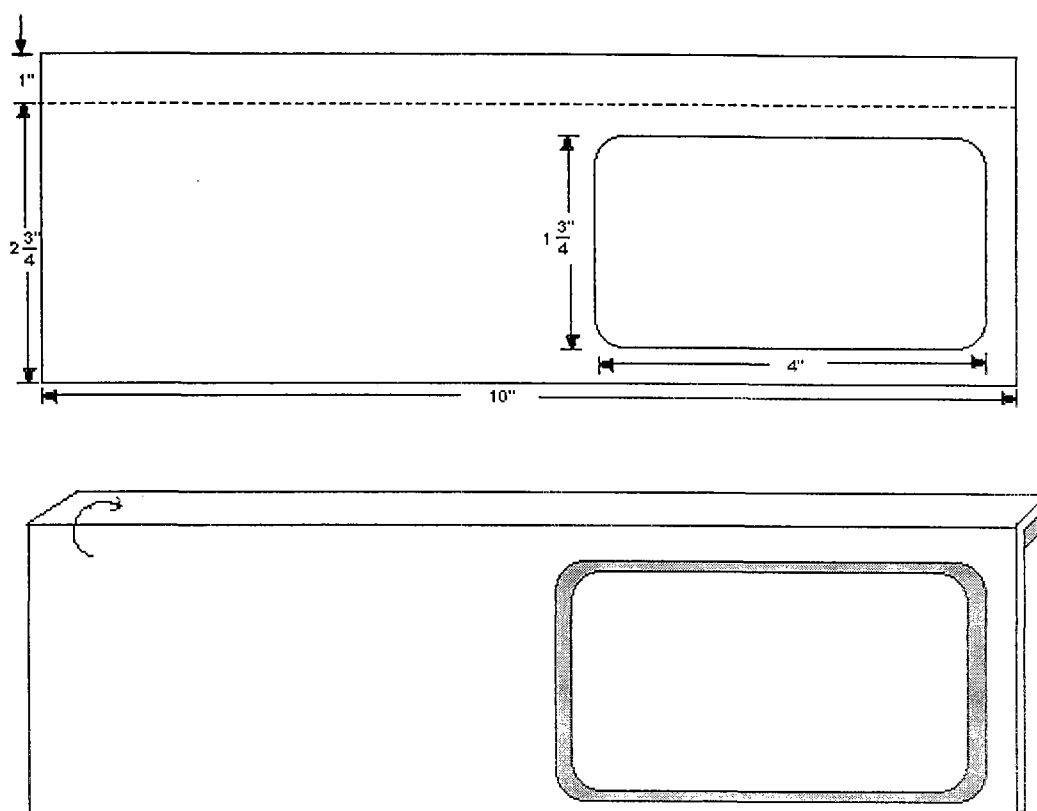
(ก)



(9)



(10)



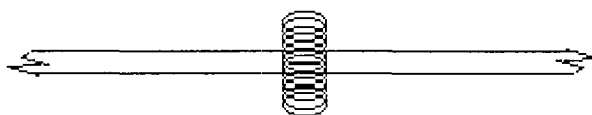
(ง)

ภาพประกอบ 78 แสดงแบบผังวงจรรีเลย์อิเล็กทรอนิกส์

1.4.2 สร้างผังวงจรของชุดวงจรรีเลย์อิเล็กทรอนิกส์ ตามแบบที่สร้างขึ้น โดยมีลำดับขั้นตอนดังนี้

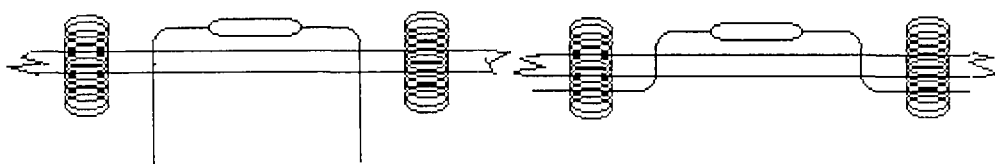
- สร้างผังวงจร โดยใช้แผ่นพลาสติกชนิดพีวีซี ตัดแผ่นพลาสติกให้ได้ตามแบบที่กำหนด
- พับแผ่นพลาสติกตามแบบภาพประกอบ 78 ในการพับแผ่นพลาสติก ควรให้ความร้อนที่แผ่นพลาสติกทั้งด้านหน้าและด้านหลัง ก่อนที่จะพับควรตรวจดูให้แน่ใจว่าแผ่นพลาสติกมีอุณหภูมิที่พอที่จะพับได้ เพราะอาจทำให้แผ่นพลาสติกแตกหักได้ถ้าไม่มีความอ่อนตัว
- สร้างผังวงจรรีเลย์อิเล็กทรอนิกส์ตามแบบครบทุกชิ้น จากนั้นตกแต่งให้เรียบร้อย เชื่อมรอยต่อที่มีระยะห่าง ด้วยผงพลาสติกและน้ำยาเชื่อมพลาสติก ทิ้งไว้ให้แห้งสนิทแล้วใช้กระดาษทรายขัดให้เรียบ
- พ่นผังวงจรรีเลย์อิเล็กทรอนิกส์ด้วยสีดำ

- ทากาวลาเทกซ์ที่ฐานของแผงวงจรให้ทั่ว แล้วนำผังวงจรรวมติดลงบนแผงวงจร ทิ้งไว้ให้กาวแห้ง
- เจาะรูบนแผงวงจร เพื่อใส่ขดลวดสปริงและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
- ตกแต่งรูที่เจาะให้เรียบร้อย ด้วยตะไบทางหนู (ขณะตะไบควรระวัง เพราะอาจทำให้ผังวงจรเสียหายได้)
- ตัดสปริงที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร ยาวท่อนละ 12 มิลลิเมตร นำไปยัดเข้ากับรูที่เจาะไว้ดังภาพประกอบที่ 79



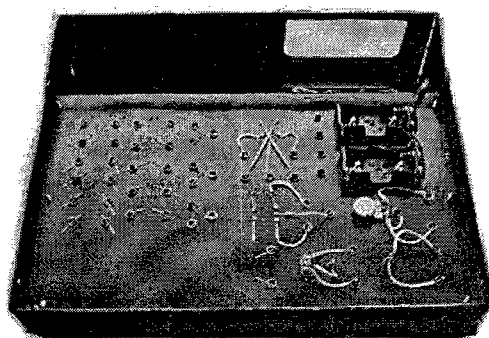
ภาพประกอบ 79 แสดงการยัดสปริงเข้ากับแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์

- ติดตั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บนแผงวงจร ตามตำแหน่งที่กำหนดไว้ โดยยึดขาของตัวอุปกรณ์เข้ากับสปริงที่อยู่ด้านหลังของแผงรองรับ ดังภาพประกอบที่ 80



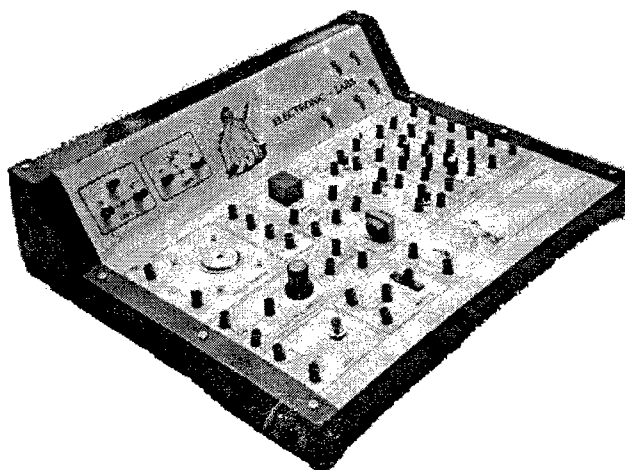
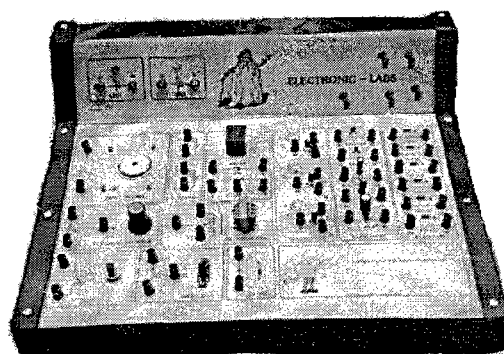
ภาพประกอบ 80 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เข้ากับแผงวงจร

- ถ้าขาของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ตัวใดสั้นเกินไป ให้ใช้สายไฟเชื่อมต่อโดยใช้หัวแร้งละลายตะกั่วเชื่อมขาของอุปกรณ์กับสายไฟ ตรวจสอบว่าเชื่อมติดแล้ว
- ติดตั้งที่ใส่เซลล์ไฟฟ้าทางด้านหลังแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ต่อสายไฟโดยยัดเข้ากับขดสปริงให้ตรงตำแหน่งขั้วของแบตเตอรี่ ดังภาพประกอบ 81



ภาพประกอบ 81 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เข้ากับแผงวงจรทางด้านหลัง

- ประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ดังภาพประกอบ 82



ภาพประกอบ 82 แสดงแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์

1.5 การทดสอบประสิทธิภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

เมื่อได้สร้างแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ขึ้นแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการทำงานของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ดังกล่าวตามคู่มือการใช้ชุดอิเล็กทรอนิกส์ด้วยตนเอง โดยทำการทดลองซ้ำวงจรละ 5 ครั้ง แล้วบันทึกผลการทดลอง เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของวงจร ผลการทดสอบดังกล่าวแสดงไว้ในตาราง 8 - 37 ในการทดสอบด้วยตนเองนี้ ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไขส่วนที่บกพร่องซึ่งมีอยู่ไม่มากนักให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ก่อนนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์ทำการตรวจสอบและประเมินคุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่อไป

1.6 การประเมินคุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ผู้วิจัยได้นำชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์ทำการตรวจสอบและประเมินคุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินในครั้งนี้ มีประสบการณ์การสอนวิชาไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์ หรือวิชาฟิสิกส์ ไม่ต่ำกว่า 5 ปี จำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วย อาจารย์ชูเกียรติ ชัยชนะดารา อาจารย์หมวดวิทยาศาสตร์ โรงเรียนสตรีวิทยา ดร. ทวีพล จุฑะพล อาจารย์หมวดการงานและอาชีพ โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย อาจารย์นิมิตร อ้อมฉันทา อาจารย์หมวดการงานและอาชีพ โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย อาจารย์ สมศักดิ์ นามวงษ์ อาจารย์หมวดอุตสาหกรรม โรงเรียนศรีกระนวนวิทยาคม และอาจารย์ไชยยันต์ ศิริโชติ สาขาวิชาฟิสิกส์ สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ในการประเมินครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินคุณภาพชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยศึกษาวิธีการสร้างแบบประเมินจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง เช่น หนังสือเทคนิคการวิจัย และงานวิจัยต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบประเมินคุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ แบบประเมินคุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 อันดับ ตามวิธีของลิเคอร์ท (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2538 : 114) โดยกำหนดให้ระดับดีมาก, ดี, พอใช้, ต้องปรับปรุงและใช้ไม่ได้มีคะแนนเป็น 4, 3, 2, 1 และ 0 ตามลำดับ ซึ่งในการประเมินครั้งนี้ผู้วิจัยได้ให้ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินคุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 4 ด้าน คือ 1) ลักษณะกายภาพทั่วไป จำนวน 5 ข้อ 2) ลักษณะการใช้งาน จำนวน 6 ข้อ 3) การบำรุงรักษาและซ่อมแซม จำนวน 4 ข้อ 4) ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน จำนวน 5 ข้อ นอกจากการประเมินในเชิงปริมาณดังกล่าวแล้วยังมีส่วนเป็นคำถามแบบปลายเปิด เพื่อให้ผู้ประเมินแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมและให้ข้อเสนอแนะต่างๆ ด้วย แบบประเมินดังกล่าวนี้ได้รับการตรวจสอบความเหมาะสมจากประธานที่ปรึกษาปริญญาโท (รองศาสตราจารย์ ดร. ญัฐพงษ์ เจริญพิทย์) และผู้เชี่ยวชาญอีก 2 ท่าน คือ รองศาสตราจารย์ ดร. สมสรร วงษ์อยู่น้อย สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร และดร. สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อตรวจสอบเนื้อหาของแบบประเมินให้ครอบคลุมคุณภาพด้านต่างๆ ที่ต้องการตรวจสอบ ก่อนนำไปใช้จริง

1.7 การสร้างคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ในการวิจัยครั้งนี้ เพื่อความสะดวกต่อการนำชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ไปทดลองใช้ ผู้วิจัยได้สร้างคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ขึ้น 2 ชุด โดยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1.7.1 ในการสร้างคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยได้ศึกษาจุดมุ่งหมายของหลักสูตรจากหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาความรู้ทางไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนการสอนและวัสดุ - อุปกรณ์ในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

1.7.2 ส่วนประกอบของคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ในการสร้างคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้น 2 ชุด คือ คู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับผู้เรียนและคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับผู้สอนซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดส่วนประกอบของคู่มือแต่ละชุดไว้ดังนี้

1.7.2.1 คู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับผู้เรียน ประกอบด้วย

- ใบความรู้
- กิจกรรมการทดลอง
- จุดประสงค์การเรียนรู้
- เวลาที่ใช้
- วัสดุ - อุปกรณ์
- วิธีการทดลอง
- การรายงานผลการทดลองและสรุปการทดลอง
- คำถามท้ายการทดลอง

1.7.2.2 คู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับผู้สอน ประกอบด้วย

- กิจกรรมการทดลอง
- จุดประสงค์การเรียนรู้
- เวลาที่ใช้
- วัสดุ - อุปกรณ์
- วิธีการทดลอง
- แนวการบันทึกผลการทดลองและสรุปการทดลอง
- แนวการตอบคำถามท้ายการทดลอง
- ความรู้เพิ่มเติม

1.7.3 นำคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น ไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วย อาจารย์ชูเกียรติ ชัยชนะดารา อาจารย์หมวดวิทยาศาสตร์ โรงเรียนสตรีวิทยา ดร. ทวีพล จุฑะพล อาจารย์หมวดการงานและอาชีพ โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย อาจารย์นิมิตร อัมมณฑา อาจารย์หมวดการงานและอาชีพ โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย อาจารย์สมศักดิ์ นามวงษ์ อาจารย์หมวดอุตสาหกรรม โรงเรียนศรีกระนวนวิทยาคม และอาจารย์ไชยยันต์ ศิริโชติ สาขาวิชาฟิสิกส์ สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พิจารณาค่าความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้กับเนื้อหาของการทดลอง ซึ่งผลการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้กับเนื้อหาของการทดลอง ในแต่ละข้อส่วนใหญ่ได้ผล 3 ใน 5 ท่าน ขึ้นไป แสดงว่าค่าดัชนีความสอดคล้องได้ค่าตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป ปรับปรุงแก้ไขคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ก่อนนำไปทดลองใช้จริง ผลการพิจารณาแสดงไว้ที่ภาคผนวก จ

1.8 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบคุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์นี้ กระทำโดยการคำนวณค่าเฉลี่ย จากผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน การคำนวณค่าเฉลี่ยดังกล่าว ประเมินจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 4 ด้าน คือ ลักษณะกายภาพทั่วไป ลักษณะการใช้งาน การบำรุงรักษาและซ่อมแซม และความเหมาะสมด้านการนำไปประกอบการเรียนการสอน ตัดสินคุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 3.00 (จากมาตราส่วน 5 อันดับ เมื่อ 0 หมายถึง ใช้ไม่ได้, ... , และ 4 หมายถึง ดีมาก) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงไว้ในบทที่ 4 ตาราง 38 - 41

2. การทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ประกอบการเรียนการสอน

ในการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ประกอบการเรียนการสอน ผู้วิจัยได้ให้กลุ่มบุคคล 2 กลุ่ม คือ กลุ่มผู้สอนและกลุ่มผู้เรียน เป็นผู้ทดลองใช้ ซึ่งแต่ละกลุ่มได้ดำเนินการแยกกัน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 การทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของกลุ่มผู้สอน

ในการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ประกอบการเรียนการสอนของกลุ่มผู้สอน ได้ดำเนินการโดยลำดับดังนี้

2.1.1 การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างกลุ่มผู้สอนจากอาจารย์สอนวิชาวิทยาศาสตร์ กายภาพชีวภาพ เคมี ชีววิทยา ฟิสิกส์ และไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์ โรงเรียนศรีกระนวนวิทยาคม อำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น จำนวน 10 คน โดยการคัดเลือกตามคุณสมบัติที่กำหนดดังนี้

- 1) เป็นอาจารย์ที่สอนในหมวดวิทยาศาสตร์ และหมวดอุตสาหกรรม
- 2) มีประสบการณ์ในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ หรือไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์ ไม่ต่ำกว่า 5 ปี
- 3) มีความสนใจ มีความพร้อม และให้ความร่วมมือในการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้ 1) ผู้สอนกลุ่มที่ 1 เป็นอาจารย์สอนวิชาฟิสิกส์ และไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 5 คน
- 2) ผู้สอนกลุ่มที่ 2

เป็นอาจารย์สอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เคมี และชีววิทยา จำนวน 5 คน ทำการทดลองเป็นรายบุคคล

2.1.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของกลุ่มผู้สอน ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2541 โดยทดลองนอกเวลาเรียน สัปดาห์ละ 5 วัน วันละ 60 นาที เป็นเวลา 1 สัปดาห์

2.1.3 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษากลุ่มผู้สอน คือ

- ความสามารถในการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์
- เจตคติต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

2.1.4 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของผู้สอน

เครื่องมือในการประเมินการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของผู้สอน ประกอบด้วย แบบประเมินพฤติกรรมของผู้สอน และแบบสอบถามเจตคติต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นตามลำดับขั้นตอนดังนี้

2.1.4.1 การสร้างแบบประเมินพฤติกรรมของผู้สอน

แบบประเมินพฤติกรรมของผู้สอน มีลักษณะเป็นแบบสังเกตพฤติกรรมใช้ประเมินผู้สอนในระหว่างทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยผู้วิจัยสังเกตการปฏิบัติการทดลองของผู้สอนว่ามีความสามารถใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ถูกต้องหรือไม่ บันทึกลงในแบบตรวจสอบรายการ (Check list) ทั้ง 30 การทดลอง

2.1.4.2 การสร้างแบบสอบถามเจตคติต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

- ศึกษาการสร้างแบบสอบถามตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert) จำนวน 32 ข้อ ซึ่งจะพิจารณาโดยรวมในการแสดงความคิดเห็นหรือความรู้สึกในด้านต่าง ๆ ต่อไปนี้ คือ ความสำคัญและประโยชน์ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ความนิยมชมชอบในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ความสนใจในการทดลองของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ แนวโน้มการแสดงออกของพฤติกรรมที่จะมีต่อวิชาอิเล็กทรอนิกส์ แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ดร. ฤทธิพงษ์ เจริญพิทย ภาควิชาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ประธานที่ปรึกษาปริญญาโท) รองศาสตราจารย์ ดร. สมสร วังษ์อยู่น้อย สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร และดร. สมปรารถนา วงศ์บุญหนัก ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร พิจารณาความเหมาะสมของข้อความ ปรับปรุงแก้ไขตามที่ผู้เชี่ยวชาญแนะนำ

- นำแบบสอบถามเจตคติต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่แก้ไขเรียบร้อยแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนศรีกระนวนวิทยาคม ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 100 คน

- นำข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบสอบถามเจตคติต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์มาให้คะแนน ถ้าข้อความนั้นเป็นไปในทางบวก (เชิงนิมิต) ให้คะแนนดังนี้

เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ให้	5	คะแนน
เห็นด้วย	ให้	4	คะแนน
ไม่แน่ใจ	ให้	3	คะแนน
ไม่เห็นด้วย	ให้	2	คะแนน
ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ให้	1	คะแนน
ถ้าข้อความนั้นเป็นไปในทางลบ (เชิงนิเสธ) ให้คะแนนดังนี้			
เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ให้	1	คะแนน
เห็นด้วย	ให้	2	คะแนน
ไม่แน่ใจ	ให้	3	คะแนน
ไม่เห็นด้วย	ให้	4	คะแนน
ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ให้	5	คะแนน

- นำผลคะแนนของแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 100 คน หาค่าอำนาจจำแนก โดยเรียงคะแนนของแต่ละคน จากมากที่สุดไปน้อยที่สุด เลือกนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มสูงมา 25% กลุ่มต่ำ 25% คำนวณหาค่า t แล้วเลือกข้อคำถามที่ค่า t สูงกว่า 1.75 ได้จำนวน 32 ข้อความ

- นำแบบสอบถามวัดเจตคติที่มีค่าอำนาจจำแนก มาคำนวณ หาค่าความเชื่อมั่น โดยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา ของครอนบาค (Cronbach) ได้ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ 0.87 รายละเอียดและข้อมูลแสดงไว้ที่ภาคผนวก จ

- นำแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ไปทดลองใช้จริง

2.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูลการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของกลุ่มผู้สอน

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนนี้ แยกวิเคราะห์เป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นการวิเคราะห์เพื่อประเมินพฤติกรรมผู้สอน ตอนที่ 2 เป็นการวิเคราะห์เพื่อประเมินเจตคติของผู้สอนที่มีต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ การประเมินแต่ละตอน มีการดำเนินการดังนี้

ตอนที่ 1 การประเมินพฤติกรรมผู้สอน ใช้ข้อมูลจากแบบตรวจสอบรายการ ซึ่งจะได้ข้อมูลเป็น “ปฏิบัติได้ = 1 คะแนน” และ “ปฏิบัติไม่ได้ = 0 คะแนน” สำหรับการทดลองแต่ละการทดลอง (มีทั้งหมด 30 การทดลอง) ในส่วนนี้จะพิจารณาตามการทดลอง โดยแต่ละการทดลอง จะพิจารณาคัดสินโดยใช้เกณฑ์ร้อยละ 80

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามเจตคติต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยนำคะแนนจากข้อคำถามแต่ละข้อมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย แล้วพิจารณาจัดเป็นระดับความคิดเห็น ตามเกณฑ์ดังนี้

ช่วงของค่าเฉลี่ย	การแปลความ
1.00 - 2.33	ไม่ดี
2.34 - 3.66	พอใช้
3.67 - 5.00	ดี

2.2 การทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของกลุ่มผู้เรียน

ในการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ประกอบการเรียนการสอนของกลุ่มผู้เรียน ได้ดำเนินการโดยลำดับดังนี้

2.2.1 การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างกลุ่มผู้เรียน จากนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนศรีกระนวนวิทยาคม อำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น โดยการสุ่มแบบจัดชั้น (Stratified random sampling) จากนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 10 คน และนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 10 คน โดยทำการทดลองเป็นรายบุคคล

2.2.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของกลุ่มผู้เรียน ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2541 โดยทดลองนอกเวลาเรียน สัปดาห์ละ 5 วัน วันละ 60 นาที เป็นเวลา 3 สัปดาห์

2.2.3 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษากลุ่มผู้เรียน คือ

- ความสามารถในการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์
- ความรู้ความเข้าใจหลักการทำงานของวงจรในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์
- เจตคติต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

2.2.4 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของผู้เรียน

เครื่องมือในการประเมินการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของผู้เรียน ประกอบด้วย ผลการทดลองทุกการทดลองของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ คำถามท้ายการทดลองทุกการทดลองของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และแบบสอบถามเจตคติต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (ฉบับเดียวกับผู้สอน)

2.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของกลุ่มผู้เรียน

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนนี้ แยกวิเคราะห์เป็น 3 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นการวิเคราะห์เพื่อประเมินความสามารถในการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ตอนที่ 2 เป็นการวิเคราะห์เพื่อประเมินความรู้ความเข้าใจหลักการทำงานของวงจร และตอนที่ 3 เป็นการวิเคราะห์เพื่อประเมินเจตคติของผู้เรียนที่มีต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ การประเมินแต่ละตอน มีการดำเนินการดังนี้

ตอนที่ 1 ประเมินความสามารถในการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ จากการตรวจให้คะแนนผลการทดลอง ที่ผู้เรียนรายงานผลการทดลอง โดยแต่ละการทดลองใช้เกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ทำการทดลองได้ผลและอธิบายได้ชัดเจนให้	2	คะแนน
ทำการทดลองได้ผลแต่อธิบายไม่ได้ชัดเจนให้	1	คะแนน
ทำการทดลองไม่ได้ผลให้	0	คะแนน

จากนั้นพิจารณาตัดสินผลการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (สำหรับแต่ละการทดลอง) จากคะแนนเฉลี่ย (ที่คำนวณจากคะแนนของนักเรียนทั้งกลุ่ม) โดยใช้เกณฑ์ที่ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

ตอนที่ 2 ประเมินความรู้ความเข้าใจหลักการทำงานของวงจรในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของผู้เรียน จากคะแนนการตอบคำถามท้ายการทดลอง แต่ละข้อถ้าตอบถูกต้อง 1 คะแนน ตอบไม่ถูกต้อง 0 คะแนน ซึ่งแต่ละการทดลองรวมคะแนนแล้วต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

ตอนที่ 3 วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดเจตคติของผู้เรียนต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยนำคะแนนมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย แล้วพิจารณาจัดเป็นระดับความคิดเห็น ใช้เกณฑ์เดียวกันกับที่ใช้กับผู้สอน

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ จากสูตร (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2538 : 137)

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{N}$$

เมื่อ

$\bar{x}$	แทน	ค่าเฉลี่ยของข้อมูล
$\sum x$	แทน	ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ
N	แทน	จำนวนของผู้เชี่ยวชาญ

2. หาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ คำนวณจากสูตร (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2538 : 143)

$$S = \sqrt{\frac{N \sum x^2 - (\sum x)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ

S	แทน	ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน *
$\sum x$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
N	แทน	จำนวนของผู้เชี่ยวชาญ
x	แทน	คะแนนแต่ละคน

* ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล (บทที่ 4) ใช้สัญลักษณ์ S.D.

3. หาค่าความแปรปรวน (S^2) คำนวณจากสูตร จากสูตร (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2538 : 142)

$$S^2 = \frac{N \sum x^2 - (\sum x)^2}{N(N - 1)}$$

เมื่อ

S^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนน
$\sum x$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
N	แทน	จำนวนของนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
x	แทน	คะแนนแต่ละคน

4. หาค่าอำนาจจำแนกของแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดวงจรรีเลย์ทรอนิกส์ โดยแบ่งกลุ่มที่ได้คะแนนสูงและกลุ่มที่ได้คะแนนต่ำออกมากลุ่มละ 25% จากนั้นทำการทดสอบค่า t จากสูตรของ เอ็ดเวิร์ด (ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ. 2536 : 18 ; อ้างอิงมาจาก Edwards. 1957 : 152 - 154)

$$t = \frac{\bar{X}_H - \bar{X}_L}{\sqrt{\frac{S_H^2}{n_H} + \frac{S_L^2}{n_L}}}$$

เมื่อ

t	แทน	ค่าอำนาจจำแนกของข้อความ
$\bar{X}_H$	แทน	คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มสูง
$\bar{X}_L$	แทน	คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มต่ำ
S_H^2	แทน	คะแนนความแปรปรวนของกลุ่มสูง
S_L^2	แทน	คะแนนความแปรปรวนของกลุ่มต่ำ
n_H	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูง
n_L	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มต่ำ

5. หาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดวงจรรอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้สูตร
ครอนบัค (Cronbach) จากสูตร (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2538 : 125)

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left\{ 1 - \frac{\sum s_i^2}{s_t^2} \right\}$$

เมื่อ

α	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม
n	แทน	จำนวนข้อ
s_i^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนแต่ละข้อ
s_t^2	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

6. หาค่าความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้กับเนื้อหาของการทดลอง โดยใช้ดัชนี
ความสอดคล้อง จากสูตร (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2538 : 117)

$$IC = \frac{\sum R}{N}$$

เมื่อ

IC	แทน	ดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้กับ เนื้อหาการทดลอง
$\sum R$	แทน	ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ
N	แทน	จำนวนของผู้เชี่ยวชาญ

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 สร้างชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งประกอบด้วยแผงวงจร และคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนตอนที่ 2 นำชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ไปทดลองใช้ประกอบการเรียนการสอน แต่ละตอนปรากฏผลการวิเคราะห์ข้อมูล สรุปได้ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ผลการตรวจสอบการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์นี้ ประกอบด้วยการทดลอง 30 การทดลอง จากการตรวจสอบการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ได้ผลดังต่อไปนี้

ตาราง 8 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 1* ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ขั้นตอนการทดลอง	ผลที่ได้จากการทดลอง	ผลที่ได้จากการตรวจสอบ (ครั้ง)					รวม	
		1	2	3	4	5	สัดส่วน	%
เลื่อนสวิตช์ลง ปรากฏว่า LED1	สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100
เลื่อนสวิตช์ขึ้น ปรากฏว่า LED1	ไม่สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100
เชื่อมวงจรที่ 21 - 22 ปรากฏว่า LED1	สว่างตลอดเวลา	/	/	/	/	/	5/5	100

* การทดลองที่ 1 “มาต่อวงจรไฟฟ้ากันเถอะ”

หมายเหตุ / แสดงว่าผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี

x แสดงว่าผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี

จากตาราง 8 ต่อวงจรตามที่กำหนดในคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์แล้ว สังเกตการเปลี่ยนแปลงของไดโอดเปล่งแสง เมื่อเปิด - ปิดสวิตช์ ทดลองเชื่อมต่อวงจรที่ตำแหน่ง 21 และ 22 สังเกตการเปลี่ยนแปลงของไดโอดเปล่งแสง ซึ่งจากการตรวจสอบวงจร ปรากฏว่าผลที่ได้จากการทดลอง วงจรนี้สามารถทำงานได้ตามทฤษฎี

ตาราง 9 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 2* ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ขั้นตอนการทดลอง	ผลที่ได้จากการทดลอง	ผลที่ได้จากการตรวจสอบ (ครั้ง)					รวม	
		1	2	3	4	5	สัดส่วน	%
เลื่อนสวิตช์ลง	สว่าง							
ปรากฏว่า LED1		/	/	/	/	/	5/5	100
เลื่อนสวิตช์ขึ้น	ไม่สว่าง							
ปรากฏว่า LED1		/	/	/	/	/	5/5	100
สลับสายไฟที่ 23 - 24	ไม่สว่าง							
ปรากฏว่า LED1		/	/	/	/	/	5/5	100

* การทดลองที่ 2 “สนุกกับไดโอด”

หมายเหตุ / แสดงว่าผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี

x แสดงว่าผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี

จากตาราง 9 ต่อดังกล่าวที่กำหนดในคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์แล้ว สังเกตการเปลี่ยนแปลงของไดโอดเปล่งแสง เมื่อเปิด - ปิดสวิตช์ ทดลองสลับสายไฟที่ตำแหน่ง 23 และ 24 ให้สังเกตการเปลี่ยนแปลงของไดโอดเปล่งแสง ซึ่งจากการตรวจสอบวงจร ปรากฏว่าผลที่ได้จากการทดลอง วงจรนี้สามารถทำงานได้ตามทฤษฎี

ตาราง 10 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 3* ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ขั้นตอนการทดลอง	ผลที่ได้จากการทดลอง	ผลที่ได้จากการตรวจสอบ (ครั้ง)					รวม	
		1	2	3	4	5	สัดส่วน	%
เลื่อนสวิตช์ลง พร้อม ทั้งกดสวิตช์ KEY ปรากฏว่า LED1	สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100
เลื่อนสวิตช์ลง พร้อม ทั้งกดสวิตช์ KEY ปรากฏว่า LED2	สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100
ไม่เชื่อมต่อวงจรที่ ตำแหน่ง 57 และ 58 ปรากฏว่า LED1	ไม่สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100
ไม่เชื่อมต่อวงจรที่ ตำแหน่ง 57 และ 58 ปรากฏว่า LED2	ไม่สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100

* การทดลองที่ 3 “การต่อวงจรแบบอนุกรม”

หมายเหตุ / แสดงว่าผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี

x แสดงว่าผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี

จากตาราง 10 ต่อวงจรตามที่กำหนดในคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์แล้ว สังเกตการเปลี่ยนแปลงของไดโอดเปล่งแสง เมื่อเปิด - ปิดสวิตช์ ซึ่งจากการตรวจสอบวงจร ปรากฏว่าผลที่ได้จากการทดลอง วงจรนี้สามารถทำงานได้ตามทฤษฎี

ตาราง 11 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 4* ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ขั้นตอนการทดลอง	ผลที่ได้จากการทดลอง	ผลที่ได้จากการตรวจสอบ (ครั้ง)					รวม	
		1	2	3	4	5	สัดส่วน	%
เลื่อนสวิตช์ลง ปรากฏว่า LED1 และ LED2	สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100
เลื่อนสวิตช์ขึ้น แล้วกดสวิตช์ KEYปรากฏว่า LED1 และ LED2	สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100
ไม่เชื่อมต่อ LED1 เข้ากับวงจร เลื่อนสวิตช์ลง ปรากฏว่า LED1	ไม่สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100
ไม่เชื่อมต่อ LED2 เข้ากับวงจร เลื่อนสวิตช์ลง ปรากฏว่า LED2	สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100

* การทดลองที่ 4 “การต่อวงจรแบบขนาน”

หมายเหตุ / แสดงว่าผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี

x แสดงว่าผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี

จากตาราง 11 ต่อวงจรตามที่กำหนดในคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์แล้ว สังเกตการเปลี่ยนแปลงของไดโอดเปล่งแสง เมื่อเปิด - ปิดสวิตช์ ซึ่งจากการตรวจสอบวงจร ปรากฏว่าผลที่ได้จากการทดลอง วงจรนี้สามารถทำงานได้ตามทฤษฎี

ตาราง 12 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 5* ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ขั้นตอนการทดลอง	ผลที่ได้จากการทดลอง	ผลที่ได้จากการตรวจสอบ (ครั้ง)					รวม	
		1	2	3	4	5	สัดส่วน	%
เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว ปรากฏว่า LED1	สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100
เลื่อนสวิตช์ลง ปรากฏว่า LED1	สลับ	/	/	/	/	/	5/5	100

* การทดลองที่ 5 “มารู้จักกับตัวต้านทาน”

หมายเหตุ / แสดงว่าผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี

x แสดงว่าผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี

จากตาราง 12 ต่อวงจรตามที่กำหนดในคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์แล้ว สังเกตการเปลี่ยนแปลงของไดโอดเปล่งแสง เมื่อเปิด - ปิดสวิตช์ ซึ่งจากการตรวจสอบวงจร ปรากฏว่าผลที่ได้จากการทดลอง วงจรนี้สามารถทำงานได้ตามทฤษฎี

ตาราง 13 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 6* ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ขั้นตอนการทดลอง	ผลที่ได้จากการทดลอง	ผลที่ได้จากการตรวจสอบ (ครั้ง)					รวม	
		1	2	3	4	5	สัดส่วน	%
เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว ปรากฏว่า LED1	สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100
กดสวิตช์ KEY ลง ปรากฏว่า LED1	สว่างมากขึ้น	/	/	/	/	/	5/5	100

* การทดลองที่ 6 “การต่อตัวต้านทานแบบขนาน”

หมายเหตุ / แสดงว่าผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี

x แสดงว่าผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี

จากตาราง 13 ต่อวงจรตามที่กำหนดในคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์แล้ว สังเกตการเปลี่ยนแปลงของไดโอดเปล่งแสง ความสว่างของไดโอดเปล่งแสง เมื่อเปิด - ปิดสวิตช์แตกต่างกัน ซึ่งจากการตรวจสอบวงจร ปรากฏว่าผลที่ได้จากการทดลอง วงจรนี้สามารถทำงานได้ตามทฤษฎี

ตาราง 14 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 7* ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ขั้นตอนการทดลอง	ผลที่ได้จากการทดลอง	ผลที่ได้จากการตรวจสอบ (ครั้ง)					รวม	
		1	2	3	4	5	สัดส่วน	%
เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว ปรากฏว่า LED1	สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100
เลื่อนสวิตช์ลง ปรากฏว่า LED1	สว่างมากขึ้น	/	/	/	/	/	5/5	100

* การทดลองที่ 7 “วงจรปรับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า”

หมายเหตุ / แสดงว่าผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี

x แสดงว่าผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี

จากตาราง 14 ต่อดวงจรตามที่กำหนดในคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์แล้ว สังเกตการเปลี่ยนแปลงของไดโอดเปล่งแสง เมื่อเปิด - ปิดสวิตช์ ซึ่งจากการตรวจสอบวงจร ปรากฏว่าผลที่ได้จากการทดลอง วงจรนี้สามารถทำงานได้ตามทฤษฎี

ตาราง 15 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 8* ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ขั้นตอนการทดลอง	ผลที่ได้จากการทดลอง	ผลที่ได้จากการตรวจสอบ (ครั้ง)					รวม	
		1	2	3	4	5	สัดส่วน	%
หมุนปุ่มควบคุมของตัว ต้านทานปรับค่าได้ทวน เข็มนาฬิกา ปรากฏว่า LED1	สว่างมาก	/	/	/	/	/	5/5	100
หมุนปุ่มควบคุมของตัว ต้านทานปรับค่าได้ตาม เข็มนาฬิกา ปรากฏว่า LED1	ค่อยๆ หรือ แสงลง	/	/	/	/	/	5/5	100

* การทดลองที่ 8 “สนุกกับวงจรหรีไฟ”

หมายเหตุ / แสดงว่าผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี

x แสดงว่าผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี

จากตาราง 15 ต่อดวงจรตามที่กำหนดในคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์แล้ว สังเกตการเปลี่ยนแปลงของไดโอดเปล่งแสง เมื่อหมุนปุ่มควบคุมเพื่อเพิ่ม - ลดค่าความต้านทานในวงจร ซึ่งจากการตรวจสอบวงจร ปรากฏว่าผลที่ได้จากการทดลอง วงจรนี้สามารถทำงานได้ตามทฤษฎี

ตาราง 16 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 9* ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ขั้นตอนการทดลอง	ผลที่ได้จากการทดลอง	ผลที่ได้จากการตรวจสอบ (ครั้ง)					รวม	
		1	2	3	4	5	สัดส่วน	%
เลื่อนสวิตช์ขึ้น ปรากฏว่า LED1	ไม่สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100
เลื่อนสวิตช์ลง ปรากฏว่า LED1	สว่างขึ้นจากนั้นค่อยๆ หรี่แสงลงแล้วดับ	/	/	/	/	/	5/5	100

* การทดลองที่ 9 “ตัวเก็บประจุ”

หมายเหตุ / แสดงว่าผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี

x แสดงว่าผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี

จากตาราง 16 ต่อดวงจรตามที่กำหนดในคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์แล้ว สังเกตการเปลี่ยนแปลงของไดโอดเปล่งแสง เมื่อเปิด - ปิดสวิตช์ ซึ่งจากการตรวจสอบวงจร ปรากฏว่าผลที่ได้จากการทดลอง วงจรนี้สามารถทำงานได้ตามทฤษฎี

ตาราง 17 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 10* ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ขั้นตอนการทดลอง	ผลที่ได้จากการทดลอง	ผลที่ได้จากการตรวจสอบ (ครั้ง)					รวม	
		1	2	3	4	5	สัดส่วน	%
เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว ปรากฏว่า LED1	ไม่สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100
เลื่อนสวิตช์ลง ปรากฏว่า LED1	สว่างขึ้น แล้วค่อยๆ ดับลง	/	/	/	/	/	5/5	100

* การทดลองที่ 10 “การต่อวงจรตัวเก็บประจุแบบขนาน”

หมายเหตุ / แสดงว่าผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี

x แสดงว่าผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี

จากตาราง 17 ต่อวงจรตามที่กำหนดในคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์แล้ว สังเกตการเปลี่ยนแปลงของไดโอดเปล่งแสง เมื่อเปิด - ปิดสวิตช์ แล้วเปรียบเทียบผลการทดลองที่ 9 และ 10 ว่าแตกต่างกันอย่างไร ซึ่งจากการตรวจสอบวงจร ปรากฏว่าผลที่ได้จากการทดลอง วงจรนี้สามารถทำงานได้ตามทฤษฎี

ตาราง 18 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 11* ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ขั้นตอนการทดลอง	ผลที่ได้จากการทดลอง	ผลที่ได้จากการตรวจสอบ (ครั้ง)					รวม	
		1	2	3	4	5	สัดส่วน	%
เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว ปรากฏว่า LED1	สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100
กดสวิตช์ KEY ลง ปรากฏว่า LED1	ไม่สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100

* การทดลองที่ 11 “ควบคุมกระแสไม่ให้ไหลผ่านมาก”
 หมายถึง / แสดงว่าผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี
 x แสดงว่าผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี

จากตาราง 18 ต่อวงจรตามที่กำหนดในคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์แล้ว สังเกตการเปลี่ยนแปลงของไดโอดเปล่งแสง เมื่อเปิด - ปิดสวิตช์ ซึ่งจากการตรวจสอบวงจร ปรากฏว่าผลที่ได้จากการทดลอง วงจรนี้สามารถทำงานได้ตามทฤษฎี

ตาราง 19 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 12* ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ขั้นตอนการทดลอง	ผลที่ได้จากการทดลอง	ผลที่ได้จากการตรวจสอบ (ครั้ง)					รวม	
		1	2	3	4	5	สัดส่วน	%
หมุนปุ่มควบคุมของตัว ต้านทานปรับค่าได้ไป ทางซ้ายมือ ปรากฏว่า LED1	สว่างมากกว่า LED2	/	/	/	/	/	5/5	100
หมุนปุ่มควบคุมของตัว ต้านทานปรับค่าได้ไป ทางขวามือ ปรากฏว่า LED1	สว่างน้อยกว่า LED2	/	/	/	/	/	5/5	100
หมุนปุ่มควบคุมของตัว ต้านทานปรับค่าได้ไว้ ตรงกลาง ปรากฏว่า LED1 และ LED2	มีความสว่างเท่ากัน	/	/	/	/	/	5/5	100

* การทดลองที่ 12 "สนุกกับการควบคุมไฟ"

หมายเหตุ / แสดงว่าผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี

x แสดงว่าผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี

จากตาราง 19 ต่อดวงจรตามที่กำหนดในคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์แล้ว สังเกตการเปลี่ยนแปลงของไดโอดเปล่งแสง เมื่อหมุนปุ่มควบคุมเพื่อเพิ่ม - ลดค่าความต้านทานในวงจร ซึ่งจากการตรวจสอบวงจร ปรากฏว่าผลที่ได้จากการทดลอง วงจรนี้สามารถทำงานได้ตามทฤษฎี

ตาราง 20 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 13* ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ขั้นตอนการทดลอง	ผลที่ได้จากการทดลอง	ผลที่ได้จากการตรวจสอบ (ครั้ง)					รวม	
		1	2	3	4	5	สัดส่วน	%
เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว ปรากฏว่า LED1	สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100
เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว ปรากฏว่า LED2	ไม่สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100
เมื่อเลื่อนสวิตช์ลง ปรากฏว่า LED1	ไม่สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100
เมื่อเลื่อนสวิตช์ลง ปรากฏว่า LED2	สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100

* การทดลองที่ 13 “มาทำไฟกระพริบกันเถอะ”

หมายเหตุ / แสดงว่าผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี

x แสดงว่าผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี

จากตาราง 20 ต่อวงจรตามที่กำหนดในคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์แล้ว สังเกตการเปลี่ยนแปลงของไดโอดเปล่งแสง เมื่อเปิด - ปิดสวิตช์ ซึ่งจากการตรวจสอบวงจร ปรากฏว่าผลที่ได้จากการทดลอง วงจรนี้สามารถทำงานได้ตามทฤษฎี

ตาราง 21 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 14* ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ขั้นตอนการทดลอง	ผลที่ได้จากการทดลอง	ผลที่ได้จากการตรวจสอบ (ครั้ง)					รวม	
		1	2	3	4	5	สัดส่วน	%
กดสวิตช์ KEY ลง ปรากฏว่า	มีเสียงดังคลิก LED1 สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100
ปล่อยสวิตช์ KEY ปรากฏว่า	มีเสียงดังคลิก LED1 ไม่สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100

* การทดลองที่ 14 “วงจรกดติดปล่อยดับ”

หมายเหตุ / แสดงว่าผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี

x แสดงว่าผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี

จากตาราง 21 ต่อย่างจรตามที่กำหนดในคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์แล้ว สังเกตการเปลี่ยนแปลงของไดโอดเปล่งแสง เมื่อเปิด - ปิดสวิตช์ ซึ่งจากการตรวจสอบวงจร ปรากฏว่าผลที่ได้จากการทดลอง วงจรนี้สามารถทำงานได้ตามทฤษฎี

ตาราง 22 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 15* ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ขั้นตอนการทดลอง	ผลที่ได้จากการทดลอง	ผลที่ได้จากการตรวจสอบ (ครั้ง)					รวม	
		1	2	3	4	5	สัดส่วน	%
กดสวิตช์ KEY ลง ปรากฏว่า	มีเสียงดังคลิก LED1 ไม่สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100
ปล่อยสวิตช์ KEY ปรากฏว่า	มีเสียงดังคลิก LED1 สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100

* การทดลองที่ 15 “วงจรกดดับปล่อยติด”

หมายเหตุ / แสดงว่าผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี

x แสดงว่าผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี

จากตาราง 22 ต่อย่างจรตามที่กำหนดในคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์แล้ว สังเกตการเปลี่ยนแปลงของไดโอดเปล่งแสง เมื่อเปิด - ปิดสวิตช์ ซึ่งจากการตรวจสอบวงจร ปรากฏว่าผลที่ได้จากการทดลอง วงจรนี้สามารถทำงานได้ตามทฤษฎี

ตาราง 23 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 16* ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ขั้นตอนการทดลอง	ผลที่ได้จากการทดลอง	ผลที่ได้จากการตรวจสอบ (ครั้ง)					รวม	
		1	2	3	4	5	สัดส่วน	%
เลื่อนสวิตช์ลง ปรากฏว่า LED1	ไม่สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100
เลื่อนสวิตช์ลง แล้วกด สวิตช์ KEY ปรากฏว่า LED1	สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100
ปล่อยสวิตช์ KEY ปรากฏว่า LED1	สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100

* การทดลองที่ 16 “วงจรเปิดค้าง”

หมายเหตุ / แสดงว่าผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี

x แสดงว่าผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี

จากตาราง 23 ต้องวงจรตามที่กำหนดในคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์แล้ว สังเกตการเปลี่ยนแปลงของไดโอดเปล่งแสง เมื่อเปิด - ปิดสวิตช์ ซึ่งจากการตรวจสอบวงจร ปรากฏว่าผลที่ได้จากการทดลอง วงจรนี้สามารถทำงานได้ตามทฤษฎี

ตาราง 24 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 17* ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ขั้นตอนการทดลอง	ผลที่ได้จากการทดลอง	ผลที่ได้จากการตรวจสอบ (ครั้ง)					รวม	
		1	2	3	4	5	สัดส่วน	%
เลื่อนสวิตช์ลง ปรากฏว่า LED1	สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100
เลื่อนสวิตช์ลง แล้วกด สวิตช์ KEY ปรากฏว่า LED1	ไม่สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100
ปล่อยสวิตช์ KEY ปรากฏว่า LED1	ไม่สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100

* การทดลองที่ 17 “วงจรปิดค้าง”

หมายเหตุ / แสดงว่าผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี

x แสดงว่าผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี

จากตาราง 24 ต่อดังกล่าวตามที่กำหนดในคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์แล้ว เมื่อเปิดสวิตช์ กระแสไฟฟ้าไหลในวงจร ทำให้รีเลย์ถูกกระตุ้น สังเกตการเปลี่ยนแปลงของไดโอดเปล่งแสง ซึ่งจากการตรวจสอบวงจร ปรากฏว่าผลที่ได้จากการทดลอง วงจรนี้สามารถทำงานได้ตามทฤษฎี

ตาราง 25 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 18* ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ขั้นตอนการทดลอง	ผลที่ได้จากการทดลอง	ผลที่ได้จากการตรวจสอบ (ครั้ง)					รวม	
		1	2	3	4	5	สัดส่วน	%
เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว ปรากฏว่า LED1	สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100
เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว ปรากฏว่า LED2	ไม่สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100

* การทดลองที่ 18 “ทรานซิสเตอร์ทำงานอย่างไร”

หมายเหตุ / แสดงว่าผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี

x แสดงว่าผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี

จากตาราง 25 ต่อวงจรตามที่กำหนดในคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์แล้ว สังเกตการเปลี่ยนแปลงของไดโอดเปล่งแสง เมื่อเปิด - ปิดสวิตช์ ซึ่งจากการตรวจสอบวงจร ปรากฏว่าผลที่ได้จากการทดลอง วงจรนี้สามารถทำงานได้ตามทฤษฎี

ตาราง 26 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 19* ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ขั้นตอนการทดลอง	ผลที่ได้จากการทดลอง	ผลที่ได้จากการตรวจสอบ (ครั้ง)					รวม	
		1	2	3	4	5	สัดส่วน	%
เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว ปรากฏว่า LED1	ไม่สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100
กดสวิตช์ KEY ลง ปรากฏว่า LED1	สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100

* การทดลองที่ 19 “ทรานซิสเตอร์ทำงานแบบสวิตช์”

หมายเหตุ / แสดงว่าผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี

x แสดงว่าผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี

จากตาราง 26 ต่อดังกล่าวตามที่กำหนดในคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์แล้ว เมื่อเปิดสวิตช์ ทรานซิสเตอร์พร้อมที่จะทำงาน เพราะมีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร สังเกตการเปลี่ยนแปลงของไดโอดเปล่งแสง ซึ่งจากการตรวจสอบวงจร ปรากฏว่าผลที่ได้จากการทดลอง วงจรนี้สามารถทำงานได้ตามทฤษฎี

ตาราง 27 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 20* ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ขั้นตอนการทดลอง	ผลที่ได้จากการทดลอง	ผลที่ได้จากการตรวจสอบ (ครั้ง)					รวม	
		1	2	3	4	5	สัดส่วน	%
เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว ปรากฏว่า	มีเสียงออกดัง	/	/	/	/	/	5/5	100
กดสวิตช์ KEY ลง ปรากฏว่า	โทนเสียงของออกเปลี่ยนไป มีเสียงสูงขึ้น	/	/	/	/	/	5/5	100
ปล่อยสวิตช์ KEY ปรากฏว่า	โทนเสียงของออกเปลี่ยนไป มีเสียงต่ำลง	/	/	/	/	/	5/5	100

* การทดลองที่ 20 “วงจรกำเนิดเสียงไซเรน”

หมายเหตุ / แสดงว่าผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี

x แสดงว่าผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี

จากตาราง 27 ต่อวงจรตามที่กำหนดในคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์แล้ว สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น เมื่อเปิด - ปิดสวิตช์ จากนั้นทดลองเปลี่ยนขนาดของตัวเก็บประจุ พบว่าความถี่ของเสียงที่เกิดขึ้นนั้นโทนเสียงเปลี่ยนไป ซึ่งจากการตรวจสอบวงจร ปรากฏว่าผลที่ได้จากการทดลอง วงจรนี้สามารถทำงานได้ตามทฤษฎี

ตาราง 28 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 21* ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ขั้นตอนการทดลอง	ผลที่ได้จากการทดลอง	ผลที่ได้จากการตรวจสอบ (ครั้ง)					รวม	
		1	2	3	4	5	สัดส่วน	%
เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว ปรากฏว่า	ยังไม่มีอะไรเกิดขึ้น	/	/	/	/	/	5/5	100
กดสวิตช์ KEY ลง ปรากฏว่า	เสียงออกดังขึ้น	/	/	/	/	/	5/5	100
ปล่อยสวิตช์ KEY ปรากฏว่า	เสียงของออกจะค่อยๆ เบาลง จนจางหายไป	/	/	/	/	/	5/5	100
เปลี่ยนตัวเก็บประจุ ขนาด 47 μF เป็น 470 μF กด - ปล่อย สวิตช์ KEY ลง ปรากฏว่า	จะได้ยินเสียงออกดัง นานกว่าเดิม	/	/	/	/	/	5/5	100
เปลี่ยนตัวเก็บประจุ ขนาด 0.022 μF เป็น 0.0022 μF กดสวิตช์ KEY ลง ปรากฏว่า	โทนเสียงของออก เปลี่ยนไปมีเสียงสูงกว่า เดิม	/	/	/	/	/	5/5	100

* การทดลองที่ 21 “ออกไฟฟ้า”

หมายเหตุ / แสดงว่าผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี

x แสดงว่าผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี

จากตาราง 28 ต่อวงจรตามที่กำหนดในคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์แล้ว สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น เมื่อเปิด - ปิดสวิตช์ จากนั้นทดลองเปลี่ยนขนาดของตัวเก็บประจุ สังเกตการเปลี่ยนแปลงของโทนเสียงและเวลาที่ทำให้เกิดเสียง ซึ่งจากการตรวจสอบวงจร ปรากฏว่าผลที่ได้จากการทดลอง วงจรนี้สามารถทำงานได้ตามทฤษฎี

ตาราง 29 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 22* ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ขั้นตอนการทดลอง	ผลที่ได้จากการทดลอง	ผลที่ได้จากการตรวจสอบ (ครั้ง)					รวม	
		1	2	3	4	5	สัดส่วน	%
เลื่อนสวิตช์ลง	สว่าง							
ปรากฏว่า LED1		/	/	/	/	/	5/5	100
เลื่อนสวิตช์ขึ้น	จะสว่างได้สักครู่จึงดับ							
ปรากฏว่า LED1		/	/	/	/	/	5/5	100

* การทดลองที่ 22 “สนุกกับการหน่วงเวลา”

หมายเหตุ / แสดงว่าผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี

x แสดงว่าผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี

จากตาราง 29 ตัวอย่างตามที่กำหนดในคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์แล้ว สังเกตการเปลี่ยนแปลงของไดโอดเปล่งแสง เมื่อเปิด - ปิดสวิตช์ จากนั้นทดลองเปลี่ยนค่าตัวต้านทานในวงจร สังเกตเวลาที่ใช้ในการหน่วงเวลาปิดของไดโอดเปล่งแสง ซึ่งจากการตรวจสอบวงจร ปรากฏว่าผลที่ได้จากการทดลอง วงจรนี้สามารถทำงานได้ตามทฤษฎี

ตาราง 30 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 23* ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ขั้นตอนการทดลอง	ผลที่ได้จากการทดลอง	ผลที่ได้จากการตรวจสอบ (ครั้ง)					รวม	
		1	2	3	4	5	สัดส่วน	%
เลื่อนสวิตช์ลง ปรากฏว่า LED1	สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100
เลื่อนสวิตช์ขึ้น ปรากฏว่า LED1	ไม่สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100

* การทดลองที่ 23 “วงจรอินเวอร์เตอร์”

หมายเหตุ / แสดงว่าผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี

x แสดงว่าผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี

จากตาราง 30 ต่อย่างจตามที่กำหนดในคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์แล้ว สังเกตการเปลี่ยนแปลงของไดโอดเปล่งแสง เมื่อเปิด - ปิดสวิตช์ ซึ่งจากการตรวจสอบวงจร ปรากฏว่าผลที่ได้จากการทดลอง วงจรนี้สามารถทำงานได้ตามทฤษฎี

ตาราง 31 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 24* ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ขั้นตอนการทดลอง	ผลที่ได้จากการทดลอง	ผลที่ได้จากการตรวจสอบ (ครั้ง)					รวม	
		1	2	3	4	5	สัดส่วน	%
เลื่อนสวิตช์ลง ปรากฏว่า LED1	สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100
เลื่อนสวิตช์ลง แล้วกด สวิตช์ KEY ปรากฏว่า LED1	สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100
กดสวิตช์ KEY ค้างไว้ แล้วเลื่อนสวิตช์ขึ้น ปรากฏว่า LED1	สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100
ปล่อยสวิตช์ KEY ปรากฏว่า LED1	ไม่สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100

* การทดลองที่ 24 “วงจรออร์ เกท”

หมายเหตุ / แสดงว่าผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี

x แสดงว่าผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี

จากตาราง 31 ต่อดังกล่าวที่กำหนดในคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์แล้ว สังเกตการเปลี่ยนแปลงของไดโอดเปล่งแสง เมื่อเปิด - ปิดสวิตช์ ซึ่งจากการตรวจสอบวงจร ปรากฏว่าผลที่ได้จากการทดลอง วงจรนี้สามารถทำงานได้ตามทฤษฎี

ตาราง 32 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 25* ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ขั้นตอนการทดลอง	ผลที่ได้จากการทดลอง	ผลที่ได้จากการตรวจสอบ (ครั้ง)					รวม	
		1	2	3	4	5	สัดส่วน	%
เลื่อนสวิตช์ลง ปรากฏว่า LED1	ไม่สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100
เลื่อนสวิตช์ลง แล้วกด สวิตช์ KEY ปรากฏว่า LED1	สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100
ปล่อยสวิตช์ KEY ปรากฏว่า LED1	ไม่สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100
เลื่อนสวิตช์ขึ้น แล้วกด สวิตช์ KEY ปรากฏว่า LED1	ไม่สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100

* การทดลองที่ 25 “วงจรแอนด์ เกท”

หมายเหตุ / แสดงว่าผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี

x แสดงว่าผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี

จากตาราง 32 ต่อย่างจรตามที่กำหนดในคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์แล้ว สังเกตการเปลี่ยนแปลงของไดโอดเปล่งแสง เมื่อเปิด - ปิดสวิตช์ ซึ่งจากการตรวจสอบวงจร ปรากฏว่าผลที่ได้จากการทดลอง วงจรนี้สามารถทำงานได้ตามทฤษฎี

ตาราง 33 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 26* ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ขั้นตอนการทดลอง	ผลที่ได้จากการทดลอง	ผลที่ได้จากการตรวจสอบ (ครั้ง)					รวม	
		1	2	3	4	5	สัดส่วน	%
เลื่อนสวิตช์ลง ปรากฏว่า LED1	จะค่อยๆ สว่างขึ้น	/	/	/	/	/	5/5	100
เลื่อนสวิตช์ขึ้น ปรากฏว่า LED1	ค่อยๆ หริ้แสงลงแล้วดับ	/	/	/	/	/	5/5	100
เปลี่ยนตัวต้านทานจาก 100 K Ω เป็น 10 K Ω ปรากฏว่า LED1	สว่างขึ้นอย่างรวดเร็ว	/	/	/	/	/	5/5	100

* การทดลองที่ 26 “วงจรเก็บแล้วปล่อยออกมาดูเล่น”

หมายเหตุ / แสดงว่าผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี

x แสดงว่าผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี

จากตาราง 33 ตัวอย่างตามที่กำหนดในคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์แล้ว สังเกตการเปลี่ยนแปลงของไดโอดเปล่งแสง เมื่อเปิด - ปิดสวิตช์ จากนั้นทดลองเปลี่ยนค่าตัวต้านทานแล้ว สังเกตการเปลี่ยนแปลงของไดโอดเปล่งแสงอีกครั้ง ซึ่งจากการตรวจสอบวงจร ปรากฏว่าผลที่ได้จากการทดลอง วงจรนี้สามารถทำงานได้ตามทฤษฎี

ตาราง 34 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 27* ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ขั้นตอนการทดลอง	ผลที่ได้จากการทดลอง	ผลที่ได้จากการตรวจสอบ (ครั้ง)					รวม	
		1	2	3	4	5	สัดส่วน	%
เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว ปรากฏว่า	ไม่มีอะไรเกิดขึ้น	/	/	/	/	/	5/5	100
เอาสายไฟที่เชื่อมต่อวงจรที่ 25 และ 27 ออก	มีเสียงฮอดดังขึ้น	/	/	/	/	/	5/5	100

* การทดลองที่ 27 “วงจรกำเนิดสัญญาณเตือน”

หมายเหตุ / แสดงว่าผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี

x แสดงว่าผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี

จากตาราง 34 ต่อวงจรตามที่กำหนดในคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์แล้ว สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น เมื่อดึงสายไฟที่ตำแหน่ง 25 และ 27 ออก ซึ่งจากการตรวจสอบวงจร ปรากฏว่าผลที่ได้จากการทดลอง วงจรนี้สามารถทำงานได้ตามทฤษฎี

ตาราง 35 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 28* ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ขั้นตอนการทดลอง	ผลที่ได้จากการทดลอง	ผลที่ได้จากการตรวจสอบ (ครั้ง)					รวม	
		1	2	3	4	5	สัดส่วน	%
เป่าลมไปที่หูฟัง ปรากฏว่า LED1	สว่าง	/	/	/	/	/	5/5	100

* การทดลองที่ 28 “สนุกกับเทียนวันเกิดอิเล็กทรอนิกส์”

หมายเหตุ / แสดงว่าผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี

x แสดงว่าผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี

จากตาราง 35 ต้องวงจรตามที่กำหนดในคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์แล้ว สังเกตการเปลี่ยนแปลงของไดโอดเปล่งแสง เมื่อเป่าลมเข้าไปที่หูฟัง ซึ่งจากการตรวจสอบวงจร ปรากฏว่าผลที่ได้จากการทดลอง วงจรนี้สามารถทำงานได้ตามทฤษฎี

ตาราง 36 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 29* ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ขั้นตอนการทดลอง	ผลที่ได้จากการทดลอง	ผลที่ได้จากการตรวจสอบ (ครั้ง)					รวม	
		1	2	3	4	5	สัดส่วน	%
กดสวิตช์ KEY ลง ปรากฏว่า	จะได้ยินเสียงออดดัง	/	/	/	/	/	5/5	100
ปล่อยสวิตช์ KEY ปรากฏว่า	เสียงออดจะเงียบ	/	/	/	/	/	5/5	100

* การทดลองที่ 29 “สนุกกับรหัสมอร์ส”

หมายเหตุ / แสดงว่าผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี

x แสดงว่าผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี

จากตาราง 36 ต่อดวงจรตามที่กำหนดในคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์แล้ว สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในวงจร เมื่อเปิด - ปิดสวิตช์ ซึ่งจากการตรวจสอบวงจร ปรากฏว่าผลที่ได้จากการทดลอง วงจรนี้สามารถทำงานได้ตามทฤษฎี

ตาราง 37 แสดงผลการตรวจสอบการทดลองที่ 30* ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ขั้นตอนการทดลอง	ผลที่ได้จากการทดลอง	ผลที่ได้จากการตรวจสอบ (ครั้ง)					รวม	
		1	2	3	4	5	สัดส่วน	%
ปรบมือไกล้กับออก (piezo buzzer) ปรากฏว่า LED1	จะสว่างประมาณ 20 วินาที	/	/	/	/	/	5/5	100
เปลี่ยนตัวเก็บประจุจาก 47 μ F เป็น 470 μ F ปรากฏว่า LED1	จะสว่างนานกว่าเดิม	/	/	/	/	/	5/5	100

* การทดลองที่ 30 “เปลี่ยนเสียงให้เป็นแสง”

หมายเหตุ / แสดงว่าผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎี

x แสดงว่าผลการทดลองไม่เป็นไปตามทฤษฎี

จากตาราง 37 ต่อวงจรตามที่กำหนดในคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์แล้ว สังเกตการเปลี่ยนแปลงของไดโอดเปล่งแสง เมื่อเปิด - ปิดสวิตช์ จากนั้นทดลองเปลี่ยนค่าตัวเก็บประจุแล้ว สังเกตการเปลี่ยนแปลงของไดโอดเปล่งแสงอีกครั้ง ซึ่งจากการตรวจสอบวงจร ปรากฏว่าผลที่ได้จากการทดลอง วงจรนี้สามารถทำงานได้ตามทฤษฎี

เมื่อตรวจสอบชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ดังกล่าวแล้ว นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ตามรายละเอียดต่างๆ ซึ่งแสดงไว้ในตอนที่ 2

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ การประเมินคุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์นั้น ผู้วิจัยได้ประเมินคุณภาพ 4 ด้าน คือ ลักษณะทางกายภาพทั่วไป ลักษณะการใช้งาน การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม และความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน ซึ่งมีรายละเอียดการวิเคราะห์ทั้ง 4 ด้าน ดังนี้

ตาราง 38 แสดงผลการประเมินลักษณะทางกายภาพทั่วไปของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ข้อ	รายละเอียด	N*	X	S.D.	ระดับ
1.	มีความแข็งแรง ทนทาน	5	3.40	0.54	ดี
2.	การออกแบบชิ้นส่วน สามารถประกอบได้ง่าย	5	3.80	0.44	ดีมาก
3.	การติดตั้งอุปกรณ์ มีความมั่นคง	5	2.80	0.44	ดี
4.	มีขนาดกระทัดรัด และออกแบบได้เหมาะสม	5	3.80	0.44	ดีมาก
5.	ประกอบด้วยวงจรย่อยๆ หลายวงจร	5	3.80	0.44	ดีมาก
ภาพรวม		5	3.52	0.46	ดีมาก

* จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินคุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

จากตาราง 38 สรุปผลการประเมินลักษณะทางกายภาพทั่วไปของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ดังนี้

1. ลักษณะทางกายภาพทั่วไปของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยภาพรวม อยู่ในระดับดีมาก (มีค่าเฉลี่ย 3.52 จาก 5.00)
2. ลักษณะทางกายภาพทั่วไปของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์พิจารณาเป็นรายข้อ อยู่ในระดับดีมาก 3 ข้อ (คือ ข้อ 2, 4 และ 5) และอยู่ในระดับดี 2 ข้อ (คือ ข้อ 1 และ 3)

ตาราง 39 แสดงผลการประเมินลักษณะการใช้งานของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ข้อ	รายละเอียด	N*	X	S.D.	ระดับ
1.	การเตรียมอุปกรณ์การทดลองทำได้สะดวก	5	3.60	0.54	ดีมาก
2.	มีความคล่องตัวในการใช้และปฏิบัติการทดลอง ไม่เกะกะ	5	3.80	0.44	ดีมาก
3.	การเชื่อมต่อวงจร ทำได้สะดวกรวดเร็ว สามารถทำงาน ได้ทุกวงจร	5	3.40	0.54	ดี
4.	มีประสิทธิภาพในการทดลอง ผลการทดลองเชื่อถือได้ มีข้อผิดพลาดเพียงเล็กน้อย	5	3.20	0.83	ดี
5.	แบตเตอรี่ที่ใช้ในวงจรประหยัด สามารถใช้งานได้นาน	5	3.00	0.00	ดี
6.	ปลอดภัยในขณะที่ปฏิบัติการทดลอง	5	3.80	0.44	ดีมาก
ภาพรวม		5	3.46	0.47	ดี

* จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินคุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

จากตาราง 39 สรุปผลการประเมินลักษณะการใช้งานของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ ดังนี้

1. ลักษณะการใช้งานของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยภาพรวม อยู่ในระดับดี (มีค่าเฉลี่ย 3.46)
2. ลักษณะการใช้งานของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์พิจารณาเป็นรายข้อ อยู่ในระดับดีมาก 3 ข้อ (คือ ข้อ 1, 2 และ 6) และอยู่ในระดับดี 3 ข้อ (คือ ข้อ 3, 4 และ 5)

ตาราง 40 แสดงผลการประเมินการบำรุงรักษาและการซ่อมแซมชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ข้อ	รายละเอียด	N*	X	S.D.	ระดับ
1.	การบำรุงรักษาทำได้ง่าย สะดวกในการใช้และเก็บรักษา	5	3.80	0.44	ดีมาก
2.	การจัดหาเครื่องมือซ่อมแซมทำได้สะดวก	5	3.60	0.54	ดีมาก
3.	อุปกรณ์ประกอบมีราคาถูก หาซื้อได้ง่าย	5	3.80	0.44	ดีมาก
4.	การซ่อมแซมไม่ทำให้อุปกรณ์อื่นเสียหาย	5	3.40	0.89	ดี
ภาพรวม		5	3.65	0.58	ดีมาก

* จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินคุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

จากตาราง 40 สรุปผลการประเมินการบำรุงรักษาและการซ่อมแซมของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ดังนี้

1. การบำรุงรักษาและการซ่อมแซมของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยภาพรวม อยู่ในระดับดีมาก (มีค่าเฉลี่ย 3.65)

2. การบำรุงรักษาและการซ่อมแซมของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์พิจารณาเป็นรายข้อ อยู่ในระดับดีมาก 3 ข้อ (คือ ข้อ 1, 2 และ 3) และอยู่ในระดับดี 1 ข้อ (คือ ข้อ 4)

ตาราง 41 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนของ
ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ข้อ	รายละเอียด	N*	X	S.D.	ระดับ
1.	สามารถผ่อนแรงครูผู้สอนในการเตรียมอุปกรณ์การเรียนการสอน	5	3.80	0.44	ดีมาก
2.	เคลื่อนย้ายสะดวก และสามารถนำไปใช้นอกห้องปฏิบัติการได้	5	3.80	0.44	ดีมาก
3.	ใช้เวลาในการทดลองน้อย และได้ความรู้เพิ่มขึ้น	5	3.40	0.89	ดี
4.	ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ง่าย เป็นการให้ประสบการณ์ตรง	5	3.80	0.44	ดีมาก
5.	ผู้เรียนสามารถใช้เรียนรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มได้	5	3.80	0.44	ดีมาก
ภาพรวม		5	3.72	0.53	ดีมาก

* จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินคุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

จากตาราง 41 สรุปผลการประเมินความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ดังนี้

1. ความเหมาะสมด้านการนำไปประกอบการเรียนการสอนของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยภาพรวม อยู่ในระดับดีมาก (มีค่าเฉลี่ย 3.72)

2. ความเหมาะสมด้านการนำไปประกอบการเรียนการสอนของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ พิจารณาเป็นรายข้อ อยู่ในระดับดีมาก 4 ข้อ (คือ ข้อ 1, 2, 4 และ 5) และอยู่ในระดับดี 1 ข้อ (คือ ข้อ 3)

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

สำหรับข้อมูลจากคำถามปลายเปิด เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับสมรรถนะของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยได้นำคำตอบและข้อเสนอแนะมารวบรวมและเรียงลำดับรายชื่อ จากข้อมูลที่คุณเชี่ยวชาญเสนอแนะ ดังนี้

1. สปริงที่ใช้เป็นแบบธรรมดาจะเป็นสนิม ควรใช้สปริงแบบชุบโครเมียม
2. สายไฟที่ใช้ในการเชื่อมต่อวงจร ควรจะเป็นสายชนิด Solid ซึ่งเป็นสายแข็งเส้นเดียว จะทำให้ต่อวงจรได้ง่ายขึ้น หรือใช้ปากคิบบแทนสายไฟ (ตอนปลายเปลือย) หรือใช้ตะกั่วบัดกรีปลายสายไฟ
3. การขึ้นรูปกล่องควรใช้แบบอัดจะแข็งแรงกว่า
4. โครงสร้างตัวกล่องแข็งแรงดี แต่ความละเอียดยังไม่สมบูรณ์ อยู่ในเกณฑ์ใช้ได้
5. การติดตั้งอุปกรณ์ไม่แน่นหนา ควรมีตาไก่ยึดกับรูก่อนแล้วจึงบัดกรีติดจะแน่นกว่า
6. บริเวณจุดต่อเชื่อมมีโอกาสขาดข้อได้ เนื่องจากไม่ได้บัดกรีอย่างถาวร
7. ควรมีชุดจ่ายไฟที่แปลงจากไฟ A.C. 220 V เป็น D.C. 3 V หรือ 6 V ด้วย เพื่อเป็นการประหยัดถ่านไฟฉาย
8. เป็นชุดทดลองที่มีขนาดเล็กที่ค่อนข้างมีความสมบูรณ์ในตัว เหมาะสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นหรือผู้สนใจด้านอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป
9. ควรมีการเสริมความรู้หรือตัวอย่างที่นำไปใช้ในชีวิตประจำวัน เพื่อที่ผู้เรียนจะได้เกิดแนวความคิดและนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริง
10. ชุดทดลองชุดนี้เหมาะกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นมาก มีความปลอดภัยสูง ใช้งบประมาณน้อย แต่ให้ผลตอบแทนหรือความรู้ได้มาก

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ในขั้นตอนการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ผู้วิจัยนำไปทดลองใช้กับกลุ่มบุคคล 2 กลุ่ม คือ กลุ่มผู้สอน (แยกเป็นกลุ่มผู้สอนวิชาฟิสิกส์และไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์ และกลุ่มผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เคมีและชีววิทยา) และกลุ่มผู้เรียน (แยกเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3) โดยกลุ่มผู้สอนได้ให้ทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ แล้วทำการสังเกตพฤติกรรมการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และตอบแบบสอบถามวัดเจตคติที่มีต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนกลุ่มผู้เรียนให้ทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ แล้วบันทึกผลการทดลองตอบคำถามท้ายการทดลองและตอบแบบสอบถามวัดเจตคติที่มีต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

3.1 ผลการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์กับกลุ่มผู้สอน

ในการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์กับผู้สอน ผู้วิจัยประเมินความสามารถในการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และเจตคติที่มีต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ การประเมินความสามารถในการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ทำการประเมินเป็นภาพรวมว่าสามารถใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทำการทดลองแต่ละการทดลองได้หรือไม่ ซึ่งปรากฏผลดังแสดงในตาราง 42 ส่วนการประเมินเจตคติที่มีต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เป็นการประเมิน โดยไม่แจกแจงเป็นรายการทดลองแต่ละการทดลอง แต่ประเมินแจกแจงเป็นรายการของเจตคติที่มีต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยภาพรวม ผลการประเมินแสดงได้ดังตาราง 43

ตาราง 42 แสดงผลการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์กับผู้สอน

การทดลองที่	ชื่อการทดลอง	กลุ่มที่ 1*		กลุ่มที่ 2**	
		จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
1	มาต่อวงจรไฟฟ้ากันเถอะ	5	100	5	100
2	สนุกกับไดโอด	5	100	5	100
3	การต่อวงจรแบบอนุกรม	5	100	5	100
4	การต่อวงจรแบบขนาน	5	100	5	100
5	มารู้จักกับตัวต้านทาน	5	100	5	100
6	การต่อตัวต้านทานแบบขนาน	5	100	5	100
7	วงจรปรับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า	5	100	5	100
8	สนุกกับวงจรทรานซิสเตอร์	5	100	5	100
9	ตัวเก็บประจุ	5	100	5	100
10	การต่อวงจรตัวเก็บประจุแบบขนาน	5	100	5	100

ตาราง 42 (ต่อ)

การทดลองที่	ชื่อการทดลอง	กลุ่มที่ 1*		กลุ่มที่ 2**	
		จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
11	ควบคุมกระแสไม่ให้ไหลผ่านมาก	5	100	5	100
12	สนุกกับการควบคุมไฟ	5	100	5	100
13	มาทำไฟกระพริบกันเถอะ	5	100	5	100
14	วงจรกดติบปล่อยดับ	5	100	5	100
15	วงจรกดดับปล่อยติด	5	100	5	100
16	วงจรเปิดค้าง	5	100	5	100
17	วงจรปิดค้าง	5	100	5	100
18	ทรานซิสเตอร์ทำงานอย่างไร	5	100	5	100
19	ทรานซิสเตอร์ทำงานแบบสวิตช์	5	100	5	100
20	วงจรกำเนิดเสียงไซเรน	5	100	5	100
21	ออกไฟฟ้า	5	100	5	100
22	สนุกกับการหน่วงเวลา	5	100	5	100
23	วงจรอินเวอร์เตอร์	5	100	5	100
24	วงจรออร์ เกท	5	100	5	100
25	วงจรแอนด์ เกท	5	100	5	100
26	วงจรเก็บแล้วปล่อยออกมาดูเล่น	5	100	5	100
27	วงจรกำเนิดสัญญาณเตือน	5	100	5	100
28	สนุกกับเทียนวันเกิดอิเล็กทรอนิกส์	5	100	5	100
29	สนุกกับรหัสมอร์ส	5	100	5	100
30	เปลี่ยนเสียงให้เป็นแสง	5	100	5	100
รวม		5	100	5	100

* กลุ่มที่ 1 หมายถึง กลุ่มผู้สอนวิชาฟิสิกส์ และไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์

** กลุ่มที่ 2 หมายถึง ผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เคมี และชีววิทยา

จากตาราง 42 สรุปได้ว่า จำนวนกลุ่มผู้สอนทั้งสองกลุ่มมีความสามารถในการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ได้สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 ทั้ง 30 การทดลอง

ตาราง 43 แสดงผลการสอบถามวัดเจตคติของผู้สอนต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ข้อที่	ข้อความ	กลุ่มที่ 1*			กลุ่มที่ 2**		
		X	S.D.	ระดับ	X	S.D.	ระดับ
1	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้เกิดความสนใจที่จะเรียนรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์	4.40	0.55	ดี	4.40	0.55	ดี
2	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ไม่น่าสนใจ ***	4.20 (0.80)	0.45	ดี	4.40 (0.60)	0.55	ดี
3	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน	4.40	0.55	ดี	4.60	0.55	ดี
4	อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ประกอบชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์สามารถจดจำได้ง่าย	4.00	0.71	ดี	4.00	0.00	ดี
5	ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์มีความแข็งแรงทนทาน	3.80	0.45	ดี	3.80	0.45	ดี
6	รู้สึกสนุกสนาน เพลิดเพลิน ในขณะที่ทำการทดลองชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	4.80	0.45	ดี	4.20	0.45	ดี
7	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้เกิดความกังวลใจ ***	3.80 (1.20)	0.84	ดี	3.80 (1.20)	0.45	ดี
8	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซ้ำซาก น่าเบื่อหน่าย ***	4.00 (1.00)	0.71	ดี	4.00 (1.00)	0.00	ดี
9	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ยากเกินไป ***	4.00 (1.00)	0.71	ดี	3.80 (1.20)	0.45	ดี
10	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ แต่ละการทดลองใช้เวลาพอเหมาะ	4.20	0.45	ดี	3.80	0.84	ดี
11	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ไม่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้ความสามารถของตนเอง ***	4.40 (0.60)	0.55	ดี	4.00 (1.00)	0.00	ดี

ตาราง 43 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อความ	กลุ่มที่ 1*			กลุ่มที่ 2**		
		X	S.D.	ระดับ	X	S.D.	ระดับ
12	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และค้นคว้า หาคำตอบด้วยตนเอง	4.80	0.45	ดี	4.00	0.71	ดี
13	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาเกี่ยวกับ อิเล็กทรอนิกส์เพิ่มขึ้น	4.80	0.45	ดี	4.20	0.45	ดี
14	ขณะที่ทำการทดลองในชุดวงจร อิเล็กทรอนิกส์ รู้สึกไม่เคร่งเครียด	4.00	0.00	ดี	4.20	0.84	ดี
15	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ มี ความยาก - ง่ายพอเหมาะกับความ สามารถของผู้เรียน	4.40	0.55	ดี	4.00	0.00	ดี
16	การเรียนการสอนโดยใช้ชุดวงจร อิเล็กทรอนิกส์ ทำให้จดจำเนื้อหาได้ดี	4.40	0.55	ดี	4.00	0.00	ดี
17	ความรู้ที่ได้จากการทดลองในชุดวงจร อิเล็กทรอนิกส์ สามารถนำไปใช้ในการ แก้ปัญหาได้	4.20	0.45	ดี	4.00	0.71	ดี
18	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้ได้รับการฝึก การใช้ความคิดของ ตนเอง	4.20	0.45	ดี	4.40	0.55	ดี
19	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้รู้สึกตื่นเต้น	5.00	0.00	ดี	3.80	0.45	ดี
20	ความรู้ที่ได้จากการทดลองใช้ชุดวงจร อิเล็กทรอนิกส์ ช่วยให้สามารถประดิษฐ์ วงจรขนาดเล็กๆ ได้	4.40	0.55	ดี	4.00	0.71	ดี
21	การทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ช่วยให้รู้จักค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง	4.60	0.55	ดี	4.00	0.71	ดี
22	การทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เหมาะสมกับเนื้อหาของการทดลอง	4.40	0.55	ดี	4.20	0.84	ดี

ตาราง 43 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อความ	กลุ่มที่ 1*			กลุ่มที่ 2**		
		X	S.D.	ระดับ	X	S.D.	ระดับ
23	การทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ช่วยให้เกิดความรู้สึกกระตือรือร้นในการ เรียน	4.60	0.55	ดี	4.00	0.71	ดี
24	ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ช่วยให้ผู้เรียน เกิดความรักในการเรียนอิเล็กทรอนิกส์	4.60	0.55	ดี	4.20	0.45	ดี
25	การทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ช่วยให้กล้าแสดงความคิดเห็น	4.20	0.45	ดี	4.20	0.45	ดี
26	การเรียนรู้โดยใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เสียเวลาโดยเปล่าประโยชน์ ***	4.20 (0.80)	0.45	ดี	4.40 (0.60)	0.45	ดี
27	ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์กระตุ้นให้เกิด ความคิดแก้ปัญหาตลอดเวลา	3.60	0.55	พอใช้	4.20	0.45	ดี
28	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ช่วยให้เกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	4.20	0.45	ดี	4.20	0.45	ดี
29	ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เป็นการให้ ประสบการณ์ตรง	4.80	0.45	ดี	4.20	0.45	ดี
30	รู้สึกปลอดภัยขณะปฏิบัติการทดลองใน ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	4.20	0.45	ดี	3.80	0.45	ดี
31	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ช่วยให้มีโอกาสใช้ความสามารถที่มีอยู่	4.40	0.55	ดี	4.20	0.45	ดี
32	ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ช่วยให้ผู้เรียน สามารถสรุปผลการทดลองได้ด้วยตนเอง	4.40	0.55	ดี	4.00	0.71	ดี
รวม		4.33	0.63	ดี	4.09	0.59	ดี

* กลุ่มที่ 1 หมายถึง กลุ่มผู้สอนวิชาฟิสิกส์ และไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์

** กลุ่มที่ 2 หมายถึง กลุ่มผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เคมี และชีววิทยา

*** ค่าเฉลี่ยในวงเล็บ คือ ค่าที่คำนวณได้จากข้อความที่เป็นนิเสธ (นำค่านี้ไปหักออกจาก 5.00 เพื่อการแปลผล)

จากตาราง 43 สรุปได้ว่า กลุ่มผู้สอนทั้งสองกลุ่มมีเจตคติต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ อยู่ใน
ระดับ “ดี” สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดทั้ง 32 ข้อ

3.2 ผลการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์กับกลุ่มผู้เรียน

ในการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์กับกลุ่มผู้เรียน ผู้วิจัยประเมินความสามารถในการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ความรู้ความเข้าใจในหลักการทำงานของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และเจตคติที่มีต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ทั้งนี้ในส่วนของความสามารถในการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ พิจารณาจากผลการทดลองแต่ละการทดลอง ซึ่งปรากฏผลดังแสดงในตาราง 44 ในส่วนความรู้ความเข้าใจในหลักการทำงานของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ พิจารณาจากผลคะแนนการตอบคำถามท้ายการทดลองแต่ละการทดลอง ซึ่งปรากฏผลแสดงในตาราง 45 และในส่วนการประเมินเจตคติที่มีต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เป็นการประเมินโดยไม่แจกแจงเป็นรายการทดลองแต่ละการทดลอง แต่ประเมินแจกแจงเป็นรายการของเจตคติที่มีต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยภาพรวม ผลการประเมินแสดงได้ดังตาราง 46

ตาราง 44 แสดงผลการประเมินความสามารถในการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของผู้เรียน

การทดลองที่	ชื่อการทดลอง	กลุ่มที่ 1*		กลุ่มที่ 2**	
		คะแนน	ร้อยละ	คะแนน	ร้อยละ
1	มาต่อวงจรไฟฟ้ากันเถอะ	20.00	100.00	20.00	100.00
2	สนุกกับไดโอด	18.00	90.00	20.00	100.00
3	การต่อวงจรแบบอนุกรม	20.00	100.00	20.00	100.00
4	การต่อวงจรแบบขนาน	19.00	95.00	17.00	85.00
5	มารู้จักกับตัวต้านทาน	19.00	95.00	16.00	80.00
6	การต่อตัวต้านทานแบบขนาน	18.00	90.00	17.00	85.00
7	วงจรปรับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า	20.00	100.00	19.00	95.00
8	สนุกกับวงจรหรีไฟ	18.00	90.00	18.00	90.00
9	ตัวเก็บประจุ	18.00	90.00	17.00	85.00
10	การต่อวงจรตัวเก็บประจุแบบขนาน	16.00	80.00	17.00	85.00
11	ควบคุมกระแสไม่ให้ไหลผ่านมาก	17.00	85.00	18.00	90.00
12	สนุกกับการควบคุมไฟ	18.00	90.00	20.00	100.00
13	มาทำไฟกระพริบกันเถอะ	18.00	90.00	20.00	100.00
14	วงจรกดติดปล่อยดับ	16.00	80.00	19.00	95.00
15	วงจรกดดับปล่อยติด	16.00	80.00	18.00	90.00
16	วงจรเปิดค้าง	16.00	80.00	18.00	90.00
17	วงจรปิดค้าง	17.00	85.00	18.00	90.00

ตาราง 44 (ต่อ)

การทดลองที่	ชื่อการทดลอง	กลุ่มที่ 1*		กลุ่มที่ 2**	
		คะแนน	ร้อยละ	คะแนน	ร้อยละ
18	ทราบซิสเตอร์ทำงานอย่างไร	17.00	85.00	19.00	95.00
19	ทราบซิสเตอร์ทำงานแบบสวิตช์	19.00	95.00	17.00	85.00
20	วงจรกำเนิดเสียงไซเรน	18.00	90.00	19.00	95.00
21	ออกไฟฟ้า	16.00	80.00	18.00	90.00
22	สนุกกับการห่นวงเวลา	19.00	95.00	18.00	90.00
23	วงจรอินเวอร์เตอร์	19.00	95.00	20.00	100.00
24	วงจรออร์ เกท	18.00	90.00	18.00	90.00
25	วงจรแอนด์ เกท	20.00	100.00	20.00	100.00
26	วงจรเก็บแล้วปล่อยออกมาดูเล่น	20.00	100.00	20.00	100.00
27	วงจรกำเนิดสัญญาณเตือน	18.00	90.00	18.00	90.00
28	สนุกกับเทียนวันเกิดอิเล็กทรอนิกส์	20.00	100.00	20.00	100.00
29	สนุกกับรหัสมอร์ส	19.00	95.00	18.00	90.00
30	เปลี่ยนเสียงให้เป็นแสง	19.00	95.00	20.00	100.00
รวม		18.20	91.00	18.57	92.83

* กลุ่มที่ 1 หมายถึง กลุ่มผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

** กลุ่มที่ 2 หมายถึง กลุ่มผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

จากตาราง 44 สรุปได้ว่า จำนวนกลุ่มผู้เรียนทั้งสองกลุ่มมีความสามารถในการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ได้สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 ทั้ง 30 การทดลอง

ตาราง 45 แสดงผลการประเมินความรู้ความเข้าใจหลักการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของ
ผู้เรียน

การทดลองที่	ชื่อการทดลอง	กลุ่มที่ 1*		กลุ่มที่ 2**	
		คะแนน	ร้อยละ	คะแนน	ร้อยละ
1	มาต่อวงจรไฟฟ้ากันเถอะ	45.00	90.00	47.00	94.00
2	สนุกกับไดโอด	46.00	92.00	46.00	92.00
3	การต่อวงจรแบบอนุกรม	45.00	90.00	47.00	94.00
4	การต่อวงจรแบบขนาน	46.00	92.00	46.00	92.00
5	มารู้จักกับตัวต้านทาน	44.00	88.00	45.00	90.00
6	การต่อตัวต้านทานแบบขนาน	44.00	88.00	43.00	86.00
7	วงจรปรับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า	43.00	86.00	48.00	96.00
8	สนุกกับวงจรหรีไฟ	50.00	100.00	50.00	100.00
9	ตัวเก็บประจุ	46.00	92.00	48.00	96.00
10	การต่อวงจรตัวเก็บประจุแบบขนาน	45.00	90.00	46.00	92.00
11	ควบคุมกระแสไม่ให้ไหลผ่านมาก	46.00	92.00	47.00	94.00
12	สนุกกับการควบคุมไฟ	42.00	84.00	43.00	86.00
13	มาทำไฟกระพริบกันเถอะ	42.00	84.00	45.00	90.00
14	วงจรกดติดปล่อยดับ	43.00	86.00	44.00	88.00
15	วงจรกดดับปล่อยติด	44.00	88.00	47.00	94.00
16	วงจรเปิดค้าง	44.00	88.00	44.00	88.00
17	วงจรปิดค้าง	46.00	92.00	46.00	92.00
18	ทรานซิสเตอร์ทำงานอย่างไร	46.00	92.00	46.00	92.00
19	ทรานซิสเตอร์ทำงานแบบสวิตช์	45.00	90.00	45.00	90.00
20	วงจรกำเนิดเสียงไซเรน	42.00	84.00	44.00	88.00
21	ออกไฟฟ้า	43.00	86.00	43.00	86.00
22	สนุกกับการหน่วงเวลา	47.00	94.00	49.00	98.00
23	วงจรอินเวอร์เตอร์	44.00	88.00	46.00	92.00
24	วงจรออร์ เกท	40.00	80.00	41.00	82.00
25	วงจรแอนด์ เกท	48.00	96.00	48.00	96.00
26	วงจรเก็บและปล่อยออกมาดูเล่น	48.00	96.00	49.00	98.00
27	วงจรกำเนิดสัญญาณเตือน	44.00	88.00	43.00	86.00

ตาราง 45 (ต่อ)

การทดลองที่	ชื่อการทดลอง	กลุ่มที่ 1*		กลุ่มผู้ที่ 2**	
		คะแนน	ร้อยละ	คะแนน	ร้อยละ
28	สนุกกับเทียนวันเกิดอิเล็กทรอนิกส์	46.00	92.00	47.00	94.00
29	สนุกกับรหัสมอร์ส	50.00	100.00	50.00	100.00
30	เปลี่ยนเสียงให้เป็นแสง	41.00	82.00	42.00	84.00
รวม		44.83	89.67	45.83	91.67

* กลุ่มที่ 1 หมายถึง กลุ่มผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

** กลุ่มที่ 2 หมายถึง กลุ่มผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

จากตาราง 45 สรุปได้ว่า จำนวนกลุ่มผู้เรียนทั้งสองกลุ่มมีความสามารถในการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ได้สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 ทั้ง 30 การทดลอง

ตาราง 46 แสดงผลการสอบถามวัดเจตคติของผู้เรียนต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ข้อที่	ข้อความ	กลุ่มที่ 1*			กลุ่มที่ 2**		
		X	S.D.	ระดับ	X	S.D.	ระดับ
1	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้เกิดความสนใจที่จะเรียนรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์	4.60	0.52	ดี	4.80	0.42	ดี
2	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ไม่น่าสนใจ ***	4.50 (0.50)	0.53	ดี	4.70 (0.30)	0.48	ดี
3	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน	4.40	0.52	ดี	4.20	0.79	ดี
4	อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ประกอบชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์สามารถจดจำได้ง่าย	4.20	0.63	ดี	3.80	0.42	ดี
5	ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์มีความแข็งแรงทนทาน	3.70	0.67	ดี	3.70	0.67	ดี
6	รู้สึกสนุกสนาน เพลิดเพลิน ในขณะที่ทำการทดลองชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	4.40	0.70	ดี	4.70	0.48	ดี
7	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้เกิดความกังวลใจ ***	4.00 (1.00)	0.67	ดี	4.20 (0.80)	0.79	ดี
8	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซ้ำซาก น่าเบื่อหน่าย ***	4.70 (0.30)	0.48	ดี	4.50 (0.50)	0.71	ดี
9	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ยากเกินไป ***	4.40 (0.60)	0.52	ดี	4.20 (0.80)	0.79	ดี
10	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ แต่ละการทดลองใช้เวลาพอเหมาะ	3.90	0.32	ดี	4.00	0.00	ดี
11	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ไม่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้ความสามารถของตนเอง ***	4.40 (0.60)	0.52	ดี	4.30 (0.70)	0.82	ดี

ตาราง 46 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อความ	กลุ่มที่ 1*			กลุ่มที่ 2**		
		X	S.D.	ระดับ	X	S.D.	ระดับ
12	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และค้นคว้าหาคำตอบด้วยตนเอง	4.40	0.52	ดี	4.40	0.52	ดี
13	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาเกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์เพิ่มขึ้น	4.70	0.48	ดี	4.60	0.52	ดี
14	ขณะที่ทำการทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ รู้สึกไม่เคร่งเครียด	4.20	0.42	ดี	4.10	0.74	ดี
15	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ มีความยาก - ง่ายพอเหมาะกับความสามารถของผู้เรียน	4.00	0.67	ดี	4.20	0.42	ดี
16	การเรียนการสอนโดยใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้จดจำเนื้อหาได้ดี	4.30	0.48	ดี	3.90	0.57	ดี
17	ความรู้ที่ได้จากการทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้	4.50	0.53	ดี	4.00	0.67	ดี
18	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้ได้รับการฝึก การใช้ความคิดของตนเอง	4.30	0.48	ดี	4.50	0.53	ดี
19	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้รู้สึกตื่นเต้น	4.50	0.53	ดี	4.50	0.53	ดี
20	ความรู้ที่ได้จากการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ช่วยให้สามารถประดิษฐ์วงจรขนาดเล็กๆ ได้	4.10	0.88	ดี	4.50	0.53	ดี
21	การทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ช่วยให้รู้จักค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง	4.40	0.52	ดี	4.70	0.48	ดี
22	การทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เหมาะสมกับเนื้อหาของการทดลอง	4.10	0.74	ดี	4.20	0.42	ดี

ตาราง 46 (ต่อ)

ข้อที่	ข้อความ	กลุ่มที่ 1*			กลุ่มที่ 2**		
		X	S.D.	ระดับ	X	S.D.	ระดับ
23	การทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ช่วยให้เกิดความรู้สึกกระตือรือร้นในการ เรียน	4.30	0.48	ดี	3.90	0.74	ดี
24	ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ช่วยให้ผู้เรียน เกิดความรักในการเรียนอิเล็กทรอนิกส์	4.50	0.53	ดี	4.80	0.42	ดี
25	การทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ช่วยให้กล้าแสดงความคิดเห็น	4.40	0.52	ดี	4.20	0.42	ดี
26	การเรียนรู้โดยใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เสียเวลาโดยเปล่าประโยชน์ ***	4.70 (0.30)	0.48	ดี	4.80 (0.20)	0.42	ดี
27	ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์กระตุ้นให้เกิด ความคิดแก้ปัญหาตลอดเวลา	4.00	0.82	ดี	4.20	0.42	ดี
28	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ช่วยให้เกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	4.40	0.52	ดี	4.70	0.48	ดี
29	ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เป็นการให้ ประสบการณ์ตรง	4.30	0.67	ดี	4.10	0.57	ดี
30	รู้สึกปลอดภัยขณะปฏิบัติการทดลอง ใน ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์	4.30	0.82	ดี	4.30	0.67	ดี
31	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ช่วยให้มีโอกาสใช้ความสามารถที่มีอยู่	4.40	0.52	ดี	4.30	0.48	ดี
32	ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ช่วยให้ผู้เรียน สามารถสรุปผลการทดลองได้ด้วยตนเอง	4.20	0.63	ดี	4.20	0.42	ดี
รวม		4.32	0.63	ดี	4.32	0.64	ดี

* กลุ่มที่ 1 หมายถึง กลุ่มผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

** กลุ่มที่ 2 หมายถึง กลุ่มผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

*** ค่าเฉลี่ยในวงเล็บ คือ ค่าที่คำนวณได้จากข้อความที่เป็นนิเสธ (นำค่านี้ไปหักออกจาก 5.00 เพื่อการแปลผล)

จากตาราง 46 สรุปได้ว่า กลุ่มผู้เรียนทั้งสองกลุ่มมีเจตคติต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ อยู่ใน
ระดับ “ดี” สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดทั้ง 32 ข้อ

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้เป็นการสรุปเกี่ยวกับความมุ่งหมายของการวิจัย สมมติฐานการวิจัย วิธีดำเนินการวิจัย สรุปผลการวิจัย และการอภิปรายผล ตลอดจนข้อเสนอแนะ ซึ่งแยกเป็นข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้และข้อเสนอแนะในการทำวิจัยต่อไป

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อสร้างชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ช่วยสอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น
2. เพื่อหาคุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น
3. เพื่อทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้นประกอบการเรียนการสอน

สมมติฐานการวิจัย

1. ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด
2. การทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ประกอบการเรียนการสอน ได้ผลตามเกณฑ์

ร้อยละ 80

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน 2 ขั้นตอน คือ 1) การสร้างชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และ 2) การทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ประกอบการเรียนการสอน แต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดการดำเนินการดังต่อไปนี้

1. การสร้างชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ในขั้นตอนการสร้างชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์นี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนย่อย 8 ขั้นตอน คือ 1) การกำหนดวัสดุ - อุปกรณ์ในการสร้างแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 2) การออกแบบและสร้างแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 3) การสร้างผังวงจรรวมของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 4) การสร้างแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 5) การทดสอบประสิทธิภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 6) การประเมินคุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 7) การสร้างคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 8) การวิเคราะห์ข้อมูลแต่ละขั้นตอนดำเนินการดังนี้

1.1 การกำหนดวัสดุ - อุปกรณ์ในการสร้างแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้วัสดุ - อุปกรณ์ โดยคำนึงถึงคุณสมบัติต่อไปนี้ มีคุณภาพดี แข็งแรง ทนทาน หาซื้อได้ง่าย ราคาถูก และความเหมาะสมของวัสดุเป็นสำคัญ โดยได้ปรึกษาคณะกรรมการที่ปรึกษาปริญญาโท

1.2 การออกแบบและสร้างแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ในขั้นนี้ผู้วิจัยได้กำหนดเนื้อหาทางอิเล็กทรอนิกส์ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยศึกษาเนื้อหาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ในหลักสูตรระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์ที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด จากนั้นได้ออกแบบดัดแปลง วงจรพื้นฐานทางอิเล็กทรอนิกส์ใช้สำหรับการทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 30 การทดลอง

1.3 การสร้างผังวงจรรวมของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

เมื่อได้ออกแบบวงจรการทดลองทั้ง 30 การทดลองแล้ว ผู้วิจัยได้นำวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ออกแบบ มาประกอบเป็นผังวงจรรวมของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยจัดชนิดของอุปกรณ์ที่เหมือนกันไว้ด้วยกัน โดยได้ดำเนินการดังต่อไปนี้

1.3.1 ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการเขียนผังวงจรรวม

1.3.2 กำหนดหมายเลขที่ขาของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ใช้เป็นตำแหน่งอ้างอิง อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บนแผงวงจร เพื่อความสะดวกในการอธิบายขั้นตอนการทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

1.3.3 นำผังวงจรรวมที่ได้ติดลงบนกระดาษแข็งแล้วติดสติ๊กเกอร์สีทับอีกครั้ง จากนั้นเจาะรูบนผังวงจรรวม ก่อนที่จะติดลงบนฐานของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้ที่เจาะกระดาษ เพื่อป้องกันการเสียหายของผังวงจรรวมจากการเจาะฐานของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์

1.4 การสร้างแผงวงจรของชุดอิเล็กทรอนิกส์

เมื่อสร้างผังวงจรรวมของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์แล้ว ผู้วิจัยได้นำอุปกรณ์มาติดตั้งลงบนแผงวงจรของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1.4.1 เขียนแบบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์

1.4.2 สร้างแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ตามแบบที่สร้าง (ดูในบทที่ 3)

1.5 การทดสอบประสิทธิภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

เมื่อได้สร้างแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ขึ้นแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการทำงานของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ดังกล่าวตามคู่มือการใช้ชุดอิเล็กทรอนิกส์ด้วยตนเอง โดยทำการทดลองซ้ำวงจรละ 5 ครั้ง แล้วบันทึกผลการทดลอง เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของวงจร ในการทดสอบด้วยตนเองนี้ ผู้วิจัยได้ปรับปรุงแก้ไขส่วนที่บกพร่อง ก่อนนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์ทำการตรวจสอบและประเมินคุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่อไป

1.6 การประเมินคุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ผู้วิจัยได้นำชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์ทำการตรวจสอบและประเมินคุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งผู้เชี่ยวชาญที่ทำการประเมินในครั้งนี้ มีประสบการณ์การสอนวิชาไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์ หรือวิชาฟิสิกส์ ไม่ต่ำกว่า 5 ปี จำนวน 5 ท่าน

ในการประเมินครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินคุณภาพชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยศึกษาวิธีการสร้างแบบประเมินจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง เช่น หนังสือเทคนิคการวิจัย และงานวิจัย ต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบประเมินคุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ แบบประเมินที่ สร้างขึ้นเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 อันดับ ตามวิธีของลิเคอร์ท โดยกำหนดให้ระดับดีมาก, ดี, พอใช้, ต้องปรับปรุงและใช้ไม่ได้มีคะแนนเป็น 4, 3, 2, 1 และ 0 ตามลำดับ ซึ่งในการ ประเมินครั้งนี้ผู้วิจัยได้ให้ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินคุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 4 ด้าน คือ 1) ลักษณะกายภาพทั่วไป 2) ลักษณะการใช้งาน 3) การบำรุงรักษาและซ่อมแซม 4) ความ เหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน นอกจากการประเมินในเชิงปริมาณดังกล่าวแล้ว ยังมีส่วนเป็นคำถามแบบปลายเปิด เพื่อให้ผู้ประเมินแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมและให้ข้อเสนอแนะ ต่างๆ ด้วย แบบประเมินดังกล่าวนี้ได้รับการตรวจสอบความเหมาะสมจากประธานที่ปรึกษาปริญญา นิพนธ์ และผู้เชี่ยวชาญอีก 2 ท่าน เพื่อตรวจสอบเนื้อหาของแบบประเมินให้ครอบคลุมคุณภาพ ด้านต่างๆ ที่ต้องการตรวจสอบ ก่อนนำไปใช้จริง

1.7 การสร้างคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ผู้วิจัยได้สร้างคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ขึ้น 2 ชุด โดยดำเนินการตาม ขั้นตอนดังนี้

1.7.1 ศึกษาจุดมุ่งหมายของหลักสูตรจากหลักสูตรวิทยาศาสตร ชั้นมัธยมศึกษา ตอนต้น พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาความรู้ ทางไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียน การสอนและวัสดุ - อุปกรณ์ในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

1.7.2 สร้างคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 2 ชุด คือ คู่มือการใช้ชุดวงจร อิเล็กทรอนิกส์สำหรับผู้เรียนและคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับผู้สอน โดยกำหนดส่วน ประกอบไว้ดังนี้ คู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับผู้เรียน ประกอบด้วย ใบความรู้ กิจกรรมการทดลอง จุดประสงค์การเรียนรู้ เวลาที่ใช้ วัสดุ - อุปกรณ์ วิธีการทดลอง การรายงาน ผลการทดลองและสรุปการทดลอง และคำถามท้ายการทดลอง ส่วนคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับผู้สอน ประกอบด้วย กิจกรรมการทดลอง จุดประสงค์การเรียนรู้ เวลาที่ใช้ วัสดุ - อุปกรณ์ วิธีการทดลอง แนวการบันทึกผลการทดลองและสรุปการทดลอง แนวการตอบ คำถามท้ายการ ทดลอง และความรู้เพิ่มเติม

1.7.3 นำคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น ไปให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้าน ไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 5 ท่าน พิจารณาความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้กับ เนื้อหาของการทดลอง และปรับปรุงแก้ไขคู่มือตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ก่อนนำไปทดลองใช้จริง

1.8 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบคุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์นี้ กระทำโดยการคำนวณค่าเฉลี่ย จากผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน การคำนวณค่าเฉลี่ยดังกล่าว ประเมินจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 4 ด้าน คือ ลักษณะกายภาพทั่วไป ลักษณะการใช้งาน การบำรุงรักษาและซ่อมแซม และความเหมาะสมด้านการนำไปประกอบการเรียนการสอน ตัดสินคุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ค่าเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 3.00 (จากมาตราส่วน 5 อันดับ เมื่อ 0 หมายถึง ใช้ไม่ได้ , ... , และ 4 หมายถึง ดีมาก)

2. การทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ประกอบการเรียนการสอน

ผู้วิจัยได้นำชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ไปทดลองกับกลุ่มบุคคล 2 กลุ่ม คือ กลุ่มผู้สอน และกลุ่มผู้เรียน โดยแต่ละกลุ่มได้ดำเนินการแยกกัน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 การทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของกลุ่มผู้สอน

การทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ประกอบการเรียนการสอนของกลุ่มผู้สอนได้ดำเนินการตามลำดับดังนี้

2.1.1 การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างกลุ่มผู้สอนจากอาจารย์สอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เคมี ชีววิทยา ฟิสิกส์ และไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์ โรงเรียนศรีกระนวนวิทยาคม อำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น จำนวน 10 คน โดยการคัดเลือกตามคุณสมบัติตามที่กำหนด แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้ 1) ผู้สอนกลุ่มที่ 1 เป็นอาจารย์สอนวิชาฟิสิกส์และไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 5 คน 2) ผู้สอนกลุ่มที่ 2 เป็นอาจารย์สอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เคมี และชีววิทยา จำนวน 5 คน ทำการทดลองเป็นรายบุคคล

2.1.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของกลุ่มผู้สอน ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2541 โดยทดลองนอกเวลาเรียน สัปดาห์ละ 5 วัน วันละ 60 นาที เป็นเวลา 1 สัปดาห์

2.1.3 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาจากผู้สอน คือ

- ความสามารถในการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์
- เจตคติต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

2.1.4 การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของผู้สอน

เครื่องมือในการประเมินการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของผู้สอน ประกอบด้วย แบบประเมินพฤติกรรมของผู้สอน และแบบสอบถามเจตคติต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งสร้างขึ้นตามลำดับขั้นตอนดังนี้

2.1.4.1 การสร้างแบบประเมินพฤติกรรมของผู้สอน

แบบประเมินพฤติกรรมของผู้สอน มีลักษณะเป็นแบบสังเกตพฤติกรรมใช้ประเมินผู้สอนในระหว่างทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยผู้วิจัยสังเกตการปฏิบัติ การทดลองของผู้สอนว่ามีความสามารถใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ถูกต้องหรือไม่ บันทึกลงในแบบ ตรวจสอบรายการ (Check list) ทั้ง 30 การทดลอง

2.1.4.2 การสร้างแบบสอบถามเจตคติต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

- ศึกษาการสร้างแบบสอบถามตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert) จำนวน 32 ข้อ ซึ่งจะพิจารณาโดยรวมในการแสดงความคิดเห็นหรือความรู้สึกในด้านต่าง ๆ ต่อไปนี้ คือ ความสำคัญและประโยชน์ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ความนิยมชมชอบในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ความสนใจในการทดลองของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และแนวโน้มการแสดงออกของพฤติกรรมที่จะมี ต่อวิชาอิเล็กทรอนิกส์ แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน พิจารณาความเหมาะสมของ ข้อความ ปรับปรุงแก้ไขตามที่ผู้เชี่ยวชาญแนะนำ

- นำแบบสอบถามเจตคติต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ที่แก้ไข เรียบร้อยแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนศรีกระนวนวิทยาคม ที่ ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 100 คน

- นำข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบสอบถามเจตคติต่อชุดวงจร อิเล็กทรอนิกส์มาให้คะแนน

- นำผลคะแนนของแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 100 คน หาค่าอำนาจจำแนก โดยเรียงคะแนนของแต่ละคน จากมากที่สุดไปน้อยที่สุด เลือกนักเรียน ที่อยู่ในกลุ่มสูงมา 25% กลุ่มต่ำ 25% คำนวณหาค่า t แล้วเลือกข้อคำถามที่ค่า t สูงกว่า 1.75 ไว้ จำนวน 32 ข้อ

- นำแบบสอบถามวัดเจตคติที่มีค่าอำนาจจำแนก มาคำนวณ หาค่าความเชื่อมั่น โดยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา ของครอนบัค (Cronbach) จากนั้นนำแบบสอบถาม วัดเจตคติต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ไปทดลองใช้จริง

2.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูลการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของกลุ่มผู้สอน

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนนี้ แยกวิเคราะห์เป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นการวิเคราะห์เพื่อประเมินพฤติกรรมผู้สอน ตอนที่ 2 เป็นการวิเคราะห์เพื่อประเมินเจตคติของ ผู้สอนที่มีต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ การประเมินแต่ละตอน มีการดำเนินการดังนี้

ตอนที่ 1 การประเมินพฤติกรรมผู้สอน ใช้ข้อมูลจากแบบตรวจสอบ รายการ ซึ่งจะได้ข้อมูลเป็น “ปฏิบัติได้ = 1 คะแนน” และ “ปฏิบัติไม่ได้ = 0 คะแนน” สำหรับการ ทดลองแต่ละการทดลอง (มีทั้งหมด 30 การทดลอง) ในส่วนนี้จะพิจารณาตามการทดลอง โดยแต่ละการทดลอง จะพิจารณาตัดสินโดยใช้เกณฑ์ร้อยละ 80

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามเจตคติต่อชุดวงจร อิเล็กทรอนิกส์ โดยนำคะแนนจากข้อคำถามแต่ละข้อมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย

2.2 การทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของกลุ่มผู้เรียน

การทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ประกอบการเรียนการสอนของกลุ่มผู้เรียนได้ดำเนินการตามลำดับดังนี้

2.2.1 การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างกลุ่มผู้เรียน จากนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนศรีกระนวนวิทยาคม อำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น โดยการสุ่มแบบจัดชั้น (Stratified random sampling) จากนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 10 คน และนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 10 คน ทำการทดลองเป็นรายบุคคล

2.2.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของกลุ่มผู้เรียน ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2541 โดยทดลองนอกเวลาเรียน สัปดาห์ละ 5 วัน วันละ 60 นาที เป็นเวลา 3 สัปดาห์

2.2.3 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาในกลุ่มผู้เรียน คือ

- ความสามารถในการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์
- ความรู้ความเข้าใจหลักการการทำงานของวงจร
- เจตคติต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

2.2.4 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของผู้เรียน

เครื่องมือในการประเมินการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของผู้เรียน ประกอบด้วย ผลการทดลองทุกการทดลองของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ คำถามท้ายการทดลองทุกการทดลองของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และแบบสอบถามเจตคติต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (ฉบับเดียวกับผู้สอน)

2.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของกลุ่มผู้เรียน

การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนนี้ แยกวิเคราะห์เป็น 3 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นการวิเคราะห์เพื่อประเมินความสามารถในการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ตอนที่ 2 เป็นการวิเคราะห์เพื่อประเมินความรู้ความเข้าใจหลักการการทำงานของวงจร และตอนที่ 3 เป็นการวิเคราะห์เพื่อประเมินเจตคติของผู้เรียนที่มีต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ การประเมินแต่ละตอน มีการดำเนินการดังนี้

ตอนที่ 1 ประเมินความสามารถในการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ จากการตรวจให้คะแนนผลการทดลอง ที่ผู้เรียนรายงานผลทุกการทดลอง โดยแต่ละการทดลองใช้เกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

ทำการทดลองได้ผลและอธิบายได้ชัดเจนให้	2	คะแนน
ทำการทดลองได้ผลแต่อธิบายไม่ชัดเจนให้	1	คะแนน
ทำการทดลองไม่ได้ผลให้	0	คะแนน

จากนั้นพิจารณาตัดสินผลการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (สำหรับแต่ละการทดลอง) จากคะแนนเฉลี่ย (ที่คำนวณจากคะแนนของนักเรียนทั้งกลุ่ม) โดยใช้เกณฑ์ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

ตอนที่ 2 ประเมินความรู้ความเข้าใจหลักการทำงานของวงจรในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของผู้เรียน จากคะแนนการตอบคำถามท้ายการทดลอง แต่ละข้อถ้าตอบถูกต้อง 1 คะแนน ตอบไม่ถูกต้อง 0 คะแนน ซึ่งแต่ละการทดลองคะแนนโดยเฉลี่ยต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ทุกการทดลอง

ตอนที่ 3 วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดเจตคติของผู้เรียนต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยนำคะแนนมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย แล้วพิจารณาจัดเป็นระดับความคิดเห็น (ใช้เกณฑ์เดียวกันกับที่ใช้กับผู้สอน)

สรุปผลการวิจัย

1. ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้นสามารถทำงานได้ตามทฤษฎีทั้ง 30 การทดลอง
2. การประเมินคุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั้ง 4 ด้าน พบว่า ลักษณะทางกายภาพทั่วไป ด้านการบำรุงรักษาและซ่อมแซม และด้านความเหมาะสมในการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนอยู่ในระดับ “ดีมาก” ส่วนด้านการใช้งานของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์อยู่ในระดับ “ดี”
3. กลุ่มผู้สอนทั้งสองกลุ่ม (กลุ่มที่ 1 เป็นครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์และไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์, กลุ่มที่ 2 เป็นครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เคมี และชีววิทยา) มีความสามารถในการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 และมีเจตคติต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในระดับ “ดี” ทั้งสองกลุ่ม
4. กลุ่มผู้เรียนทั้งสองกลุ่ม (กลุ่มที่ 1 เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และกลุ่มที่ 2 เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3) มีความสามารถในการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์และความรู้ความเข้าใจหลักการทำงานของวงจรสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 และมีเจตคติต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในระดับ “ดี” ทั้งสองกลุ่ม

อภิปรายผลการวิจัย

ในการอภิปรายผลจะเสนอโดยลำดับของผลการศึกษาค้นคว้าดังนี้

1. จากผลการศึกษาค้นคว้า พบว่า ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น เมื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของแต่ละวงจรแล้ว สามารถแสดงการทำงานของวงจรต่างๆ ให้เห็นชัดเจนสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้และชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์มีความเหมาะสมกับบทเรียนแต่ละการทดลอง ทั้งนี้เพราะการสร้างชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้อาศัยหลักเกณฑ์ที่ว่า ชุดทดลองที่สร้างขึ้นต้องอำนวยความสะดวกและประหยัดเวลา ในการนำมาใช้ประกอบการเรียนการสอน มีประสิทธิภาพในการทำงาน ผู้สอนสามารถสร้างชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์และซ่อมแซมได้ด้วยตนเอง ผลการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ คือ สามารถสร้างชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้สำเร็จ และสามารถนำเอา

ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ไปทดลองใช้ประกอบการเรียนการสอนในหัวข้อต่างๆ ของวิชาอิเล็กทรอนิกส์ขั้นพื้นฐานและได้ผลตามต้องการ อีกทั้งยังมีส่วนช่วยกระตุ้นและเป็นแนวทางให้ผู้สอนสามารถสร้างและใช้อุปกรณ์การสอนที่เหมาะสมกับบทเรียน มองเห็นแนวทางการออกแบบการทดลองเพื่อนำมาใช้กับชุดทดลองวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น เป็นการแก้ปัญหาการขาดแคลนอุปกรณ์สำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการ

2. ผลการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับคุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งทำการทดสอบและประเมินผล โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านนั้น มีข้ออภิปรายดังนี้

2.1 ลักษณะทางกายภาพทั่วไป โดยภาพรวมอยู่ในระดับ “ดีมาก” คือ มีค่าเฉลี่ย 3.62 ซึ่งจากข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ การติดตั้งอุปกรณ์มีความมั่นคงจะต้องปรับปรุงให้ดีขึ้น ถึงแม้ว่าการประเมินจะอยู่ในระดับ “ดี” ก็ตาม

2.2 ลักษณะการใช้งาน โดยภาพรวมอยู่ในระดับ “ดี” คือ มีค่าเฉลี่ย 3.46 ซึ่งจากการประเมินผล การเตรียมอุปกรณ์การทดลองทำได้สะดวก มีความคล่องตัวในการใช้และปฏิบัติการทดลอง และมีความปลอดภัยในขณะปฏิบัติการทดลอง อยู่ในระดับ “ดีมาก” ส่วนการเชื่อมต่อวงจรทำได้รวดเร็ว สามารถทำงานได้ทุกวงจร มีประสิทธิภาพ ผลการทดลองเชื่อถือได้ มีข้อผิดพลาดเพียงเล็กน้อย อยู่ในระดับ “ดี”

2.3 การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม โดยภาพรวมอยู่ในระดับ “ดีมาก” คือ มีค่าเฉลี่ย 3.65 ซึ่งจากผลการประเมินการซ่อมแซมไม่ทำให้อุปกรณ์อื่นเสียหาย อยู่ในระดับ “ดี” ส่วนการบำรุงรักษาทำได้ง่าย สะดวกในการใช้และเก็บรักษา, การจัดหาเครื่องมือซ่อมแซมทำได้สะดวกและอุปกรณ์ที่เป็นส่วนประกอบมีราคาถูก หาซื้อได้ง่าย อยู่ในระดับ “ดีมาก”

2.4 ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน โดยภาพรวมอยู่ในระดับ “ดีมาก” คือ มีค่าเฉลี่ย 3.72 ซึ่งจากผลการประเมินพบว่า เวลาที่ใช้ในการทดลองน้อย และได้ความรู้เพิ่มขึ้นอยู่ในระดับ “ดี” ส่วนด้านการผ่อนแรงครูผู้สอนในการเตรียมอุปกรณ์การเรียนการสอน, เคลื่อนย้ายสะดวกและสามารถนำไปใช้นอกห้องปฏิบัติการได้ ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ง่าย เป็นการให้ประสบการณ์ตรง และผู้เรียนสามารถใช้เรียนเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มได้ อยู่ในระดับ “ดีมาก”

การวิเคราะห์คุณภาพทั้ง 4 ด้าน ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์อยู่ในระดับ “ดีมาก” และจากการสอบถามปลายเปิดผู้เชี่ยวชาญด้านไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์ทั้ง 5 ท่าน ได้ให้ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะในด้านที่ควรปรับปรุงชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ดังนี้ ชุดทดสอบที่ใช้ทำข้อต่อของวงจรควรเลือกใช้แบบชุบโครเมียม เพื่อป้องกันการเป็นสนิมเมื่อใช้ไปนานๆ การติดตั้งอุปกรณ์ในแผงวงจรยังไม่มี ความมั่นคงเท่าที่ควร ควรใช้ตาไก่ยึดเข้ากับรูที่เจาะก่อน แล้วจึงบัดกรีอุปกรณ์ที่ติดตั้งจะมีความมั่นคงมากขึ้น โครงสร้างของตัวกล่องที่ทำแผงวงจรมีความแข็งแรงดี แต่ความละเอียดยังไม่สมบูรณ์ สายไฟที่ใช้เป็นตัวเชื่อมต่อวงจรควรใช้ปากคิ๊ป ส่วนความคิดเห็นในด้านความเหมาะสมในการประกอบการเรียนการสอนนั้นมีดังนี้ เป็นชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดเล็กมีความสมบูรณ์ในตัวสามารถสร้างได้เอง มีความปลอดภัยสูง ราคาถูก แต่ผลตอบแทนที่ได้มีมาก เป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ สามารถนำผลที่ได้จากการเรียนรู้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ไปประยุกต์ใช้

กับชีวิตประจำวันได้ จึงสรุปได้ว่า ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้นนี้ มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด สามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนได้

3. จากผลการศึกษาการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของผู้สอนทั้งสองกลุ่ม สามารถในการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทั้งสองกลุ่ม สามารถปฏิบัติการทดลองได้สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 80 ซึ่งถึงแม้ว่าผู้สอนทั้งสองกลุ่มจะมีความสามารถในการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ไม่แตกต่างกันในทางปฏิบัติ แต่สำหรับความรู้ความเข้าใจผู้สอนกลุ่มที่ 1 (ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์และไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์) จะมีความรู้ความเข้าใจหลักการทำงานของวงจรในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์สูงกว่าผู้สอนกลุ่มที่ 2 (ครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เคมี และชีววิทยา) โดยผู้วิจัยประเมินจากการสังเกตพฤติกรรมในขณะปฏิบัติการทดลอง และสอบถามเกี่ยวกับวงจรต่างๆ ในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ปรากฏว่าผู้สอนกลุ่มที่ 2 ต้องศึกษาจากคู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ก่อนจึงจะสามารถตอบคำถามได้ ซึ่งแตกต่างจากผู้สอนกลุ่มที่ 1 ที่สามารถตอบคำถามได้ทันที และยังให้คำแนะนำเกี่ยวกับวงจรต่างๆ เพิ่มเติม ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากความชำนาญและประสบการณ์การสอนในด้านไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์ของผู้สอนกลุ่มที่ 1 มีมากกว่าผู้สอนกลุ่มที่ 2 ส่วนเจตคติที่มีต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ของผู้สอนทั้งสองกลุ่มอยู่ในระดับ “ดี” ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด อาจเนื่องมาจากชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์เป็นรูปแบบของสื่อการสอนที่น่าสนใจ มีลักษณะของสื่อการสอนที่ดีมีความเหมาะสมกับการเรียนการสอนในปัจจุบันที่ครูผู้สอนมีคาบสอนจำนวนมาก ไม่มีเวลาเตรียมอุปกรณ์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของเจนวิทย์ ผาสุก (2521 : 73 - 46) ที่กล่าวถึงปัญหาและความต้องการของครูวิทยาศาสตร์ว่า ครูขาดตำราและวารสารที่ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ อุปกรณ์การสอนไม่ครบ การสอนของครูส่วนใหญ่เน้นการสอนในตำรา ไม่สอนปฏิบัติการ และประเสริฐวงศ์สุพรรณ (2534 : 37) ได้ให้แนวคิดเกี่ยวกับการใช้สื่อการเรียนการสอนว่า เนื้อหาที่สร้างต้องเป็นเนื้อหาที่เข้าใจยาก ซึ่งถ้าไม่ใช่สื่อประกอบจะต้องทำให้ใช้เวลาในการเรียนการสอนมาก ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้ผู้สอนทั้งสองกลุ่มมีเจตคติที่ดีต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ จึงสรุปได้ว่า ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนได้

4. จากผลการศึกษาการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของผู้เรียนทั้งสองกลุ่ม ปรากฏว่าผู้เรียนทั้งสองกลุ่มมีความสามารถในการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์และความรู้ความเข้าใจหลักการทำงานของวงจรสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 80 ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าผู้เรียนทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันทั้งความสามารถในการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และความรู้ความเข้าใจหลักการทำงานของวงจร สาเหตุอาจเกิดจากชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์เป็นสื่อการเรียนการสอนแบบใหม่ สำหรับผู้เรียน ซึ่งผู้เรียนได้เรียนรู้และลงมือปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง ทำให้ผู้เรียนรู้สึกตื่นเต้น มีความกระตือรือร้นต่อการเรียน ในการปฏิบัติการทดลองผู้เรียนสามารถเห็นผลจากการทดลองได้ ชัดเจนเป็นรูปธรรม เกิดการเรียนรู้อย่างรวดเร็ว ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น สามารถนำความรู้ที่ได้จากการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธนิต บุญใส (2533 : บทคัดย่อ) ที่กล่าวว่า การเรียนการสอนในภาคปฏิบัติจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ประกอบประกอบการเรียนภาคปฏิบัติ เพื่อให้นักศึกษาได้รับความรู้ความเข้าใจอย่างถูกต้อง เห็นจริงตามทฤษฎีที่เรียนไป และกาเย่ (1970 : 125) กล่าวว่า ผู้เรียนที่มีประสบการณ์ มีความรู้

ความเข้าใจ และมีมีโนทัศน์ในเรื่องต่างๆ อย่างกว้างขวาง ย่อมมีวิธีการแก้ปัญหาต่างๆ ได้ดีกว่าสรุปได้ว่าชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์มีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนได้ ส่วนเจตคติต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของผู้เรียนทั้งสองกลุ่ม อยู่ในระดับ “ดี” ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด อาจเนื่องมาจากชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์เป็นสื่อการเรียนการสอนที่มีความแปลกใหม่ เน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้โดยการกระทำด้วยตนเอง ทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ มีความกระตือรือร้น ผู้เรียนได้เรียนรู้จากของจริง สามารถสังเกตและเห็นสิ่งที่เกิดขึ้นจากการทดลองด้วยตนเอง อีกทั้ง ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์มีลักษณะคล้ายกับของเล่น ผู้เรียนจึงไม่รู้สึกเบื่อหน่ายในขณะที่เรียน มีความกล้าที่จะแสดงความคิดเห็นกับผู้อื่น เมื่อประสบความสำเร็จในการทำการทดลอง ความรู้และประสบการณ์ที่ได้จากการเรียนรู้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทำให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ สามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้ผู้เรียนทั้งสองกลุ่มมีเจตคติที่ดีต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ สรุปได้ว่า ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์มีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนได้

ข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะบางประการ เพื่อให้เกิดแนวคิดใหม่ๆ เกี่ยวกับงานวิจัยนี้และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในอนาคต ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 การสร้างชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ควรพิจารณาเนื้อหาและรูปแบบของการสร้างให้เหมาะสมกับพื้นฐานของผู้เรียนและลักษณะเนื้อหาการทดลอง ตลอดจนควรมีกิจกรรมให้เหมาะสมกับเนื้อหาและเวลาที่ใช้สอน

1.2 การสร้างชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ควรทำการปรับปรุงส่วนที่ยังบกพร่องตามข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญด้านไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์ ที่ให้ความคิดเห็นเสนอแนะ ดังนี้

1.2.1 ควรใช้ชุดลวดสปริงที่ทำเป็นข้อต่อแบบซูปโครเมียม จะมีความทนทานกว่าและไม่เป็นสนิมง่าย

1.2.2 การติดตั้งอุปกรณ์ ควรใช้ตาโก้นัดกับรูที่เจาะไว้ก่อนแล้วจึงบัดกรี จะทำให้อุปกรณ์มีความมั่นคงและแข็งแรงขึ้น

1.2.3 ควรใช้สายไฟที่มีปากฉีบ แทนสายเปลือย หรืออาจใช้ตะกั่วบัดกรีที่ปลายของสายไฟก่อน

1.3 ขั้นตอนการสร้างแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์บางขั้นตอนทำยาก หากไม่มีความชำนาญเพียงพอ แต่สามารถฝึกฝนได้ถ้ามีความพยายาม

1.4 ก่อนลงมือสร้างชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ควรทำการตรวจสอบสภาพอุปกรณ์ทุกชิ้นก่อนเพื่อป้องกันความผิดพลาด

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

2.1 ควรพัฒนาชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ให้มีประสิทธิภาพการทำงานสูงขึ้น

2.2 ควรออกแบบสร้างชุดทดลองวิทยาศาสตร์ในรายวิชาอื่นๆ เพื่อเป็นแนวทางในการผลิตอุปกรณ์วิทยาศาสตร์

2.3 ควรทำวิจัยและพัฒนา เพื่อให้ได้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่มีคุณภาพดี ราคาถูก และใช้ประโยชน์ทางการสอนวิทยาศาสตร์ได้ดีในลักษณะเป็นอุตสาหกรรมและเชิงพาณิชย์ให้กว้างขวางยิ่งขึ้น

2.4 ควรศึกษาผลการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้ตัวแปรอื่นประกอบด้วย เช่น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ ความแตกต่างระหว่างบุคคล และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างเพศหญิงและเพศชายในการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- ✓ กองบรรณาธิการ. "Scoop พิเศษ งานเวิลด์ดีแคต'95," พัฒนาเทคนิคศึกษา. 7(16) : 5 - 9 ; ตุลาคม - ธันวาคม 2538.
- ✓ กิจจา ไทริชัย. ปัญหาการสอนหลักสูตร สสวท. ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ของครูโรงเรียนราษฎร์ในกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2523. อัดสำเนา.
- กิดานันท์ มลิทอง. เทคโนโลยีการศึกษาร่วมสมัย. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2531.
- คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. แผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2540 - 2544). 2539.
- จตุรงค์ จตุรเชิดชัยสกุล. การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดประลองวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในงานควบคุม หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง. วิทยานิพนธ์ คอ.ม. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2540. อัดสำเนา.
- เจน สงสมพันธ์. เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ เล่ม 1. กรุงเทพมหานคร : โรงเรียนอิเล็กทรอนิกส์กรุงเทพ, 2531.
- ✓ เจนวิทย์ ผาสุก. ปัญหาและความต้องการของครูวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น เขตการศึกษา 11. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2521, อัดสำเนา.
- เจริญ บุญญวัฒน์. การทำและการใช้อุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์เบื้องต้น. เอกสารการอบรมสัมมนาผู้สอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนสาธิต กรมการฝึกหัดครู กระทรวงศึกษาธิการ, 2511.
- ชิตชัย สุทธาวิณ. อิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป. กรุงเทพมหานคร : บัณฑิตเซอร์, 2524.
- โซ สาสีฉน์. การประดิษฐ์และสร้างอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2523.
- โซ สาสีฉน์. เทคโนโลยีพื้นฐาน การประดิษฐ์ การสร้าง อุปกรณ์ และเครื่องมือทดลองทางวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น, 2534.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. ระบบสื่อการสอน. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2526.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์ และคนอื่นๆ. เอกสารการสอนชุดวิชาเทคโนโลยีสื่อการสอน หน่วยที่ 1-5. กรุงเทพฯ : ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 2523.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์ และคนอื่นๆ. เอกสารการสอนชุดวิชาเทคโนโลยีสื่อการสอน หน่วยที่ 11-15. กรุงเทพฯ : ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 2523.
- ไชยยศ เรืองสุวรรณ. การบริหารสื่อและเทคโนโลยีทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : วัฒนาพานิช, 2526.

ทง ลานธารทอง. การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดประลองอิเล็กทรอนิกส์กำลัง. วิทยานิพนธ์ คอ.ม.

กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2534. อัดสำเนา.

ธนิต บุญใส. การสร้างและทดลองเพื่อหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชุดประลองวิชาอุปกรณ์

อิเล็กทรอนิกส์และวงจร. วิทยานิพนธ์ คอ.ม. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยี

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2533. อัดสำเนา.

นิคม ทาแดง. เทคโนโลยีและนวัตกรรมการศึกษาที่มีอิทธิพลต่อการเรียนการสอนในระดับ

อุดมศึกษา. กรุงเทพฯ : ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมราช, 2528. อัดสำเนา.

นิพนธ์ สุขปรีดี. นวัตกรรมและเทคโนโลยีทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : พิชฌเนศ, 2521.

บุญยฤทธิ์ คงคาเพชร. การผลิตสื่อการสอน. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปทุมวัน, 2526.

บุญยเกียรติ กิ่งวัชรพงศ์. การสร้างและหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชุดทดลองวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 1

ตามหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2527 กรมอาชีวศึกษา.

วิทยานิพนธ์ คอ.ม. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2534.

อัดสำเนา.

ประภาภรณ์ มูลแสดง. เอกสารประกอบการสอน พฤติกรรมการสอนวิทยาศาสตร์ในชั้น

มัธยมศึกษา 1. กรุงเทพฯ : ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์

มหาวิทยาลัยรามคำแหง, ม.ป.ป.

ประมวล ศิริพันธ์แก้ว และคนอื่นๆ. การสร้างการสอนอุปกรณ์วิทยาศาสตร์โดยใช้วัสดุในท้องถิ่น

ของภาคตะวันออก รายงานผลการวิจัย ปีงบประมาณ 2522. ม.ป.ท., ม.ป.ป.

✓ ประทิน คล้ายนาค. ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์, 2529.

✓ ประเสริฐ วงศ์สุบรรณ. "อีกตัวอย่างหนึ่งของครูสร้างสื่อ," พัฒนาเทคนิคการศึกษา. 4(4) :

37 - 38 ; กุมภาพันธ์ 2534.

ปิยะชาติ โชคพิพัฒน์. "ความร่วมมือทางวิชาการระหว่างสำนักพัฒนาเทคนิค กับ IT & B,"

พัฒนาเทคนิคศึกษา. 6(5) : 9 ; มกราคม 2536.

เปื้อง กุมท. การสร้างบทเรียนสำเร็จรูป. กรุงเทพฯ : วิทยาลัยวิชาการศึกษา ประสานมิตร,

2515.

พรเทพ สรนนท์. การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดประลองวิชาอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม 1

ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ตามหลักสูตรของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.

วิทยานิพนธ์ คอ.ม. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2538.

อัดสำเนา.

พรเทพ เมืองแมน. ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์. บัตตานี : ภาควิชาเทคโนโลยีการศึกษา

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, ม.ป.ป.

อัดสำเนา.

- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. วิธีการวิจัยพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบและการประเมินผล มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2538.
- พิษณุ วิทยศิลป์ และมังกร หริรักษ์. สู่โลกอิเล็กทรอนิกส์. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2539.
- พันธ์ ทองชุมนุม. การสอนวิชาฟิสิกส์. กรุงเทพฯ : ภาควิชาโรงเรียนสาธิต ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, ม.ป.ป.
- ภพ เลหาไฟบุญย์. แนวการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช, 2537.
- ✓ ยืน ภู่วรรณ. ทฤษฎีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์ 1. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด, 2521.
- _____. ทฤษฎีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์ 2. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด, 2521.
- _____. ทฤษฎีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์ 3. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด, 2521.
- ล้วน สายศ และอังคณา สายยศ. เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : ภาควิชาวัดผลและวิจัยทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2536.
- วาสนา ชาวหา. เอกสารประกอบการสอนเทคโนโลยี 330 การทำอุปกรณ์การสอนอย่างง่าย. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางแสน, 2524.
- ✓ วิชาการ, กรม,. หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้นพุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533). กรุงเทพฯ : กระทรวงศึกษาธิการ, 2533.
- _____. หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้นพุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533). กรุงเทพฯ : กระทรวงศึกษาธิการ, 2533.
- วีระชาติ สวนไพบรินทร์. การสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2531.
- วันชัย ศติสกุลพร. การสร้างและทดลองหาประสิทธิภาพของชุดทดลองอิเล็กทรอนิกส์ 1. หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยี ราชมงคล. วิทยานิพนธ์. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2540. อัดสำเนา.
- ศศิเกษม ทองยงค์ และลีลา สีนานเคราะห์. วิธีสอนวิทยาศาสตร์ สรุปเนื้อหาตามหลักสูตรใหม่ 2522. กรุงเทพฯ : ชวนพิมพ์, 2524.
- ศึกษานิเทศก์, หน่วย, กรมสามัญ เขตการศึกษา 1. วารสารราชมณูครูวิทย์. ม.ป.ท., 2535. .
- สนอง ทองปาน. การศึกษาผลการใช้เครื่องอัดขยายภาพขาวดำที่พัฒนาขึ้นในการสอนอัดขยาย ภาพ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. วิทยานิพนธ์. กทม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2537. อัดสำเนา.
- สบสันต์ อุตกฤษฎี. "การใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ในการผลิตสื่อการสอน," พัฒนาเทคนิคการ ศึกษา. 6(7) : 3 - 11 ; กรกฎาคม 2536.

สมคิด วิริยะประสิทธิ์ชัย และอรรถพล มณีโชติ. การสร้างโครงการอิเล็กทรอนิกส์. กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซนเตอร์, ม.ป.ป.

สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว. ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : โครงการสนับสนุนเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น), 2527.

✓ สิริพร จันทวรรณ. ปัญหาและความต้องการสื่อการสอนวิทยาศาสตร์กายภาพในโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย เขตการศึกษา 8. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2524. อัดสำเนา.

สุนน อมรวิวัฒน์. "ทำไมต้องปฏิรูปการเรียนรู้," ใน เอกสารเสนอในโครงการประชุมวิชาการเรื่อง "สู่เส้นทางการปฏิรูปครูศึกษา". หน้า 1-9. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540. อัดสำเนา.

สุชาติ ศิริสุขไพบูลย์. การสอนทักษะปฏิบัติ. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2526.

สุพจน์ ศุภกุล. เอกสารคำสอน กระบวนการวิชา 058420 การสอนวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา. เชียงใหม่ : ภาควิชามัธยมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2537.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. เอกสารประกอบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์. สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป, 2526.

✓ _____ . รายงานการติดตามผลการใช้หลักสูตรวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายสายสามัญ ปีการศึกษา 2527 โดยการเยี่ยมโรงเรียน. รายงานการวิจัยอันดับที่ 24/2529 กรุงเทพฯ : สาขาวิจัยและประเมินผล, 2529. อัดสำเนา.

_____ . แนวการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ว 016 สอนกับอิเล็กทรอนิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. กรุงเทพฯ : ครูสภาลาดพร้าว, 2537.

อาภา ถนัดขำ. "การจัดกิจกรรมแนะแนวพัฒนามนุษย์เพื่อเผชิญโลกยุคใหม่," วารสารแนะแนว. 29(160) : 3 - 9 ; สิงหาคม - กันยายน 2538.

เอกวิทย์ แก้วประดิษฐ์. การวิจัยเทคโนโลยีการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น, 2537.

เออี กรุป. สอนกับอิเล็กทรอนิกส์. กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซนเตอร์, 2539.

ฮันเทรธ, ไมเคิล. "การออกแบบอุปกรณ์" ข่าวสาร สสวท. 9(1) : 35 ตุลาคม - ธันวาคม. 2523.

Brow, James W. and other. A - V Instruction Technology Media and Method. New York : Mc Graw - Hill Book Co., 1973. 449p.

Dale, Edgar. Audio - Visual Methods in Teaching. New York : Henry and Company, 1960.

Dale, Edgar. Audio - Visual Methods in Technology. New York : The Dryden Press, 1965.

- Erickson, Carlton W.H. Administering Instructional Media Programmed. New York : The Mcmillan Company, 1971.
- Gerlach, Vernon S and Ely, Doual P.. Teaching and Media : A Systematic Approach 2nd ed. Englewood Cliffs : Prentice - Hall, 1980.
- Heinich, Robert ; Molenda, and Russell, James D. Instructional Media and The Technologies of Instruction. New York : Macmillan Publishing Company, 1989.
- Jerrold E. Kemp and Deane K. Dayton. Planning and Producing Instructional Media. New York : Harper & Row, Publishers, 1985.
- Sharma, R.C. Modern Science Teaching 3rd ed., Delhi : Neveen Shahdara, D.R. printing Service, 1982. 400p.
- Stephen R. Matt. Electricity and Basic Electronics. South Holland, Illinois : The Goodheart - Willcox Company, 1982.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ชื่อกิจกรรมการทดลองของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

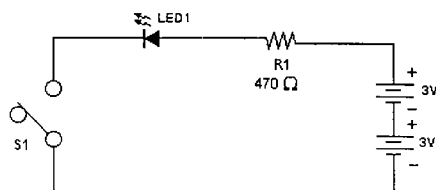
ชื่อกิจกรรมการทดลองของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

การทดลองที่	ชื่อกิจกรรมการทดลอง
1	มาต่อวงจรไฟฟ้ากันเถอะ
2	สนุกกับไดโอด
3	การต่อวงจรแบบอนุกรม
4	การต่อวงจรแบบขนาน
5	มารู้จักกับตัวต้านทาน
6	การต่อตัวต้านทานแบบขนาน
7	วงจรปรับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า
8	สนุกกับวงจรหรีไฟ
9	ตัวเก็บประจุ
10	การต่อวงจรตัวเก็บประจุแบบขนาน
11	ควบคุมกระแสไม่ให้ไหลผ่านมาก
12	สนุกกับการควบคุมไฟ
13	มาทำไฟกระพริบกันเถอะ
14	วงจรกดติดปล่อยดับ
15	วงจรกดดับปล่อยติด
16	วงจรเปิดค้าง
17	วงจรปิดค้าง
18	ทรานซิสเตอร์ทำงานอย่างไร
19	ทรานซิสเตอร์ทำงานแบบสวิตช์
20	วงจรกำเนิดเสียงไซเรน
21	ออกไฟฟ้า
22	สนุกกับการหน่วงเวลา
23	วงจรอินเวอร์เตอร์
24	วงจรออร์ เกท
25	วงจรแอนด์ เกท
26	วงจรเก็บแล้วปล่อยออกมาดูเล่น
27	วงจรกำเนิดสัญญาณเตือน
28	สนุกกับเทียนวันเกิดอิเล็กทรอนิกส์
29	สนุกกับรหัสมอร์ส
30	เปลี่ยนเสียงให้เป็นแสง

ภาคผนวก ข

ภาพประกอบวงจรและหลักการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 30 การทดลอง

วงจรการทดลองที่ 1 “มาต่อวงจรไฟฟ้ากันเถอะ” วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบ 1



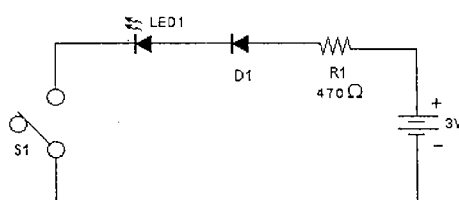
ภาพประกอบ 1 มาต่อวงจรไฟฟ้ากันเถอะ

หลักการทำงาน

ในวงจรนี้ไดโอดเปล่งแสง (LED) ทำหน้าที่เป็นตัวแสดงผลว่ามีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านวงจร (แทนแอมมิเตอร์) ความสว่างของไดโอดเปล่งแสง จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสที่ไหลผ่าน R1 เป็นตัวจำกัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน LED1 ไม่ให้มากเกินไป สวิตช์จะเป็นตัวเปิด - ปิดวงจร เมื่อเปิดสวิตช์วงจรปิด กระแสไฟฟ้าจะไหลครบวงจร ถ้าปิดสวิตช์วงจรเปิดไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร

การติดตั้งอุปกรณ์ควรระวังเรื่องขั้วของไดโอดเปล่งแสง (LED1) ต้องต่อให้ถูกขั้ว เพราะไดโอดเปล่งแสงมีหลักการทำงานเหมือนกับไดโอดทั่วไป

วงจรการทดลองที่ 2 “สนุกกับไดโอด” วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบ 2

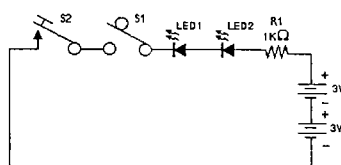


ภาพประกอบ 2 แสดงวงจรสนุกกับไดโอด

หลักการทำงาน

LED1 ทำหน้าที่เป็นตัวแสดงผลของวงจร สวิตช์ (S1) เป็นตัวควบคุมการเปิด - ปิดวงจร R1 เป็นตัวจำกัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน LED1 ไม่ให้มากเกินไป วงจรนี้ไดโอดเป็นตัวควบคุมการแสดงผลของ LED1 เมื่อต่อวงจรตามภาพประกอบ 2 LED1 จะสว่าง แต่ถ้าลองต่อขั้วไดโอดผิดขั้ว ปรากฏว่า LED1 จะไม่สว่าง เพราะไดโอดยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ทางเดียวเท่านั้น

วงจรการทดลองที่ 3 “วงจรแบบอนุกรม” วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบ 3

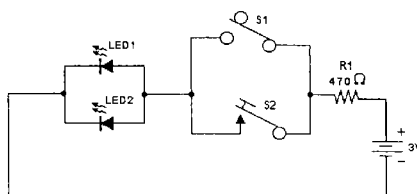


ภาพประกอบ 3 วงจรแบบอนุกรม

หลักการทำงาน

LED1, LED2 ทำหน้าที่เป็นตัวแสดงผลของวงจร R1 เป็นตัวจำกัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน LED1 และ LED2 ไม่ให้ไหลผ่านมากเกินไป เพราะไดโอดเปล่งแสงอาจได้รับความเสียหายได้ สวิตช์ S1 จะเป็นตัวควบคุมการเปิด - ปิดวงจร วงจรอนุกรม คือ วงจรที่ต่อขาอุปกรณ์ตัวหนึ่งเข้ากับขาของอุปกรณ์อีกตัวหนึ่งอย่างต่อเนื่อง ดังภาพประกอบ 3 LED1 ต่ออนุกรมกับ LED2 การต่อลักษณะนี้จะทำให้ความต้านทานรวมในวงจรสูงขึ้น ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้น้อยลง สังเกตจากความสว่างของ LED จะน้อยกว่าในการทดลองที่ 1 ถ้าทดลองไม่เชื่อมต่อขาของอุปกรณ์ตัวใดตัวหนึ่งเข้าด้วยกัน วงจรจะไม่ทำงาน LED1 และ LED2 จะไม่สว่าง เพราะกระแสไฟฟ้าไหลไม่ครบวงจร

วงจรการทดลองที่ 4 “วงจรแบบขนาน” วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบ 4

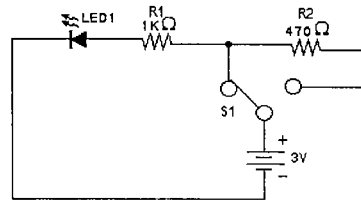


ภาพประกอบ 4 การต่อวงจรแบบขนาน

หลักการทำงาน

LED1, LED2 ทำหน้าที่เป็นตัวแสดงผลของวงจร R1 เป็นตัวจำกัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน LED1 และ LED2 ไม่ให้ไหลผ่านมากเกินไป สวิตช์ S1 จะเป็นตัวควบคุมการเปิด - ปิดวงจร วงจรขนาน คือ การนำอุปกรณ์แต่ละตัวมาต่อขนานกัน ดังภาพประกอบ 4 การต่อวงจรลักษณะนี้ความต้านทานรวมจะมีค่าน้อยกว่าความต้านทานของตัวต้านทานที่มีค่าน้อยที่สุดในการวงจร ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้มากขึ้น สังเกตจากความสว่างของ LED จะสว่างมากกว่าในการทดลองที่ 3 ถ้าทดลองไม่เชื่อมต่อสายไฟที่ LED1 LED2 ยังคงสว่าง เพราะกระแสไฟฟ้าจะไม่ไหลเฉพาะวงจรของ LED1 ไม่มีผลกระทบต่อวงจรส่วนอื่น LED2 ยังคงมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเช่นเดิม

วงจรการทดลองที่ 5 “มารู้จักกับตัวต้านทาน” วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบ 5

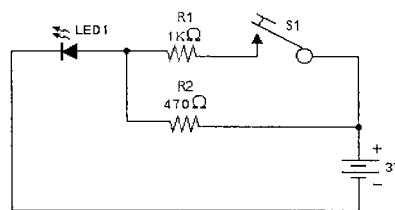


ภาพประกอบ 5 มารู้จักกับตัวต้านทาน

หลักการทำงาน

LED1 ทำหน้าที่เป็นตัวแสดงผลของวงจร R1 เป็นตัวจำกัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน LED1 ไม่ให้ไหลผ่านมากเกินไป S1 จะเป็นตัวควบคุมการเปิด - ปิดวงจร การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมจะเหมือนกับการต่อวงจรอนุกรม ค่าความต้านทานรวมในวงจรจะสูงขึ้น สังเกตจากความสว่างของ LED1 จะน้อยกว่าในการทดลองที่ 1 ยิ่งค่าความต้านทานในวงจรเพิ่มมากขึ้นเท่าใด LED1 ก็จะมีแสงสว่างน้อยลง

วงจรการทดลองที่ 6 “การต่อตัวต้านทานแบบขนาน” วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบ 6

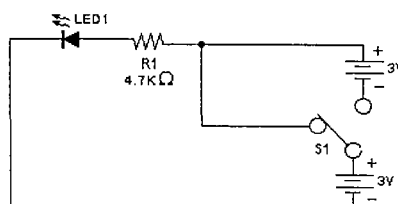


ภาพประกอบ 6 การต่อตัวต้านทานแบบขนาน

หลักการทำงาน

LED1 ทำหน้าที่เป็นตัวแสดงผลของวงจร R1 เป็นตัวจำกัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน LED1 ไม่ให้ไหลผ่านมากเกินไป S1 จะเป็นตัวควบคุมการเปิด - ปิดวงจร การต่อตัวต้านทานแบบขนานจะเหมือนกับการต่อวงจรขนาน ค่าความต้านทานรวมมีค่าน้อยลง น้อยกว่าค่าความต้านทานของตัวต้านทานที่น้อยที่สุดในวงจร สังเกตจากความสว่างของ LED1

วงจรการทดลองที่ 7 “วงจรปรับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า” วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบ 7

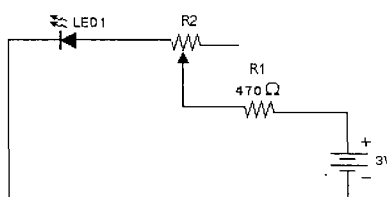


ภาพประกอบ 7 วงจรปรับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า

หลักการทำงาน

LED1 ทำหน้าที่เป็นตัวแสดงผลของวงจร R1 เป็นตัวจำกัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน LED1 ไม่ให้ไหลผ่านมากเกินไป สวิตช์ S1 จะเป็นตัวควบคุมการเปิด - ปิดวงจร ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน LED1 ถ้าหากว่าค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าต่ำแรงเคลื่อนไฟฟ้าจะมีค่าต่ำด้วย วงจรนี้ต้องการแสดงให้เห็นความแตกต่างของแรงเคลื่อนไฟฟ้าในวงจร โดยมีแบตเตอรี่ 2 ชุด แต่ละชุดมีแรงเคลื่อนไฟฟ้า 3 โวลต์ การสังเกตว่าในวงจรมีค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าต่ำหรือสูง สังเกตได้จากความสว่างของ LED1 เมื่อปิด - เปิดสวิตช์ก็จะเป็นการเพิ่มหรือลดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า

วงจรการทดลองที่ 8 “สนุกกับการทำวงจรหรีไฟ” วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบ 8

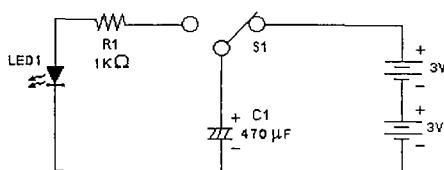


ภาพประกอบ 8 สนุกกับการทำวงจรหรีไฟ

หลักการทำงาน

LED1 ทำหน้าที่เป็นตัวแสดงผลของวงจร R1 เป็นตัวจำกัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน LED1 ไม่ให้ไหลผ่านมากเกินไป ส่วน R2 จะทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมกระแสไฟฟ้าในวงจร ตัวต้านทานปรับค่าได้สามารถปรับค่าความต้านทานได้ตามความเหมาะสม ในการทดลองนี้ใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ที่มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1,000 โอห์ม

วงจรการทดลองที่ 9 “ตัวเก็บประจุ” วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบ 9

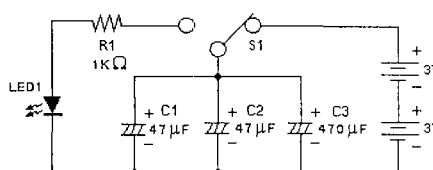


ภาพประกอบ 9 ตัวเก็บประจุ

หลักการทำงาน

LED1 เป็นตัวแสดงผลของวงจร R1 เป็นตัวจำกัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน LED1 ไม่ให้ไหลผ่านมากเกินไป ตัวเก็บประจุ C1 จะทำหน้าที่เก็บและคายประจุไฟฟ้า S1 เป็นตัวควบคุมการเปิด - ปิดวงจรให้กระแสไฟฟ้าไหลไปสะสมที่ตัวเก็บประจุ เมื่อเปิดสวิตช์ตัวเก็บประจุจะคายประจุไฟฟ้าออกมา ทำให้ LED1 สว่าง และถ้าตัวเก็บประจุคายประจุหมดแล้ว LED1 ก็จะดับ หากต้องการให้ LED1 สว่างอีกครั้งต้องปิดสวิตช์ เพื่อที่ตัวเก็บประจุจะได้เก็บประจุไฟฟ้าอีกครั้ง

วงจรการทดลองที่ 10 “การต่อตัวเก็บประจุแบบขนาน” วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบ 10

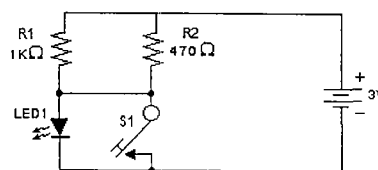


ภาพประกอบ 10 การต่อตัวเก็บประจุแบบขนาน

หลักการทำงาน

LED1 เป็นตัวแสดงผลของวงจร R1 เป็นตัวจำกัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน LED1 ไม่ให้ไหลผ่านมากเกินไป C1, C2 จะทำหน้าที่เก็บและคายประจุไฟฟ้า S1 จะเป็นตัวควบคุมการเปิด - ปิดวงจรให้กระแสไฟฟ้าไหลไปสะสมที่ตัวเก็บประจุ การต่อตัวเก็บประจุแบบขนาน จะทำให้สามารถเก็บประจุไฟฟ้าได้มากกว่าการต่อวงจรด้วยตัวเก็บประจุเพียงตัวเดียว สังเกตได้จากความสว่างของ LED1 จะสว่างได้นานกว่าการทดลองที่ 9

วงจรการทดลองที่ 11 “ควบคุมกระแสไม่ให้ไหลผ่านมาก” วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบ 11

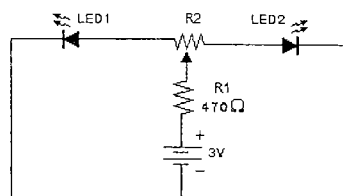


ภาพประกอบ 11 ควบคุมกระแสไม่ให้ไหลผ่านมาก

หลักการทำงาน

LED1 ทำหน้าที่เป็นตัวแสดงผลของวงจร R1, R2 เป็นตัวจำกัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร สวิตช์ S1 ทำหน้าที่เป็นสายตรงให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปได้มาก เพราะมีค่าความต้านทานในวงจรน้อย ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้มาก จึงไม่มีกระแสไฟฟ้าเพียงพอที่จะทำให้ LED1 สว่างได้

วงจรการทดลองที่ 12 “สนุกกับการควบคุมไฟ” วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบ 12

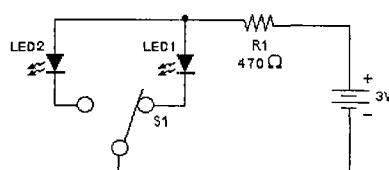


ภาพประกอบ 12 สนุกกับการควบคุมไฟ

หลักการทำงาน

LED1, LED2 ทำหน้าที่เป็นตัวแสดงผลของวงจร R1 เป็นตัวจำกัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน LED1 และ LED2 R2 ทำหน้าที่ควบคุมกระแสไฟฟ้าในวงจร โดยการปรับปุ่มควบคุม (โวลุ่ม) เมื่อต้องการปรับความสว่างหรือแสงของ LED ทั้งสอง ซึ่งอาศัยหลักการที่ว่ากระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านบริเวณที่มีค่าความต้านทานน้อยได้มากกว่าบริเวณที่มีค่าความต้านทานมาก ในการทดลองนี้ใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ ขนาด 1 KΩ

วงจรการทดลองที่ 13 “มาทำไฟกระพริบกันเถอะ” วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบ 13

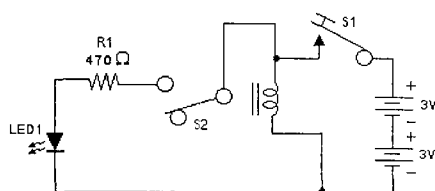


ภาพประกอบ 13 มาทำไฟกระพริบกันเถอะ

หลักการทำงาน

LED1, LED2 ทำหน้าที่เป็นตัวแสดงผลของวงจร R1 เป็นตัวจำกัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน LED1 และ LED2 ไม่ให้มากเกินไป เพราะโดยทั่วไปถึงจะให้กระแสไฟฟ้ามากกว่านี้ LED จะสว่างขึ้นอีกไม่มาก แต่ในขณะเดียวกันวงจรจะกินกระแสมาก ทำให้แบตเตอรี่หมดเร็ว S1 ทำหน้าที่ควบคุมการเปิด - ปิดวงจร ทำให้ LED สว่างสลับกัน

วงจรการทดลองที่ 14 “วงจรกดติดปล่อยดับ” วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบ 14

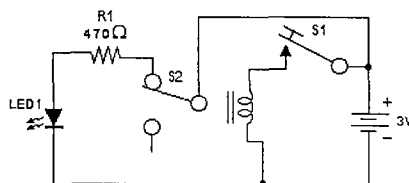


ภาพประกอบ 14 วงจรกดติดปล่อยดับ

หลักการทำงาน

LED1 ทำหน้าที่เป็นตัวแสดงผลของวงจร R1 เป็นตัวจำกัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน LED1 สวิตช์ S1 จะทำหน้าที่ควบคุมการเปิด - ปิดวงจรให้กระแสไฟฟ้าผ่านตัวควบคุมรีเลย์ เมื่อกดสวิตช์ S1 รีเลย์จะได้รับการกระแสไฟฟ้า ทำให้รีเลย์เริ่มทำงานเพราะถูกกระตุ้น หน้าสัมผัสของรีเลย์ S2 สัมผัสกัน LED1 จะสว่าง แต่เมื่อปล่อยสวิตช์ S1 จะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านรีเลย์ ทำให้หน้าสัมผัสของรีเลย์ S2 แยกออกจากกัน LED1 ก็ไม่สว่าง

วงจรการทดลองที่ 15 “วงจรกดดับปล่อยติด” วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบ 15

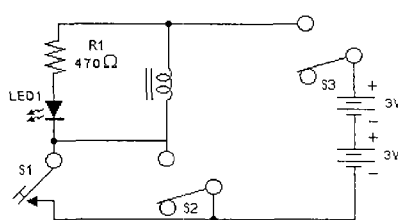


ภาพประกอบ 15 วงจรกดดับปล่อยติด

หลักการทำงาน

LED1 ทำหน้าที่เป็นตัวแสดงผลของวงจร R1 เป็นตัวจำกัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน LED1 สวิตช์ S1 จะทำหน้าที่ควบคุมการเปิด - ปิดวงจรให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านรีเลย์ เมื่อกด S1 รีเลย์จะถูกกระตุ้นเพราะได้รับแรงเคลื่อนไฟฟ้า ทำให้หน้าสัมผัสของรีเลย์แยกออกจากกัน LED1 จึงไม่สว่าง แต่เมื่อปล่อย S1 ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านรีเลย์ หน้าสัมผัสของรีเลย์ก็จะติดกลับมาสัมผัสกันที่ตำแหน่งเดิม LED1 จะสว่าง

วงจรการทดลองที่ 16 “วงจรเปิดค้าง” วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบ 16

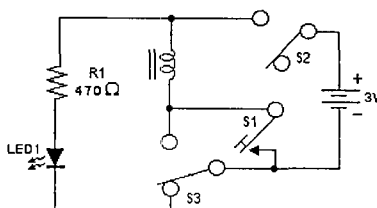


ภาพประกอบ 16 วงจรเปิดค้าง

หลักการทำงาน

LED1 ทำหน้าที่เป็นตัวแสดงผลของวงจร R1 เป็นตัวจำกัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน LED1 S1,S3 จะทำหน้าที่ควบคุมการเปิด - ปิดวงจรให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านรีเลย์ ทำให้รีเลย์ถูกกระตุ้น หน้าสัมผัสของรีเลย์ (S3) แตะกัน LED1 จึงสว่าง และเมื่อปล่อยสวิตช์ S2 LED1 ยังคงสว่าง เพราะหน้าสัมผัสของรีเลย์ยังคงสัมผัสกันที่ตำแหน่งเดิม

วงจรการทดลองที่ 17 “วงจรปิดค้าง” วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบ 17

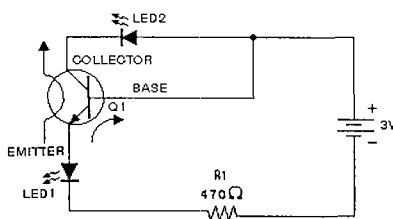


ภาพประกอบ 17 วงจรปิดค้าง

หลักการทำงาน

LED1 ทำหน้าที่เป็นตัวแสดงผลของวงจร R1 เป็นตัวจำกัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน LED1 สวิตช์ S1, S2 ทำหน้าที่ควบคุมการเปิด - ปิดวงจรให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านวงจร เมื่อเปิดสวิตช์ (วงจรปิด) LED1 สว่าง กระแสไหลครบวงจร แต่เมื่อกด S2 ลง (วงจรเปิด) กระแสไฟฟ้าไหลไม่ครบวงจร เพราะรีเลย์ได้รับการกระตุ้น ทำให้หน้าสัมผัสของรีเลย์ (S3) แยกออกจากกัน LED1 ไม่สว่าง เมื่อปล่อยสวิตช์ S2 หน้าสัมผัสของรีเลย์ก็ยังไม่คืนกลับตำแหน่งเดิม

วงจรการทดลองที่ 18 “ทรานซิสเตอร์ทำงานอย่างไร” วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบ 18

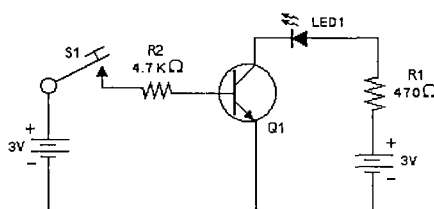


ภาพประกอบ 18 ทรานซิสเตอร์ทำงานอย่างไร

หลักการทำงาน

วงจรนี้จะแบ่งวงจรออกเป็น 2 ส่วน วงจรที่ 1 อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่จากขั้วลบของแบตเตอรี่ผ่านอิมิตเตอร์ไปยังเบส ตัวต้านทาน และ LED1 ส่วนที่ 2 อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านอิมิตเตอร์ไปยังคอลเลคเตอร์ และ LED2 เมื่อต่อวงจรแล้วจะเห็นว่า LED1 สว่าง แต่ LED2 ไม่สว่าง เพราะกระแสที่ไหลผ่านขาคอลเลคเตอร์จะสูงกว่ากระแสที่ไหลผ่านขาเบสมาก ถอด LED2 ออก กระแสเบสจะมีค่าเป็นศูนย์ LED1 ก็ยังสว่างเช่นเดิม เพราะกระแสคอลเลคเตอร์ไหลได้ตลอดเวลา ถ้ามีกระแสเบสเพียงเล็กน้อยเคลื่อนที่ผ่านทรานซิสเตอร์ ทรานซิสเตอร์ก็พร้อมที่จะทำงาน

วงจรการทดลองที่ 19 “ทรานซิสเตอร์ทำงานแบบสวิตช์” วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบ 19



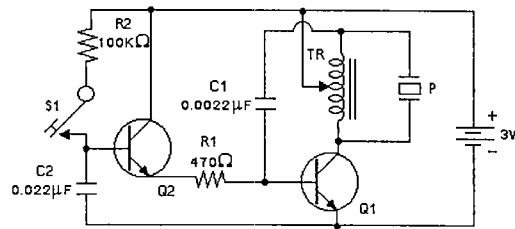
ภาพประกอบ 19 ทรานซิสเตอร์ทำงานแบบสวิตช์

หลักการทำงาน

วงจรนี้จะแบ่งวงจรออกเป็น 2 ส่วน วงจรที่ 1 อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่จากขั้วลบของแบตเตอรี่ผ่านขาอิมิตเตอร์ – ขาเบส, R1, S1 และกลับมายังขั้วบวกของแบตเตอรี่ เรียกว่า “INPUT” ส่วนวงจรที่ 2 อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านขาอิมิตเตอร์ - ขาคอลเลคเตอร์ ผ่าน LED2, R1 แล้วกลับมายังขั้วบวกของแบตเตอรี่ เรียกว่า “OUTPUT” ซึ่งทรานซิสเตอร์จะนำกระแสได้ในบางกรณี ในวงจรที่ 1 จะเห็นว่าถึงจะต่อวงจรครบแล้ว ทรานซิสเตอร์ยังไม่ทำงาน จนกว่าจะมีการป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าที่ขาเบส ทรานซิสเตอร์จึงจะทำงาน กระแสไฟฟ้าจึงเคลื่อนที่ผ่านตัวต้านทานและไดโอดเปล่งแสง ซึ่งในวงจรนี้ทรานซิสเตอร์จะทำหน้าที่เป็นสวิตช์ เพราะเมื่อทรานซิสเตอร์นำกระแสไฟฟ้าก็เหมือนสวิตช์ถูกเปิด (วงจรปิด) กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านไดโอดเปล่งแสง ทำให้ไดโอดเปล่งแสงมีแสงสว่างออกมา แต่ถ้าทรานซิสเตอร์ไม่นำกระแสไฟฟ้า สวิตช์จะถูกปิด (วงจรเปิด) จะไม่มีกระแสไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านไดโอดเปล่งแสง จึงไม่มีแสงสว่างออกมาจากไดโอดเปล่งแสง

ข้อควรระวังในการประกอบทรานซิสเตอร์ลงบนแผง ไม่ควรให้ขาของทรานซิสเตอร์แตะกัน เพราะจะเกิดการลัดวงจร แล้วทำให้อุปกรณ์เสียหายได้ง่าย

วงจรการทดลองที่ 20 “วงจรกำเนิดเสียงไซเรน” วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบ 20

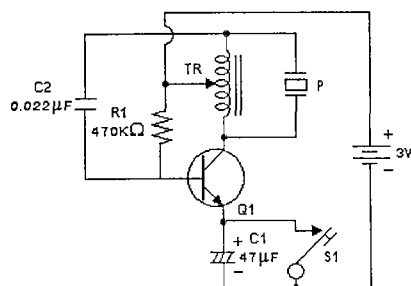


ภาพประกอบที่ 20 วงจรกำเนิดเสียงไซเรน

หลักการทำงาน

วงจรนี้ จะให้เสียงเหมือนสัญญาณของรถตำรวจ หรือรถพยาบาล สามารถดัดแปลงไปใช้เตือนน้ำเต็มตุ้มหรือต่อเป็นสัญญาณกันขโมยก็ได้ หลักการทำงาน Q1, Q2 ต่อกันเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ เมื่อกดสวิตช์ S1 จะมีกระแสไหลผ่านวงจรเข้ามาประจุ C1 ให้มีแรงดันตกคร่อม C1 สูงขึ้นไปเรื่อยๆ ขณะเดียวกันจะมีกระแสบางส่วนไปไบอัสให้กับ Q1 ทำให้ Q1 ค่อยๆ นำกระแสได้ และนำกระแสได้มากขึ้น ตามเวลาที่ประจุให้ C1 ขณะที่มีการนำกระแสเพิ่มขึ้นนี้ ความถี่ที่เกิดจากการออสซิลเลทก็จะค่อยๆ สูงขึ้น จนกระทั่ง C1 ถูกประจุเต็มแล้ว ความถี่จะคงที่ เนื่องจาก Q1 นำกระแสได้เต็มแล้ว เมื่อปล่อยสวิตช์ S1 C1 จะค่อยๆ คายประจุให้กับ Q1 ทำให้ Q1 นำกระแสได้น้อยลง ความถี่เสียงที่ได้จะค่อยๆ ลดต่ำลง จนเงียบไป ซึ่งในวงจรถ้าไม่กดสวิตช์ S1 Q2 จะไม่นำกระแส การดัดแปลงเสียงสามารถทำได้โดยถาลดค่า C2 ลง เสียงที่ได้จะสูงหรือแหลมขึ้น และถ้าเพิ่มค่า C2 เสียงที่ได้จะต่ำลง ส่วน C1 นั้น ถ้าเพิ่มค่าขึ้น ช่วงเวลาที่มีเสียงจะเปลี่ยนจากความถี่ต่ำ ไปหาความถี่สูง จะนานขึ้น ในทางตรงข้าม ถาลดค่า C1 ลง เวลาที่ใช้ก็สั้นลง

วงจรการทดลองที่ 21 “ออดไฟฟ้า” วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบ 21

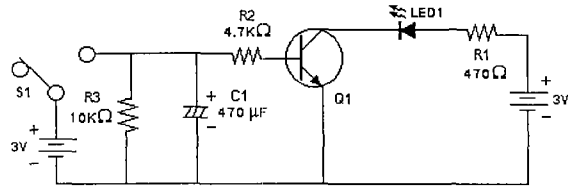


ภาพประกอบ 21 ออดไฟฟ้า

หลักการทำงาน

วงจรนี้เป็นวงจรกำเนิดความถี่ ที่สามารถให้ความถี่ออกมา ทรานซิสเตอร์ ตัวเก็บประจุและ ทรานส์ฟอร์มเมอร์ ประกอบกันเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ โดยมี C1 เป็นตัวบั่นสัญญาณเข้าไปที่ขาเบสของ Q1, C2 จะเป็นตัวทำให้ Q1 หยุดนำกระแส เสียงที่ดังออกมาจะเป็นเสียงแหลม ถ้าต้องการปรับแต่งเสียง ให้มีเสียงแหลมหรือทุ้ม ทำได้โดยการลดค่า C1 ลง จะได้เสียงที่แหลม หรือเพิ่มค่า C1 ขึ้น ก็จะได้เสียงทุ้ม สวิตช์ S1 ทำหน้าที่ควบคุมการเปิดวงจรให้เกิดเสียง เราสามารถดัดแปลงวงจรนี้ไปทำวงจรเสียงชนิดต่างๆ ได้

วงจรการทดลองที่ 22 “สนุกกับการทำสวิตช์หน่วงเวลา” วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบ 22



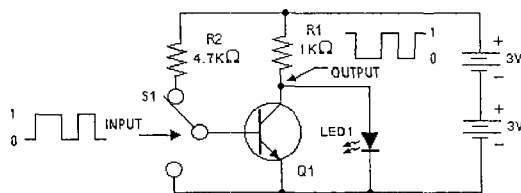
ภาพประกอบ 22 สนุกกับการทำสวิตช์หน่วงเวลา

หลักการทำงาน

LED เป็นตัวแสดงผลของวงจร สวิตช์ S1 ทำหน้าที่เปิด - ปิดวงจร เปิดสวิตช์ (วงจรปิด) และปิดสวิตช์ (วงจรเปิด) LED จะสว่าง หลังจากที่ C1 ถูกชาร์จประจุภายในตัวหรือผ่าน R1 ทำให้ Q1 เริ่มทำงาน เมื่อ Q1 ไม่ได้รับกระแส Q1 จะหยุดทำงาน LED จะดับ เวลาที่ใช้หน่วงจะนานตามที่ต้องการ ถ้า C1 มีค่ามาก

ข้อควรระวังในการใช้ทรานซิสเตอร์ไม่ควรให้กระแสไฟฟ้าเกินกำลังของทรานซิสเตอร์ เพราะทรานซิสเตอร์จะเสียหายได้ ควรต่อตัวต้านทานอนุกรมกับ Q1 เพื่อลดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน Q1 ไปยัง LED1

วงจรการทดลองที่ 23 “วงจรอินเวอร์เตอร์” วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบ 23

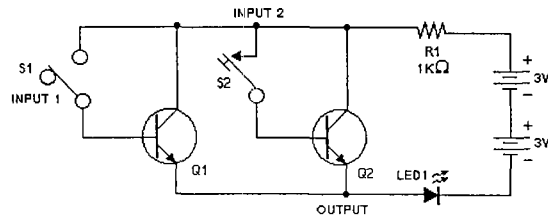


ภาพประกอบ 23 วงจรอินเวอร์เตอร์

หลักการทำงาน

LED ทำหน้าที่แสดงผลของวงจร สวิตช์ S1 ทำหน้าที่เปิด - ปิดวงจร ถ้าเปิดสวิตช์ (วงจรปิด) ทางเข้า (INPUT) จะได้รับศักย์ไฟฟ้า +V ซึ่งเท่ากับ HING ทรานซิสเตอร์ Q1 จะอยู่ในสถานะ ON หรือทำงาน แรงดันที่ตกคร่อมทรานซิสเตอร์ C (OUT) กับ E จะมีค่าเป็น 0 หรือ LOW แต่ถ้าปิดสวิตช์ (วงจรเปิด) ทางเข้า (INPUT) ไม่ได้รับศักย์ไฟฟ้า คือ เป็น 0 หรือ L Q1 จะไม่ทำงาน แรงเคลื่อนที่คร่อม Q1 จะสูง นั่นคือ OUT มีค่าสูง หรือ 1

วงจรการทดลองที่ 24 “วงจรออร์ เกท” วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบ 24

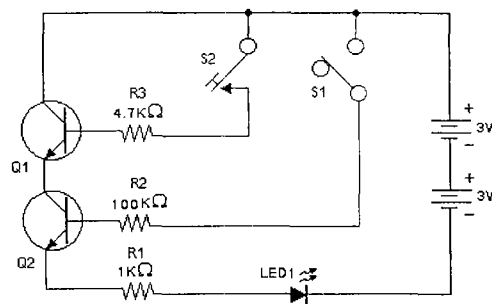


ภาพประกอบ 24 วงจรออร์ เกท

หลักการทำงาน

วงจรนี้ใช้เกทที่ทำจากทรานซิสเตอร์ โดยมี LED1 เป็นตัวแสดงผลของวงจร R1 เป็นตัวจำกัดกระแสไฟฟ้าในวงจร S1, S2 ทำหน้าที่เปิด - ปิดวงจรของ Q1 และ Q2 Q1, Q2 จะอยู่ในสถานะ ON เมื่อ S1, S2 ได้รับแรงเคลื่อนไฟฟ้า เกิดการฟอร์เวิร์ดไบอัส Q1, Q2 มีกระแสไหลผ่าน จะได้เอาต์พุตเท่ากับ 1

วงจรการทดลองที่ 25 “วงจรแอนด์ เกท” วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบ 25

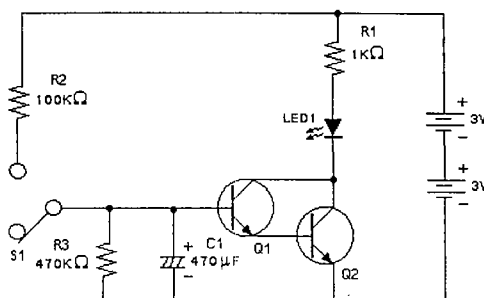


ภาพประกอบที่ 25 วงจรแอนด์ เกท

หลักการทำงาน

วงจรนี้ใช้เกทที่ทำจากทรานซิสเตอร์ โดยมี LED1 เป็นตัวแสดงผลของวงจร R1 เป็นตัวจำกัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน LED1 ไม่ให้มากเกินไป เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน S1, S2 จะเกิดฟอร์เวิร์ดไบอัสที่ขาเบสของ Q1, Q2 ทำให้ขาคอลเลคเตอร์และอีมีเตอร์เชื่อมต่อกัน Q1, Q2 เริ่มทำงาน LED1 จะมีค่าเท่ากับ 1 ถ้าทางเข้า (INPUT) S1, S2 มีค่าเท่ากับ 0 ทางออก (OUTPUT) ก็มีค่าเป็น 0

วงจรการทดลองที่ 26 “วงจรเก็บแล้วปล่อยออกมาดูเล่น” วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบ 26

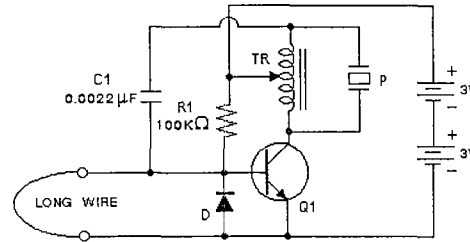


ภาพประกอบ 26 วงจรเก็บแล้วปล่อยออกมาดูเล่น

หลักการทำงาน

วงจรนี้ใช้ทรานซิสเตอร์สองตัว โดยต่อขาอีมิเตอร์ของ Q1 เข้ากับขาเบสของ Q2 ซึ่งการต่อทรานซิสเตอร์ในลักษณะนี้เรียกว่า “วงจรขยายแบบคู่ตารลิงตัน” การทำงาน LED ทำหน้าที่เป็นตัวแสดงผล R1 ทำหน้าที่จำกัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน LED1 ไม่ให้มากเกินไป C1 ทำหน้าที่เก็บและคายประจุไฟฟ้า S1 เป็นตัวควบคุมการเปิด - ปิดวงจร ในการทดลองนี้ R2 ที่ต่ออนุกรมกับวงจรจะเป็นตัวช่วย Drop กระแสให้เคลื่อนที่ช้าลง ปิด S1 (วงจรปิด) C1 เก็บประจุไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R2 มีกระแสไฟฟ้าป้อนเข้าที่ขาเบสของ Q1 ทำให้ Q1, Q2 เริ่มทำงาน LED1 จึงสว่าง แต่ถ้าปิด S1 (วงจรเปิด) Q1, Q2 จะไม่ทำงาน เพราะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน LED1 จะค่อยๆ หรืออย่างช้าๆ จนกระทั่งดับหลังจากที่ประจุคายออกไปจากตัว C1 หมดแล้ว ทดลองเปลี่ยนขนาดของ R2 ให้น้อยลง LED1 จะสว่างขึ้นอย่างรวดเร็ว เพราะ R2 จะช่วยให้ C1 เก็บประจุไฟฟ้าได้อย่างรวดเร็ว

วงจรการทดลองที่ 27 “วงจรกำเนิดสัญญาณเตือน” วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบ 27

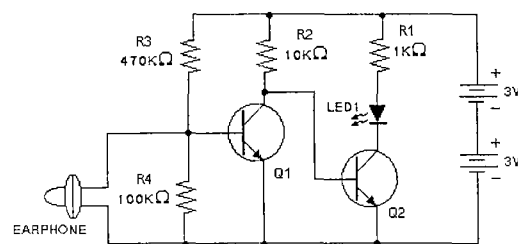


ภาพประกอบ 27 วงจรกำเนิดสัญญาณเตือน

หลักการทำงาน

วงจรนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลายอย่าง เช่น นาฬิกาปลุก เครื่องเตือนภัย เครื่องป้องกันขโมย หลักการทำงาน ทรานซิสเตอร์ Q1 จะทำงานในสถานะเป็นสวิตช์เปิด - ปิด ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านขาเบสของ Q1 ถ้ากระแสไฟฟ้าไหลผ่าน Q1 มากพอที่จะกระตุ้นให้ Q1 ทำงาน จะได้ยินเสียงสัญญาณเตือน ถ้ากระแสไฟฟ้ามีค่าน้อยจะไม่สามารถกระตุ้นให้ Q1 ทำงานได้ สายไฟยาวที่ต่อในวงจรใช้แทนสวิตช์แม่เหล็กหรือแถบโลหะที่ติดหน้าต่าง ประตู เมื่อต้องการทำสัญญาณเตือน

วงจรการทดลองที่ 28 “สนุกกับเทียนวันเกิดอิเล็กทรอนิกส์” วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบ 28

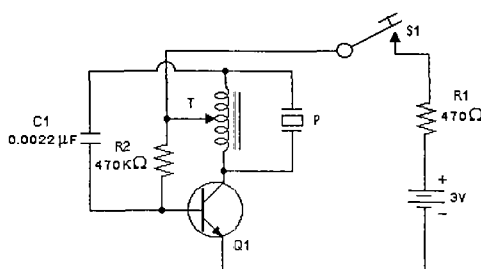


ภาพประกอบ 28 สนุกกับเทียนวันเกิดอิเล็กทรอนิกส์

หลักการทำงาน

LED1 เป็นตัวแสดงผลของวงจร R1 เป็นตัวจำกัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน LED1 ไม่ให้มากเกินไป Q1, Q2 ทำหน้าที่เป็นตัวขยายสัญญาณของกระแสไฟฟ้าที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของเสียงจากการเป่าลมเข้าไปที่หูฟัง เพราะเมื่ออากาศกระทบกับหูฟังจะเกิดการไบอัส Q1 Q2 จะเริ่มทำงาน วงจรปิด LED1 สว่าง

วงจรการทดลองที่ 29 “สนุกกับรหัสมอส์” วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบ 29

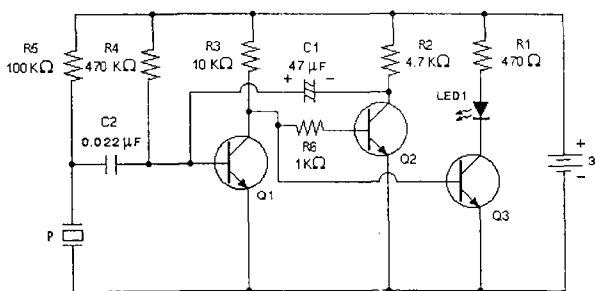


ภาพประกอบ 29 สนุกกับรหัสมอส์

หลักการทำงาน

วงจรนี้เป็นวงจรกำเนิดความถี่ ที่สามารถให้ความถี่ออกมา ทรานซิสเตอร์ ตัวเก็บประจุและ ทรานส์ฟอร์มเมอร์ ประกอบกันเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ โดยมี C1 เป็นตัวป้อนสัญญาณเข้าไปที่ขาเบสของ Q1 และ Q1 ทำหน้าที่เป็นสวิตช์เปิด - ปิด ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านในวงจรตามจังหวะการกดสวิตช์ ซึ่ง S1 ควบคุมการเปิด - ปิดวงจรให้เกิดเสียงดังเป็นรหัส ตามจังหวะการกด S1 ซึ่ง C1 มีผลต่อความถี่ของเสียงในวงจร ถ้า C1 มีค่าน้อยจะได้ยินเสียงที่มีความถี่สูง

วงจรการทดลองที่ 30 “เปลี่ยนเสียงให้เป็นแสง” วงจรแสดงได้ดังภาพประกอบ 30



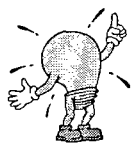
ภาพประกอบ 30 วงจรเปลี่ยนเสียงให้เป็นแสง

หลักการทำงาน

LED1 เป็นตัวแสดงผลของวงจร R1 เป็นตัวจำกัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน LED1 ไม่ให้มากเกินไป การทำงานของวงจร เมื่อ C1 เก็บประจุไฟฟ้าผ่าน R4 ทำให้ Q1 เริ่มทำงาน ขณะที่ Q1 ทำงาน Q2, Q3 ยังไม่ทำงาน ทำเสียงดังบริเวณ piezo buzzer จะทำให้ Q1 หยุดทำงาน และ Q2, Q3 ก็เริ่มทำงาน เมื่อ Q2 อยู่ในสถานะ ON LED1 จะสว่าง ขณะที่ Q2 ทำงาน C1 เริ่มเก็บประจุไฟฟ้า จนมีแรงเคลื่อนไฟฟ้ามากเพียงพอที่จะกระตุ้นให้ Q1 ทำงาน Q2, Q3 และ LED1 จะอยู่ในสถานะ OFF ถ้าต้องการให้ LED1 สว่างได้นานขึ้น ทำได้โดยเปลี่ยนขนาดของ C1 ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น

ภาคผนวก ค

คู่มือการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์



สารบัญ

หน้า

การทดลองที่ 1	มาต่อวงจรไฟฟ้ากันเถอะ	1
การทดลองที่ 2	สนุกกับไดโอด	6
การทดลองที่ 3	การต่อวงจรแบบอนุกรม	11
การทดลองที่ 4	การต่อวงจรแบบขนาน	16
การทดลองที่ 5	มารู้จักกับตัวต้านทาน	21
การทดลองที่ 6	การต่อตัวต้านทานแบบขนาน	26
การทดลองที่ 7	วงจรปรับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า	30
การทดลองที่ 8	สนุกกับการทำวงจรหรีไฟ	35
การทดลองที่ 9	ตัวเก็บประจุ	39
การทดลองที่ 10	การต่อวงจรตัวเก็บประจุแบบขนาน	44



หน้า

การทดลองที่ 11	ควบคุมกระแสไม่ให้ไหลผ่านมาก	49
การทดลองที่ 12	สนุกกับการควบคุมไฟ	53
การทดลองที่ 13	มาทำไฟกระพริบกันเถอะ	58
การทดลองที่ 14	วงจรกดติดปล่อยดับ	63
การทดลองที่ 15	วงจรกดดับปล่อยติด	68
การทดลองที่ 16	วงจรสวิตช์เปิดค้าง	72
การทดลองที่ 17	วงจรสวิตช์ปิดค้าง	77
การทดลองที่ 18	ทรานซิสเตอร์ทำงานแบบสวิตช์	82
การทดลองที่ 19	ทรานซิสเตอร์ทำงานแบบสวิตช์	87
การทดลองที่ 20	วงจรกำเนิดเสียงไซเรน	92



หน้า

การทดลองที่ 21	ถอดไฟฟ้า	98
การทดลองที่ 22	สนุกกับการทำสวิตช์หน่วงเวลา	105
การทดลองที่ 23	วงจรอินเวอร์เตอร์	111
การทดลองที่ 24	วงจรออร์ เกท	116
การทดลองที่ 25	วงจรแอนด์ เกท	121
การทดลองที่ 26	วงจรเก็บแล้วปล่อยออกมาดูเล่น	127
การทดลองที่ 27	วงจรกำเนิดสัญญาณเตือน	133
การทดลองที่ 28	สนุกกับเทียนวันเกิดอิเล็กทรอนิกส์	138
การทดลองที่ 29	สนุกกับรหัสมอร์ส	154
การทดลองที่ 30	เปลี่ยนเสียงให้เป็นแสง	151

1

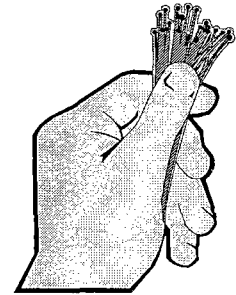
การทดลองที่ 1 มาต่อวงจรไฟฟ้ากันเถอะ

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. อธิบายหลักการทำงานของวงจรไฟฟ้าและต่อวงจรไฟฟ้าได้
2. บอกความหมายของวงจรปิดและวงจรเปิดได้



วัสดุอุปกรณ์

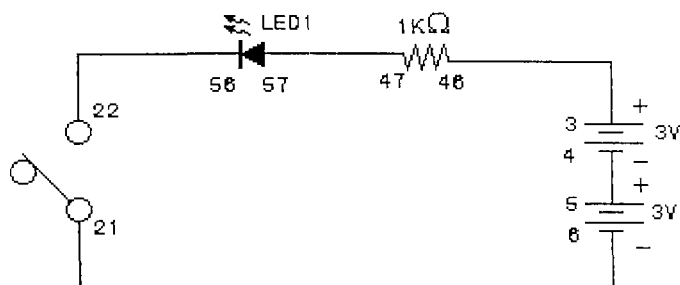
1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	2	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $1\text{ K}\Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
3. ถ่านไฟฉาย	4	ก้อน
4. สายไฟ	6	เส้น
5. สวิตช์แบบเลื่อน	1	ตัว

2

ขั้นตอนการทดลอง



1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 22 (สวิตช์)
3. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 47 (ขาของตัวต้านทานขนาด $1\text{ K}\Omega$)

4. จากนั้นต่อสายไฟจากตำแหน่งที่ 46 (ขาของตัวต้านทานขนาด 1 K Ω) ไปยังตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่) นำสายไฟต่อเชื่อมตำแหน่งที่ 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) และที่ตำแหน่ง 5 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)

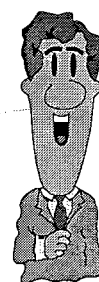
5. ต่อสายไฟจากตำแหน่งที่ 6 (ขั้วลบแบตเตอรี่) ไปยังตำแหน่งที่ 21 (สวิตช์)

6. เลื่อนสวิตช์ลง สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในวงจร บันทึกผล

7. เลื่อนสวิตช์ขึ้น สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล

8. ทดลองต่อวงจรใหม่ โดยนำสายไฟมาเชื่อมต่อระหว่างตำแหน่งที่ 21 และ 22 สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผลการทดลอง

มาเรียนรู่วงจรไฟฟ้ากันเถอะ



ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....



สรุป

.....

.....

.....

.....



5

คำถามท้ายการทดลอง

1. ในการทดลอง “มาต่อวงจรไฟฟ้ากันเถอะ” มีอุปกรณ์อะไรบ้าง
2. จงอธิบายความหมายของวงจรไฟฟ้า
3. วงจรไฟฟ้าที่อยู่ในลักษณะที่เรียกว่า “วงจรเปิด” นักเรียนเข้าใจคำว่า “วงจรเปิด” อย่างไร จงอธิบาย
4. วงจรไฟฟ้าที่อยู่ในลักษณะที่เรียกว่า “วงจรปิด” นักเรียนเข้าใจคำว่า “วงจรปิด” อย่างไร จงอธิบาย
5. จากการทดลองเมื่อนักเรียนเชื่อมต่อสายไฟที่ตำแหน่ง 21 กับ 22 แล้ว เกิดอะไรขึ้น เพราะเหตุใด



มันคงไม่ยากหรอก

สบายอยู่แล้วใช่ไหมละ



6

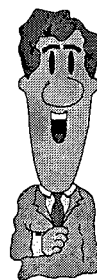
การทดลองที่ 2 สนุกกับไดโอด

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. บอกหลักการทำงานของไดโอดได้
2. บอกลักษณะการต่อขั้วของไดโอดกับถ่านไฟฉายได้



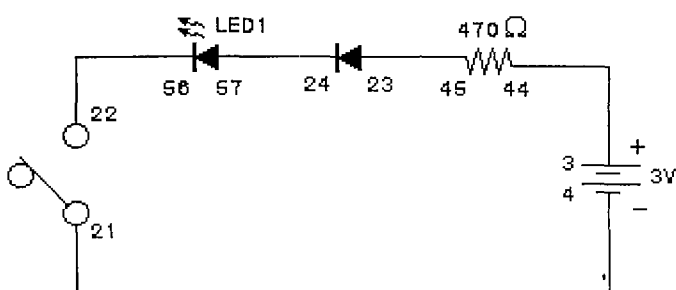
วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $470\ \Omega\ \frac{1}{4}\ W$	1	ตัว
3. ถ่านไฟฉาย	2	ก้อน
4. สายไฟ	5	เส้น
5. สวิตช์แบบเลื่อน	1	ตัว

ขั้นตอนการทดลอง

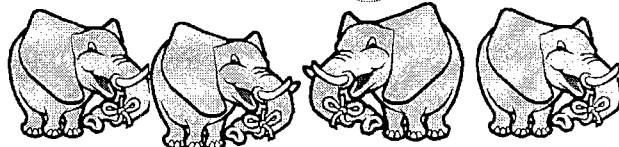


1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 22 (สวิตช์)
3. จากนั้นต่อสายไฟจากตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 24 (ขาของไดโอด)
4. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 23 (ขาของไดโอด) ไปยังตำแหน่งที่ 45 (ขาของตัวต้านทานขนาด 470 Ω)

5. จากนั้นต่อสายไฟจากตำแหน่งที่ 44 (ขาของตัวต้านทานขนาด 470 Ω) ไปยังตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
6. ต่อสายไฟจากตำแหน่งที่ 4 (ขั้วลบแบตเตอรี่) ไปยังตำแหน่งที่ 21 (สวิตช์)
7. เลื่อนสวิตช์ลง สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น บันทึกผล
8. เลื่อนสวิตช์ขึ้น ทดลองเปลี่ยนตำแหน่งของสายไฟ โดยสลับสายไฟที่เชื่อมต่อจุดปลาย 23 กับ 24 แล้วเลื่อนสวิตช์ลง สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้นในการทดลอง บันทึกผล





ผลการทดลอง

.....

.....

.....

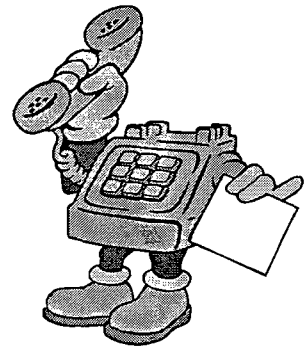
.....

สรุป

.....

.....

.....



คำถามท้ายการทดลอง



1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง
2. จงเขียนสัญลักษณ์ของไดโอด
3. ขั้วของไดโอดต่อกับถ่านไฟฉายอย่างไร

4. เกิดอะไรขึ้นเมื่อสลับสายไฟที่เชื่อมต่อจุดปลาย 23 กับ 24 เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

5. จงอธิบายว่าทำไมไดโอดเปล่งแสงจึงจะให้แสงสว่างออกมา



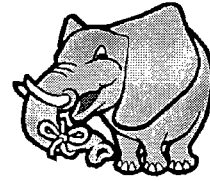
การทดลองที่ 3 การต่อวงจรแบบอนุกรม

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. อธิบายการทำงานของวงจรอนุกรมได้
2. บอกได้ว่าเมื่อต่อวงจรแบบอนุกรม ความสว่างของ LED ทั้งสองสว่างเท่ากัน



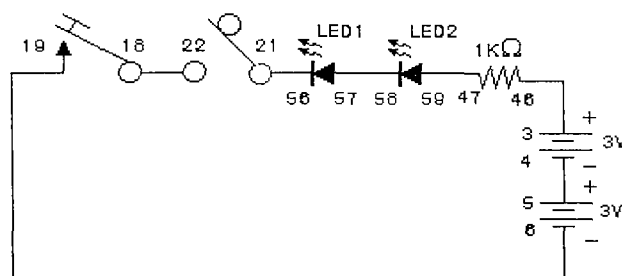
วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	2	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $1\text{ K}\Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
3. ถ่านไฟฉาย	4	ก้อน
4. สายไฟ	7	เส้น
5. สวิตช์แบบเลื่อน	1	ตัว
6. สวิตช์แบบกด (KEY)	1	ตัว

ขั้นตอนการทดลอง



1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 21 (สวิตช์)
3. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 22 (สวิตช์) ไปยังตำแหน่งที่ 18 (ขาของสวิตช์ KEY)
4. จากนั้นต่อสายไฟจากตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 58 (ขาของ LED2)
5. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 59 (ขาของ LED2) ไปยังตำแหน่งที่ 47 (ขาของตัวต้านทาน

ขนาด $1\text{ K}\Omega$)

6. จากนั้นต่อสายไฟจากตำแหน่งที่ 46 (ขาของตัวต้านทานขนาด 1 K Ω) ไปยังตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)

7. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 6 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) ไปยังตำแหน่งที่ 19 (ขาของสวิตช์ KEY)

8. ต่อสายไฟจากตำแหน่งที่ 4 (ขั้วลบแบตเตอรี่) ไปยังตำแหน่งที่ 5 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)

9. เลื่อนสวิตช์ลง พร้อมทั้งกดสวิตช์ KEY สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในวงจร บันทึกผล

10. ทดลองต่อวงจรใหม่ โดยไม่เชื่อมต่อที่ตำแหน่ง 57 และ 58 สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผล

อย่าลืมตรวจสอบวงจรให้ดีนะ



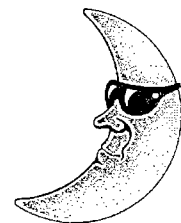
ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....



สรุป

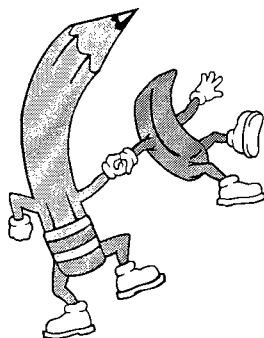
.....

.....

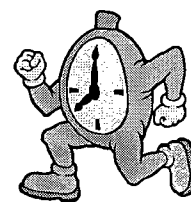
.....

.....

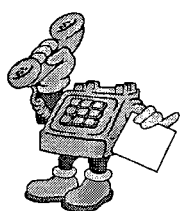
.....



คำถามท้ายการทดลอง



1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง
2. จากการทดลอง ถ้า LED1 ขั้วรูตใช้การไม่ได้ จะเกิดผลอย่างไร
3. จงเขียนวงจรการต่อหลอดไฟฟ้า 2 หลอด, ตัวต้านทานขนาด 10 โอห์ม เข้ากับถ่านไฟฉายขนาด 1.5 V 4 ก้อน แบบอนุกรม



4. จากการทดลอง นักเรียนคิดว่าความสว่างของ LED1 และ LED2 มีความสว่างเท่ากันหรือไม่

5. วงจรอนุกรมมีลักษณะการทำงานอย่างไร



การทดลองที่ 4 การต่อวงจรแบบขนาน

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. อธิบายการทำงานของวงจรแบบขนานได้
2. เปรียบเทียบการทำงานของวงจรแบบขนานกับแบบอนุกรมได้

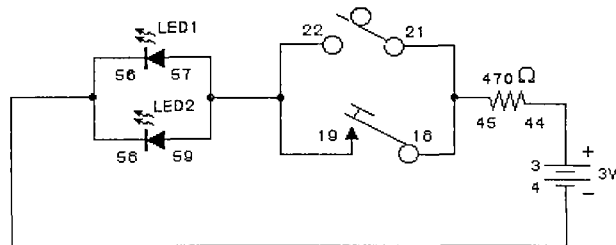


วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	2	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $470\ \Omega\ \frac{1}{4}\ W$	1	ตัว
3. ถ่านไฟฉาย	2	ก้อน
4. สายไฟ	7	เส้น
5. สวิตช์แบบเลื่อน	1	ตัว
6. สวิตช์แบบกด (KEY)	1	ตัว

ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 58 (ขาของ LED2) จากนั้นต่อจากตำแหน่งที่ 58 (ขาของ LED2) ไปยังตำแหน่ง 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่)

3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 59 (ขาของ LED2) จากตำแหน่งที่ 59 ต่อวงจรไปยังตำแหน่งที่ 19 (ขาของสวิตช์ KEY) แล้วต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 19 ไปยังตำแหน่งที่ 22 (สวิตช์)

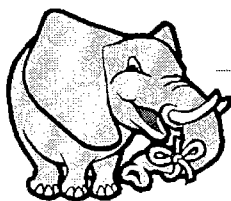
4. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 21 (สวิตช์) ไปยังตำแหน่งที่ 18 (ขาของสวิตช์ KEY) แล้วจากตำแหน่งที่ 18 ต่อวงจรไปตำแหน่งที่ 45 (ขาของตัวต้านทานขนาด 470 Ω)

5. จากนั้นต่อสายไฟจากตำแหน่งที่ 44 (ขาของตัวต้านทานขนาด 470 Ω) ไปยังตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)

6. เลื่อนสวิตช์ลง สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล

7. กดสวิตช์ KEY ลง สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในวงจร บันทึกผล

8. ทดลองต่อวงจรใหม่ โดยไม่เชื่อมต่อกับตำแหน่ง LED1 สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผล



คิดว่าวงจรมะเหมือนสายไฟหรือปลั๊กรับคุณหนู ๆ

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....



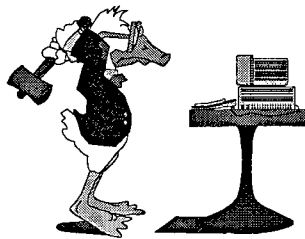
สรุป

.....

.....

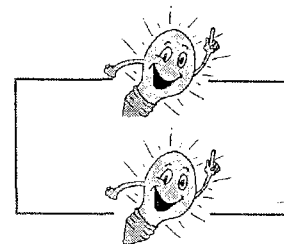
.....

.....



คำถามท้ายการทดลอง

1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง
2. เมื่อต่อวงจรตามการทดลอง เกิดอะไรขึ้นกับ LED1 และ LED2
3. ถ้า LED1 เสีย LED2 จะเป็นอย่างไร
4. เปรียบเทียบความสว่างของ LED ในวงจร เมื่อต่อวงจรแบบอนุกรมและแบบขนาน
5. วงจรขนานมีลักษณะการทำงานอย่างไร



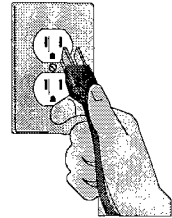
การทดลองที่ 5 มารู้จักกับตัวต้านทาน

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. อธิบายการทำงานของตัวต้านทาน เมื่อนำมาต่อแบบอนุกรมได้
2. อ่านค่าแถบสีบนตัวต้านทานได้

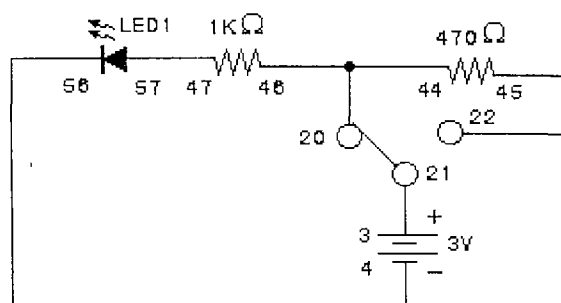
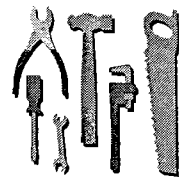


วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $470\ \Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
3. ตัวต้านทาน ขนาด $1\text{ K}\Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
4. ถ่านไฟฉาย	2	ก้อน
5. สายไฟ	6	เส้น
6. สวิตช์แบบเลื่อน	1	ตัว

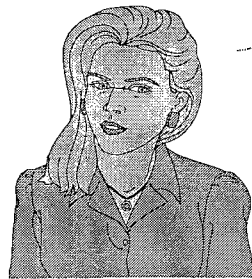
ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 47 (ขาของตัวต้านทานขนาด $1\text{ K}\Omega$)
3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 46 (ขาของตัวต้านทานขนาด $1\text{ K}\Omega$) ไปยังตำแหน่งที่ 44 (ขาของตัวต้านทานขนาด $470\ \Omega$) และต่อสายไฟไปที่ตำแหน่ง 20 (ขาของสวิตช์)

4. ต่อดวงจรรวมจากตำแหน่งที่ 45 (ขาของตัวต้านทานขนาด $470\ \Omega$) ไปยังตำแหน่งที่ 22 (สวิตช์)
5. จากนั้นต่อสายไฟจากตำแหน่งที่ 21 (สวิตช์) ไปยังตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
6. ต่อดวงจรรวมจากตำแหน่งที่ 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) ไปยังตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1)
7. เมื่อต่อดวงจรรียบร้อยแล้ว สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผล
8. เลื่อนสวิตช์ลง สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผล



รู้จักตัวต้านทานกันหรือยังคะ

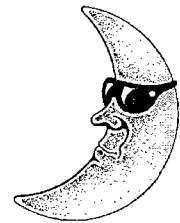
ผลการทดลอง

.....

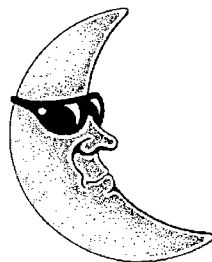
.....

.....

.....



สรุป



.....

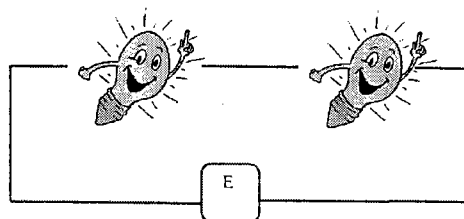
.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. อุปกรณ์ในการทดลองนี้มีอะไรบ้าง
2. ตัวต้านทานเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทำหน้าที่อะไร
3. จงบอกผลที่ได้จากการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม
4. จากการทดลองเมื่อเลื่อนสวิตช์ลง ค่าความต้านทานรวมในวงจรมีค่าเท่าใด
5. จงอธิบายการทำงานของตัวต้านทาน เมื่อนำมาต่อแบบอนุกรม



การทดลองที่ 6 การต่อตัวต้านทานแบบขนาน

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. อธิบายการทำงานของตัวต้านทาน เมื่อนำมาต่อวงจรแบบขนานได้
2. บอกได้ว่าเมื่อต่อตัวต้านทานแบบขนาน ค่าความต้านทานรวมของวงจรมีค่าน้อยกว่าค่าความต้านทานของตัวต้านทานที่มีค่าน้อยที่สุด

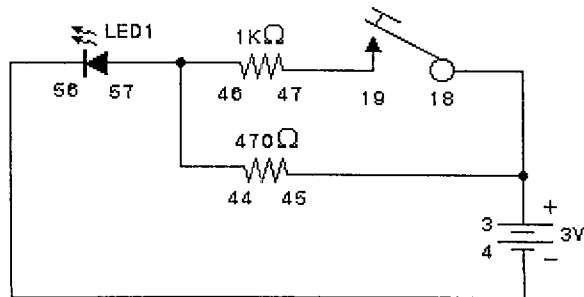


วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด 470Ω $\frac{1}{4} W$	1	ตัว
3. ตัวต้านทาน ขนาด $1 K\Omega$ $\frac{1}{4} W$	1	ตัว
4. ถ่านไฟฉาย	2	ก้อน
5. สายไฟ	6	เส้น

ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 46 (ขาของตัวต้านทานขนาด 1 K Ω) แล้วต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 46 ไปยังตำแหน่งที่ 44 (ขาของตัวต้านทานขนาด 470 Ω)
3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 47 (ขาของตัวต้านทานขนาด 1 K Ω) ไปที่ตำแหน่ง 19 (สวิตช์ KEY)

4. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 45 (ขาของตัวต้านทานขนาด 470 Ω) ไปยังตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่) จากนั้นต่อสายไฟจากขั้วบวกของแบตเตอรี่ที่ตำแหน่ง 3 ไปยังตำแหน่งที่ 18 (สวิตช์ KEY)
5. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) ไปยังตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1)
6. สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล
7. กดสวิตช์ KEY ลง ตรวจสอบวงจรทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสอิเล็กตรอน บันทึกผล

ผลการทดลอง

.....

.....

.....



สรุป

.....

.....

.....



คำถามท้ายการทดลอง



1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง
2. จากการทดลอง เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว จงอธิบายทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสเล็กตรอนในวงจร
3. เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว กด KEY จงอธิบายทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสเล็กตรอนในวงจร
4. ในวงจรนี้ เมื่อกด KEY ค่าความต้านทานรวมในวงจรมีค่าเท่าใด



5. จงอธิบายการทำงานของตัวต้านทาน เมื่อนำมาต่อแบบขนาน

การทดลองที่ 7 วงจรปรับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. อธิบายการทำงานของวงจร เมื่อเปลี่ยนแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้
2. บอกค่าของกระแสที่เคลื่อนที่ในวงจรได้



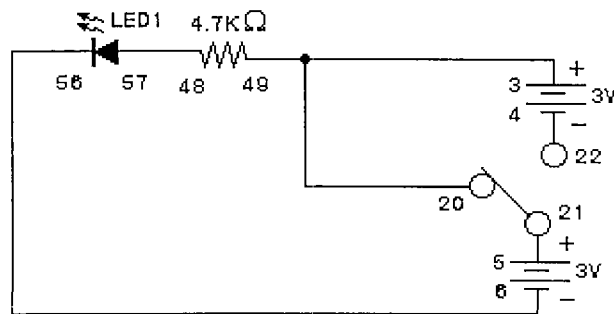
วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $4.7 \text{ K}\Omega \frac{1}{4} \text{ W}$	1	ตัว
3. ถ่านไฟฉาย	4	ก้อน
4. สายไฟ	6	เส้น
5. สวิตช์แบบเลื่อน	1	ตัว

ขั้นตอนการทดลอง



1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 48 (ขาของตัวต้านทานขนาด $4.7\text{ K}\Omega$)

3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 49 (ขาของตัวต้านทานขนาด $4.7\text{ K}\Omega$) ไปยังตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่) แล้วต่อจากขั้วบวกของแบตเตอรี่ไปยังตำแหน่งที่ 20 (ขาของสวิตช์)

4. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) ไปยังตำแหน่งที่ 22 (ขาของสวิตช์)
5. จากนั้นต่อสายไฟจากตำแหน่งที่ 21 (ขาของสวิตช์) ไปยังตำแหน่งที่ 5 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
6. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 6 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) ไปยังตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1)
7. สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผล
8. เลื่อนสวิตช์ลง สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล



รู้จักกฎของโอห์มหรือเปล่า ...

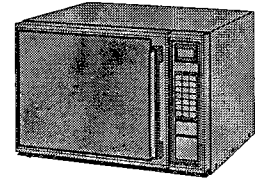
ผลการทดลอง

.....

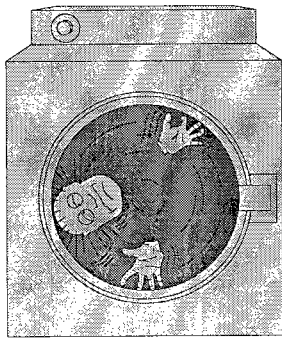
.....

.....

.....



สรุป



.....

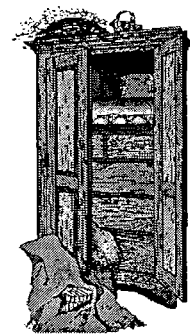
.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง
2. จงอธิบายการทำงานของกระแสอิเล็กตรอน เมื่อเลื่อนสวิตช์ขึ้น
3. จงอธิบายการทำงานของกระแสอิเล็กตรอน เมื่อเลื่อนสวิตช์ลง
4. จงหาค่าของกระแสที่เคลื่อนที่ในวงจร เมื่อเลื่อนสวิตช์ขึ้น โดยใช้กฎของโอห์ม เมื่อความต่างศักย์เท่ากับ 1.5 โวลต์
5. จงหาค่าของกระแสที่เคลื่อนที่ในวงจร เมื่อเลื่อนสวิตช์ลง โดยใช้กฎของโอห์ม เมื่อความต่างศักย์เท่ากับ 4.5 โวลต์



เหนื่อยหรือเปล่าครับ

การทดลองที่ 8 สนุกกับการทำวงจรหรือไฟ

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. เปลี่ยนค่าความต้านทานในวงจร โดยใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้
2. บอกได้ว่าตัวต้านทานที่ต่อในวงจรเป็นแบบอนุกรม

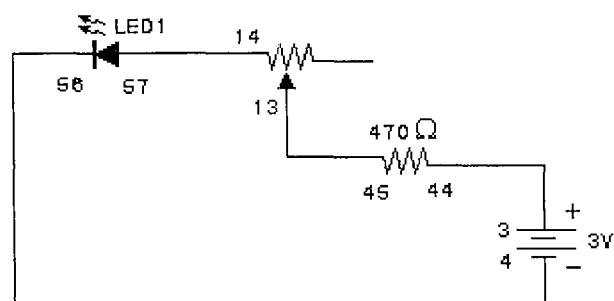


วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $470\ \Omega\ \frac{1}{4}\ W$	1	ตัว
3. ถ่านไฟฉาย	2	ก้อน
4. สายไฟ	4	เส้น
5. ตัวต้านทานปรับค่าได้ (VARIABLE RESISTOR)	1	ตัว

ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 14 (ขาของตัวต้านทานปรับค่าได้)
3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 13 (ขาของตัวต้านทานปรับค่าได้) ไปยังตำแหน่งที่ 45 (ขาของตัวต้านทาน $470\ \Omega$)

4. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 44 (ขาของตัวต้านทาน 470 Ω) ไปยังตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
5. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) ไปยังตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1)
6. ปรับปุ่มควบคุมของตัวต้านทานปรับค่าได้ทวนเข็มนาฬิกา สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกรูป
7. ปรับปุ่มควบคุมของตัวต้านทานปรับค่าได้ตามเข็มนาฬิกา สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกรูป

ผลการทดลอง

.....

.....



สรุป

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง
2. เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว ปรับปุ่มควบคุมของตัวต้านทานปรับค่าได้ทวนเข็มนาฬิกา เกิดอะไรขึ้น
3. เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว ปรับปุ่มควบคุมของตัวต้านทานปรับค่าได้ตามเข็มนาฬิกา เกิดอะไรขึ้น
4. นักเรียนคิดว่าตัวต้านทานที่ต่อในวงจรนี้เป็นแบบอนุกรม แบบขนาน หรือแบบผสม
5. ค่าความต้านทานในวงจรมีค่าเท่าใด เมื่อปรับปุ่มควบคุมของตัวต้านทานปรับค่าได้ตามเข็มนาฬิกา



คิดให้ดีๆ ก่อนตอบนะครับ



การทดลองที่ 9 ตัวเก็บประจุ

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. บอกหลักการทำงานของตัวเก็บประจุในวงจรได้
2. บอกได้ว่าตัวเก็บประจุสามารถเก็บประจุและคายประจุไฟฟ้าได้

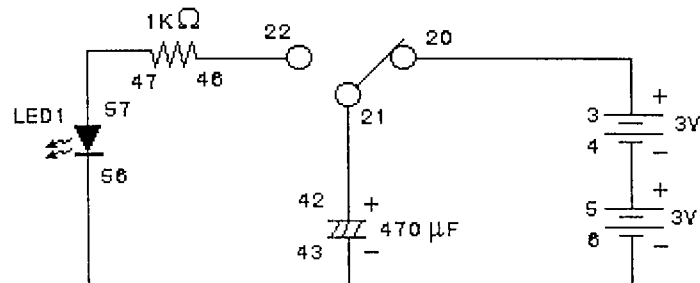


วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	1	ตัว
2. ตัวเก็บประจุ ขนาด $470\ \mu\text{F}$ 10 V	1	ตัว
3. ตัวต้านทาน ขนาด $1\ \text{K}\Omega$ $\frac{1}{4}\ \text{W}$	1	ตัว
4. สวิตช์แบบเลื่อน	1	ตัว
5. สายไฟ	7	เส้น
6. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	4	ก้อน

ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 47 (ขาของตัวต้านทาน ขนาด 1 กิโลโอห์ม)
3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 46 (ขาของตัวต้านทานขนาด 1 กิโลโอห์ม) ไปที่ตำแหน่ง 22 (ขาของสวิตช์)

4. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 21 (ขาของสวิตช์) ไปยังตำแหน่งที่ 42 (ขาของตัวเก็บประจุขนาด 470 ไมโครฟารัด)
5. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 20 (ขาของสวิตช์) ไปยังตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
6. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่ง 43 (ขาของตัวเก็บประจุขนาด 470 ไมโครฟารัด) แล้วต่อไปยังตำแหน่งที่ 6 (ขั้วลบของแบตเตอรี่)
7. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 5 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่) ไปยังตำแหน่งที่ 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่)
8. เลื่อนสวิตช์ขึ้น - ลง สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล

ตัวเก็บประจุที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นแบบใด ?



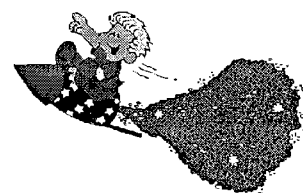
ผลการทดลอง

.....

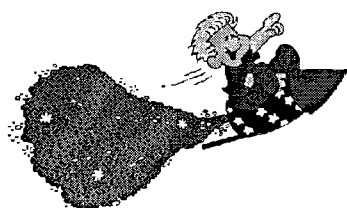
.....

.....

.....



สรุป



.....

.....

.....

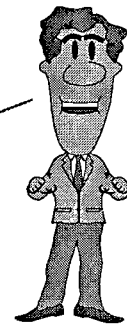
.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. อุปกรณ์ในการทดลองนี้มีอะไรบ้าง
2. จากการทดลอง เมื่อเลื่อนสวิตช์ขึ้น ให้อธิบายการเคลื่อนที่ของกระแสเล็กตรอนในวงจร
3. จากการทดลอง เมื่อเลื่อนสวิตช์ลง ให้อธิบายการเคลื่อนที่ของกระแสเล็กตรอนในวงจร
4. จงเขียนสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุ
5. จงบอกหน้าที่ของตัวเก็บประจุที่อยู่ในวงจร

✍️ ตอบคำถามได้หรือเปล่า ? ...

.... คำตอบอยู่ในการทดลอง ✍️



การทดลองที่ 10 การต่อวงจรตัวเก็บประจุแบบขนาน

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. บอกหลักการทำงานของตัวเก็บประจุเมื่อนำมาต่อวงจรแบบขนานได้
2. บอกได้ว่าความจุรวมของตัวเก็บประจุเพิ่มขึ้นเมื่อนำมาต่อวงจรแบบขนาน



วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	1	ตัว
2. ตัวเก็บประจุ ขนาด 47 μF 10 V	2	ตัว
3. ตัวเก็บประจุ ขนาด 470 μF 10 V	1	ตัว
4. ตัวต้านทาน ขนาด 1 K Ω $\frac{1}{4}$ W	1	ตัว
5. สวิตช์แบบเลื่อน	1	ตัว
6. สายไฟ	11	เส้น
7. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	4	ก้อน



ผลการทดลอง

.....

.....

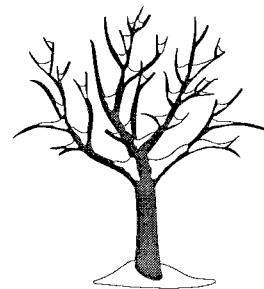
.....

สรุป

.....

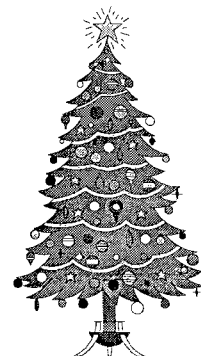
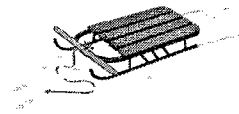
.....

.....



คำถามท้ายการทดลอง

1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง
2. เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว เกิดอะไรขึ้น เพราะเหตุใด
3. จากการทดลองที่ 9 และ 10 ความสว่างของ LED1 แตกต่างกันอย่างใด เพราะเหตุใด
4. เมื่อนำตัวเก็บประจุมาต่อแบบขนาน ผลที่ได้เป็นอย่างไร อธิบาย
5. จงหาค่าความจุรวมในวงจรนี้



การทดลองที่ 11 ควบคุมกระแสไม่ให้ไหลผ่านมาก
เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที
จุดประสงค์การเรียนรู้

ศึกษาความสัมพันธ์
ของกระแสกับตัวต้านทาน



เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

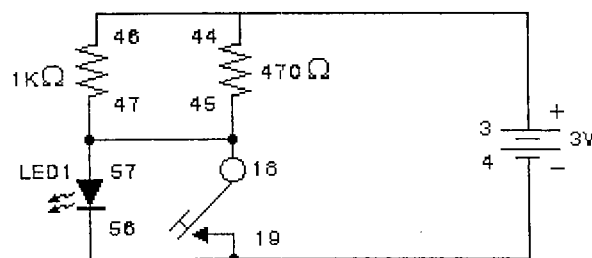
1. บอกได้ว่ากระแสอิเล็กทรอนิกส์จะเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีค่าความต้านทานต่ำได้มาก
2. บอกความสำคัญของตัวต้านทานได้

วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $1\text{ K}\Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
3. ตัวต้านทาน ขนาด $470\ \Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
4. สวิตช์แบบกด (KEY)	1	ตัว
5. สายไฟ	7	เส้น
6. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	2	ก้อน

ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 19 (ขาของสวิตช์ KEY) แล้วต่อขาไปยังตำแหน่งที่ 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่)
3. ต่อสายไฟจากตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1) ไปที่ตำแหน่ง 47 (ขาของตัวต้านทาน $1\text{ K}\Omega$) แล้วต่อสายไฟจากตำแหน่งที่ 47 ไปยังตำแหน่งที่ 45 (ขาของตัวต้านทานขนาด $470\ \Omega$) จากนั้นต่อวงจรไปยังตำแหน่งที่ 18 (ขาของสวิตช์ KEY)

4. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 46 (ขาของตัวต้านทาน 1 K Ω) ไปยังตำแหน่งที่ 44 (ขาของตัวต้านทาน 470 Ω) แล้วต่อสายไฟไปที่ตำแหน่ง 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
5. ต่อดวงจรรียบร้อยแล้ว สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผล
6. จากนั้นกดสวิตช์ KEY ลง สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล

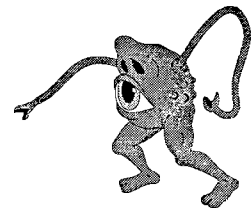
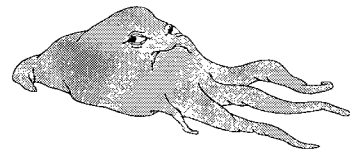
ผลการทดลอง



สรุปผลการทดลอง

คำถามท้ายการทดลอง

1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง
2. เมื่อกระแสอิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากขั้วลบของแบตเตอรี่ ผ่าน LED1 ตัวต้านทาน แล้วกลับมาที่ขั้วบวกของแบตเตอรี่ เกิดอะไรขึ้น
3. เมื่อต่อดวงจรรียบร้อยแล้ว LED1 จะสว่างหรือไม่ เพราะเหตุใด
4. เมื่อกดสวิตช์ KEY ลง เกิดอะไรขึ้น
5. จากการทดลองนี้นักเรียนคิดว่าตัวต้านทานมีความสำคัญอย่างไร



การทดลองที่ 12 สนุกกับการควบคุมไฟ
เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที



จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

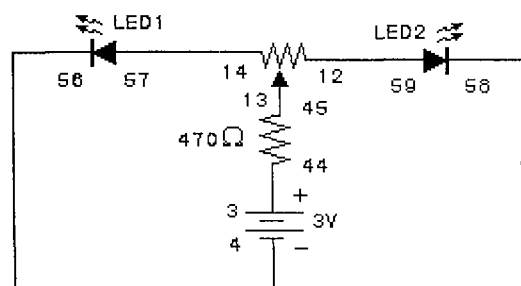
1. อธิบายการทำงานของตัวต้านทานปรับค่าได้
2. บอกหน้าที่ของตัวต้านทานปรับค่าได้ในวงจรได้

วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	2	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $470\ \Omega$ $\frac{1}{4}$ W	1	ตัว
3. ตัวต้านทานปรับค่าได้ ขนาด $1\ K\Omega$	1	ตัว
4. สายไฟ	6	เส้น
5. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	4	ก้อน

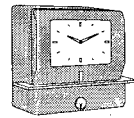
ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 14 (ขาของตัวต้านทานปรับค่าได้)
3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 12 (ขาของตัวต้านทานปรับค่าได้) ต่อวงจรไปที่ตำแหน่ง 59 (ขาของ LED2)

4. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 13 (ขาของตัวต้านทานปรับค่าได้) ไปยังตำแหน่งที่ 45 (ขาของตัวต้านทานขนาด $470\ \Omega$)
5. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 44 (ขาของตัวต้านทานขนาด $470\ \Omega$) ไปยังตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
6. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) แล้วต่อดวงจรถูกขั้วลบของแบตเตอรี่ไปยังตำแหน่งที่ 58 (ขาของ LED2)
7. ปรับค่าของตัวต้านทานปรับค่าได้ โดยปรับปุ่มควบคุมไปทางด้านซ้าย สังเกตการเปลี่ยนแปลงบนที่กผล
8. จากนั้นทดลองอีกครั้ง โดยปรับปุ่มควบคุมของตัวต้านทานปรับค่าได้ ไปทางด้านขวา สังเกตการเปลี่ยนแปลง บนที่กผล
9. ทดลองปรับปุ่มควบคุมของตัวต้านทานปรับค่าได้ให้อยู่ตรงกลาง สังเกตการเปลี่ยนแปลงบนที่กผล



ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....



สรุป



.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง
2. จากการทดลอง เมื่อปรับปุ่มควบคุมไปทางด้านซ้าย เกิดอะไรขึ้น
3. จากการทดลอง เมื่อปรับปุ่มควบคุมไปทางด้านขวา เกิดอะไรขึ้น
4. จากการทดลอง เมื่อปรับปุ่มควบคุมไว้ตรงกลาง เกิดอะไรขึ้น
5. ตัวต้านทานปรับค่าได้ในวงจรนี้ทำหน้าที่อะไร



การทดลองที่ 13 มาทำไฟกระพริบกันเถอะ

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

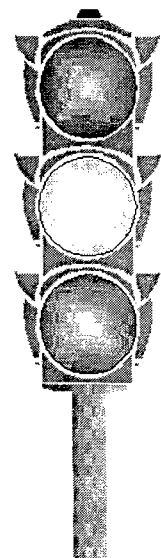
จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

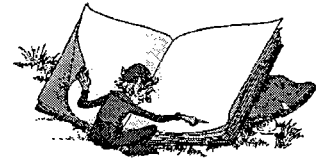
1. อธิบายการทำงานของวงจรได้
2. สร้างวงจรไฟกระพริบได้

วัสดุอุปกรณ์

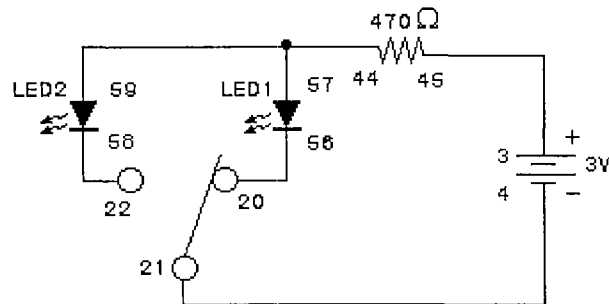
1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	2	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $470\ \Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
3. สายไฟ	6	เส้น
4. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	2	ก้อน
5. สวิตช์แบบเลื่อน	1	ตัว



ขั้นตอนการทดลอง

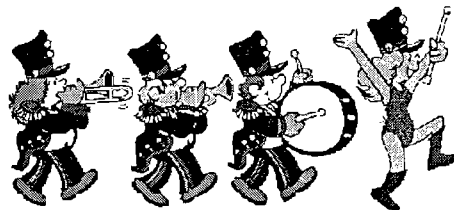


1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 58 (ขาของ LED2) ไปยังตำแหน่งที่ 22 (ขาของสวิตช์)
3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 20 (สวิตช์)
4. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 59 (ขาของ LED2) ไปยังตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1) แล้วต่อสายไฟไปยังตำแหน่งที่ 44 (ขาของตัวต้านทาน 470 Ω)

5. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 45 (ขาของตัวต้านทาน 470 Ω) ไปยังตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
6. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) ไปยังตำแหน่งที่ 21 (สวิตช์)
7. สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล
8. เลื่อนสวิตช์ลง สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล
9. เลื่อนสวิตช์ขึ้น - ลง อย่างรวดเร็ว สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล



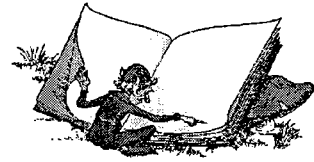
ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....



สรุป

.....

.....

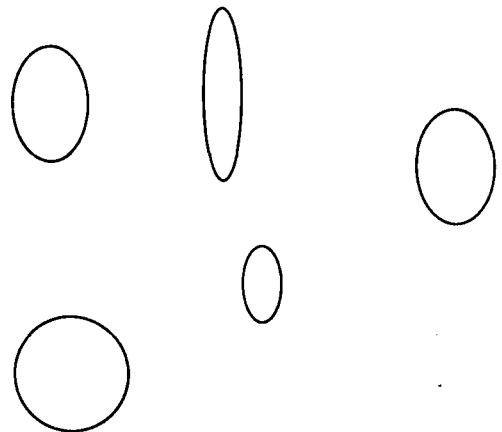
.....

.....



คำถามท้ายการทดลอง

1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง
2. เมื่อต่อวงจรแล้ว มีอะไรเกิดขึ้น อธิบาย
3. เลื่อนสวิตช์ลง เกิดอะไรขึ้น อธิบาย
4. เมื่อเลื่อนสวิตช์ขึ้น - ลง อย่างรวดเร็ว มีอะไรเกิดขึ้น
5. วงจรนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์อะไรได้บ้าง



การทดลองที่ 14 วงจรกดติดปล่อยดับ

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. อธิบายการทำงานของรีเลย์ในวงจรได้
2. ต่อวงจรกดติดปล่อยดับได้

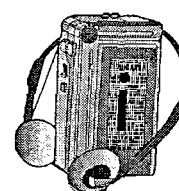
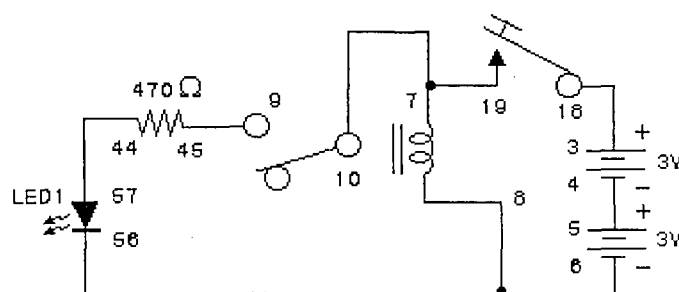


วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $470\ \Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
3. รีเลย์ (RELAY) ขนาด 6 V	1	ตัว
4. สายไฟ	8	เส้น
5. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	4	ก้อน
6. สวิตช์แบบกด (KEY)	1	ตัว
7. สวิตช์แบบเลื่อน	1	ตัว

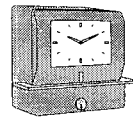
ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 44 (ขาของตัวต้านทาน $470\ \Omega$)
3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 45 (ขาของตัวต้านทาน $470\ \Omega$) ไปยังตำแหน่งที่ 9 (ขาของสวิตช์ รีเลย์)

4. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 10 (ขาของสวิตช์รีเลย์) ไปยังตำแหน่งที่ 7 (ขาของรีเลย์) แล้วต่อจากขาของรีเลย์ไปยังตำแหน่งที่ 19 (สวิตช์ KEY)
5. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 18 (สวิตช์ KEY) ไปยังตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
6. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 8 (ขาของรีเลย์) แล้วต่อไปยังตำแหน่งที่ 6 (ขั้วลบของแบตเตอรี่)
7. ต่อดวงจรถูกขั้วลบของแบตเตอรี่ที่ตำแหน่ง 4 ไปยังขั้วบวกของแบตเตอรี่ที่ตำแหน่ง 5
8. กดสวิตช์ KEY สังเกตการผลการทดลอง บันทึกผล
9. ปลดสวิตช์ KEY สังเกตการผลการทดลอง บันทึกผล



ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....



สรุป

.....

.....

.....

.....



คำถามท้ายการทดลอง

1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง
2. จงเขียนสัญลักษณ์ของรีเลย์
3. เมื่อกดสวิตช์ KEY เกิดอะไรขึ้น อธิบาย



4. เมื่อปล่อยสวิตช์ KEY เกิดอะไรขึ้น อธิบาย
5. จงอธิบายการทำงานของรีเลย์ในวงจร

การทดลองที่ 15 วงจรกดดับปล่อยติด

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. อธิบายการทำงานของรีเลย์ในวงจรได้
2. บอกหน้าที่ของรีเลย์ได้

วัสดุอุปกรณ์

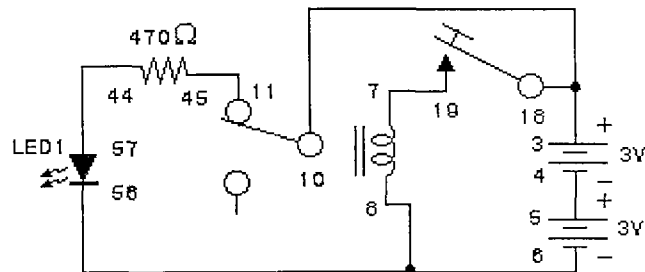
1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)
2. ตัวต้านทาน ขนาด $470\ \Omega$ $1/4\ W$
3. รีเลย์ (RELAY) ขนาด $6\ V$
4. สายไฟ
5. ถ่านไฟฉาย ขนาด $1.5\ V$
6. สวิตช์แบบกด (KEY)
7. สวิตช์แบบเลื่อน



1	ตัว
1	ตัว
1	ตัว
8	เส้น
4	ก้อน
1	ตัว
1	ตัว

ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 44 (ขาของตัวต้านทาน 470 Ω)
3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 45 (ขาของตัวต้านทาน 470 Ω) ไปยังตำแหน่งที่ 11 (ขาของสวิตช์รีเลย์)

4. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 10 (ขาของสวิตช์รีเลย์) ไปยังตำแหน่งที่ 18 (สวิตช์ KEY) แล้วต่อจากขาของสวิตช์ KEY ไปยังตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
5. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 7 (ขาของรีเลย์) ไปยังตำแหน่งที่ 19 (สวิตช์ KEY)
6. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 8 (ขาของรีเลย์) แล้วต่อไปยังตำแหน่งที่ 6 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) จากนั้นเชื่อมต่อวงจรที่ตำแหน่ง 4 และ 5 ด้วยสายไฟ
7. เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว สังเกตการเปลี่ยนแปลงในวงจร บันทึกผล
8. กด - ปล่อยสวิตช์ KEY สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล

ผลการทดลอง

.....

.....



สรุป

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง



1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง
2. LED จะสว่างเมื่อใด อธิบาย
3. เมื่อกดสวิตช์ KEY เกิดอะไรขึ้นอธิบาย



4. รีเลย์มีหน้าที่อย่างไร
5. วงจรนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์อะไรได้บ้าง

การทดลองที่ 16 วงจรเปิดค้าง

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. อธิบายการทำงานของรีเลย์ในวงจรได้
2. บอกประโยชน์ในการนำวงจรนี้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

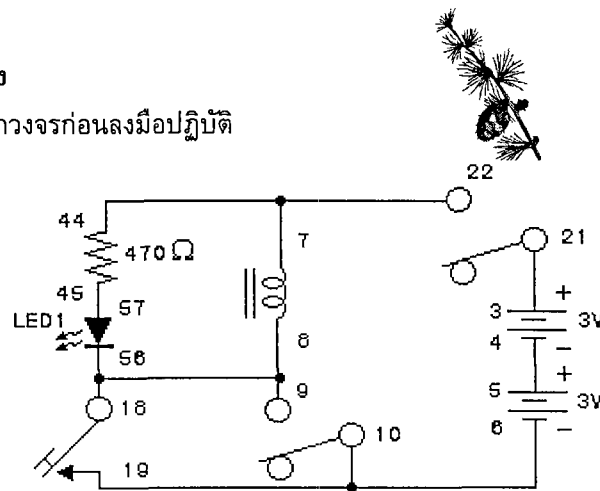


วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $470 \Omega \frac{1}{4} W$	1	ตัว
3. รีเลย์ (RELAY) ขนาด 6 V	1	ตัว
4. สายไฟ	10	เส้น
5. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	4	ก้อน
6. สวิตช์แบบกด (KEY)	1	ตัว
7. สวิตช์แบบเลื่อน	1	ตัว

ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 45 (ขาของตัวต้านทาน 470 Ω)
3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 44 (ขาของตัวต้านทาน 470 Ω) ไปยังตำแหน่งที่ 7 (ขาของรีเลย์) จากนั้นต่อสายไฟจากขาของรีเลย์ไปยังตำแหน่ง 22 (ขาของสวิตช์)

4. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 18 (สวิตช์ KEY) แล้วต่อจากขาของสวิตช์ KEY ไปยังตำแหน่งที่ 8 (ขาของรีเลย์) จากนั้นต่อสายไฟไปยังตำแหน่งที่ 9 (สวิตช์ของรีเลย์)
5. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 19 (สวิตช์ KEY) ไปยังตำแหน่งที่ 10 (สวิตช์ของรีเลย์) แล้วต่อสายไฟไปยังตำแหน่งที่ 6 (ขั้วลบของแบตเตอรี่)
6. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 21 (ขาของสวิตช์) ไปยังตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่) จากนั้นเชื่อมต่อวงจรที่ตำแหน่ง 4 และ 5
7. เลื่อนสวิตช์ลง สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผล
8. จากนั้นกดสวิตช์ KEY สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล
9. ปลดสวิตช์ KEY สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล

ตัวรีเลย์ทำหน้าที่อะไรกัน



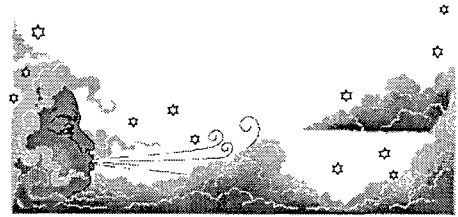
ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....



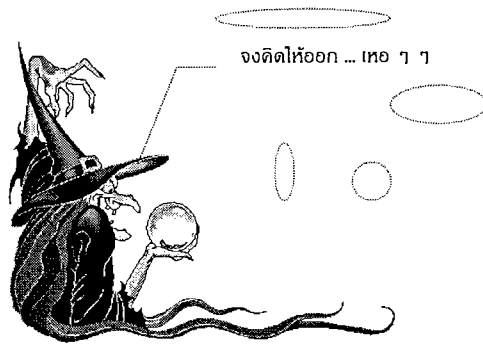
สรุป

.....

.....

.....

.....



คำถามท้ายการทดลอง

1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง
2. จากการทดลอง เมื่อเลื่อนสวิตช์ลง เกิดอะไรขึ้น เพราะเหตุใด
3. เมื่อเลื่อนสวิตช์ลงและกดสวิตช์ KEY มีอะไรเกิดขึ้น เพราะเหตุใด
4. จงอธิบายการทำงานของรีเลย์ในวงจร
5. นักเรียนคิดว่าสามารถนำวงจรนี้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้หรือไม่ ยกตัวอย่าง



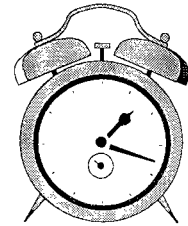
การทดลองที่ 17 วงจรปิดค้ำ

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. อธิบายการทำงานของรีเลย์ในวงจรได้
2. บอกประโยชน์ในการนำวงจรนี้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

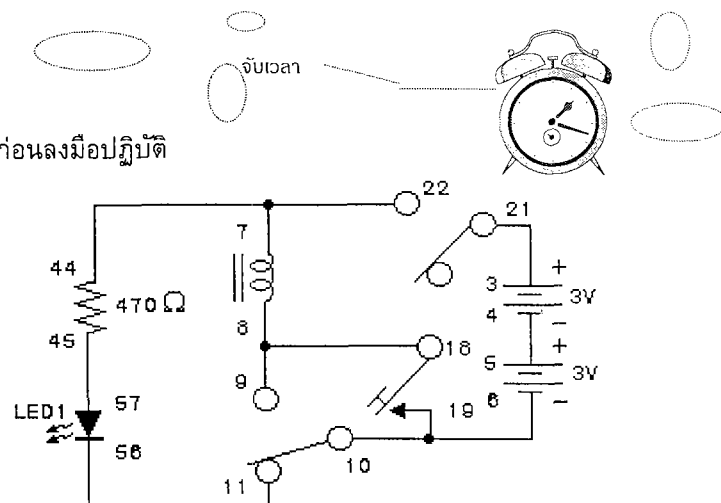


วัตถุประสงค์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด 470 Ω $\frac{1}{4}$ W	1	ตัว
3. รีเลย์ (RELAY) ขนาด 6 V	1	ตัว
4. สายไฟ	10	เส้น
5. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	4	ก้อน
6. สวิตช์แบบกด (KEY)	1	ตัว
7. สวิตช์แบบเลื่อน	1	ตัว

ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 11 (สวิตช์ของรีเลย์)
 3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 45 (ขาของตัวต้านทาน 470 Ω)
 4. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 44 (ขาของตัวต้านทาน 470 Ω) ไปยังตำแหน่งที่ 7 (ขาของรีเลย์)
- แล้วต่อจากขาของรีเลย์ไปยังตำแหน่งที่ 22 (ขาของสวิตช์)

5. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 8 (ขาของรีเลย์) ไปยังตำแหน่งที่ 9 (สวิตช์ของรีเลย์) แล้วต่อสายไฟไปยังตำแหน่งที่ 18 (สวิตช์ KEY)

6. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 10 (สวิตช์ของรีเลย์) ไปยังตำแหน่งที่ 19 (สวิตช์ KEY) แล้วต่อจากสวิตช์ KEY ไปที่ตำแหน่งที่ 6 (ขั้วลบของแบตเตอรี่)

7. จากนั้นต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 21 (ขาของสวิตช์) ไปที่ตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่) จากนั้นเชื่อมต่อดวงจรถูกตำแหน่ง 4 และ 5 ด้วยสายไฟ

8. เลื่อนสวิตช์ลง สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผล

9. กดสวิตช์ KEY สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล

10. ปลดสวิตช์ KEY สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล



ทดลองให้ดี ๆ นะครับ

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....



สรุป

.....

.....

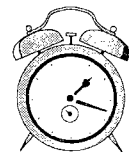
.....

.....



คำถามท้ายการทดลอง

1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง
2. จากการทดลอง เมื่อเลื่อนสวิตช์ลง เกิดอะไรขึ้น เพราะเหตุใด
3. เมื่อกดสวิตช์ KEY แล้ว เกิดอะไรขึ้น อธิบาย
4. จงอธิบายการทำงานของรีเลย์ในวงจร
5. นักเรียนคิดว่าสามารถนำวงจรนี้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้หรือไม่ ยกตัวอย่าง



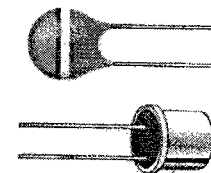
การทดลองที่ 18 ทรานซิสเตอร์ทำงานอย่างไร

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. บอกหลักการทำงานของทรานซิสเตอร์ได้
2. บอกชื่อของทรานซิสเตอร์ในวงจรได้

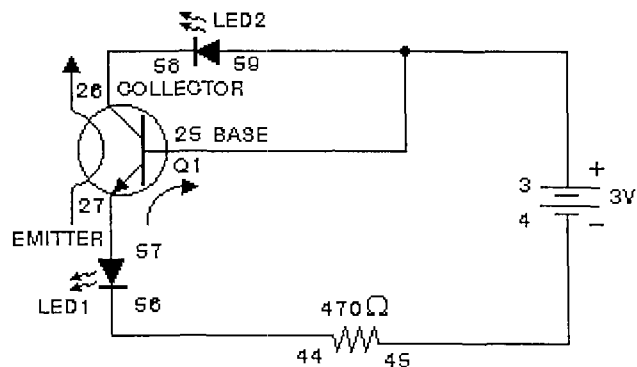


วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	2	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด 470Ω $\frac{1}{4} W$	1	ตัว
3. ทรานซิสเตอร์	1	ตัว
4. สายไฟ	6	เส้น
5. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	2	ก้อน

ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 44 (ขาของตัวต้านทาน 470 Ω)
3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 45 (ขาของตัวต้านทาน 470 Ω) ไปยังตำแหน่งที่ 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่)

4. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 27 (ขา EMITTER)
5. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 26 (ขา COLLECTOR) ไปยังตำแหน่งที่ 58 (ขาของ LED2)
6. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 59 (ขาของ LED2) ไปยังตำแหน่งที่ 25 (ขา BASE) แล้วต่อไปที่ตำแหน่ง 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
7. สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผล



เจอกันอีกแล้วนะครับ สุขุขไหม ..

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....



สรุป

.....

.....

.....

.....



คำถามท้ายการทดลอง



1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง
2. จากการทดลอง นักเรียนบอกได้หรือไม่ว่าทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่คล้ายกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดใด
3. ทรานซิสเตอร์ที่ใช้ในการทดลองนี้มีขั้วกี่ขั้ว อะไรบ้าง
4. ให้นักเรียนทดลองสลับสายไฟที่ตำแหน่ง 25 และ 27 เกิดอะไรขึ้น อธิบาย
5. ในวงจรนี้ ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่อะไร



การทดลองที่ 19 ทรานซิสเตอร์ทำงานแบบสวิตช์

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

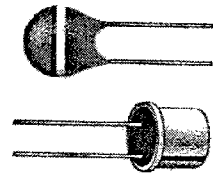
จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. อธิบายได้ว่าทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ปิด - เปิดวงจร
2. ต่อทรานซิสเตอร์ในวงจรเพื่อให้ทรานซิสเตอร์นำกระแสเล็กทรอนิกส์ได้

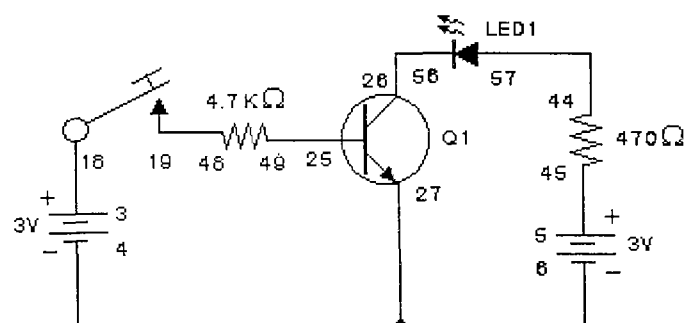
วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $470\ \Omega$ $\frac{1}{4}\ W$	1	ตัว
3. ตัวต้านทาน ขนาด $4.7\ K\Omega$ $\frac{1}{4}\ W$	1	ตัว
4. ทรานซิสเตอร์	1	ตัว
4. สายไฟ	8	เส้น
5. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	4	ก้อน
6. สวิตช์แบบกด (KEY)	1	ตัว



ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 26 (ขา COLLECTOR)
3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 44 (ขาของตัวต้านทาน $470\ \Omega$)
4. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 45 (ขาของตัวต้านทาน $470\ \Omega$) ไปยังตำแหน่งที่ 5 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)

5. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 48 (ขาของตัวต้านทาน $4.7\text{ K}\Omega$) ไปยังตำแหน่งที่ 19 (สวิตช์ KEY)
6. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 49 (ขาของตัวต้านทาน $4.7\text{ K}\Omega$) ไปยังตำแหน่งที่ 25 (ขา BASE)
7. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 27 (ขา EMITTER) ไปยังตำแหน่งที่ 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) แล้วต่อไปตำแหน่งที่ 6 (ขั้วลบของแบตเตอรี่)
8. จากตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่) ต่อไปที่ตำแหน่ง 18 (สวิตช์ KEY)
9. สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว บันทึกผล
10. จากนั้นกดสวิตช์ KEY สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล



พักผ่อนบ้างนะ

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....



สรุป

.....

.....

.....

.....



คำถามท้ายการทดลอง

1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง
2. เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว กดสวิตช์ KEY ให้นักเรียนอธิบายการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้าในวงจร
3. นักเรียนคิดว่าในการทดลองนี้มีกี่วงจร จงอธิบายการทำงานของแต่ละวงจร
4. เมื่อกดสวิตช์ KEY เกิดอะไรขึ้น
5. เมื่อปล่อยสวิตช์ KEY เกิดอะไรขึ้น



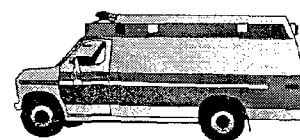
การทดลองที่ 20 วงจรกำเนิดเสียงไซเรน

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

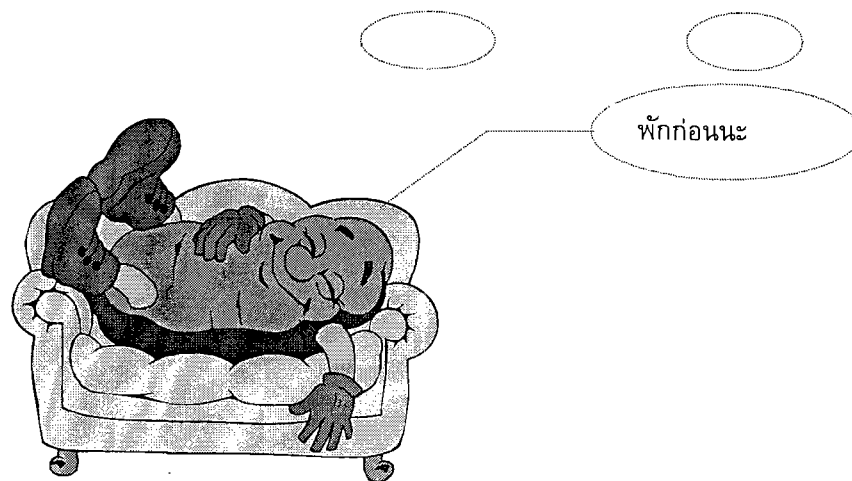
1. บอกหลักการทำงานของวงจรกำเนิดเสียงไซเรนได้
2. บอกงานที่เกี่ยวข้องกับวงจรกำเนิดเสียงไซเรนได้



วัสดุอุปกรณ์

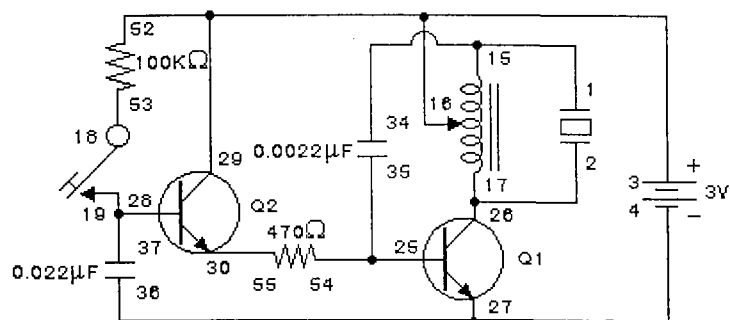
1. ตัวต้านทาน ขนาด $470\text{ K}\Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $100\text{ K}\Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
3. ตัวเก็บประจุ ขนาด $0.0022\text{ }\mu\text{F}$	1	ตัว
4. ตัวเก็บประจุ ขนาด $0.022\text{ }\mu\text{F}$	1	ตัว
5. ทรานซิสเตอร์	2	ตัว
6. ออดไฟฟ้า	1	ตัว

7. หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)	1	ตัว
8. สายไฟ	15	เส้น
9. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	2	ก้อน
10. สวิตช์ แบบกด (KEY)	1	ตัว



ขั้นตอนการทดลอง

- ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



- นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 52 (ขาของตัวต้านทาน $100\text{ K}\Omega$) ไปยังตำแหน่งที่ 29 (ขา COLLECTOR) จากขาของคอลเลคเตอร์ต่อไปที่ตำแหน่ง 16 (ขาของทรานส์ฟอร์มเมอร์) แล้วต่อไปยังตำแหน่งที่ 3 ขั้วบวกของแบตเตอรี่

3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 5 (ขาของตัวต้านทาน 100 K Ω) ไปยังตำแหน่งที่ 18 (สวิตช์ KEY)
4. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 19 (สวิตช์ KEY) ไปยังตำแหน่งที่ 28 (ขา BASE) แล้วต่อไปที่ตำแหน่ง 37 (ขาของตัวเก็บประจุ ขนาด 0.022 ไมโครฟารัด)
5. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 34 (ขาของตัวเก็บประจุ ขนาด 0.0022 ไมโครฟารัด) ไปยังตำแหน่งที่ 15 (ขาของทรานซิสเตอร์เมอร์) แล้วต่อไปยังตำแหน่งที่ 1 (ขาของออกไฟฟ้า)
6. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 54 (ขาของตัวต้านทาน 470 K Ω) ไปยังตำแหน่งที่ 35 (ขาของตัวเก็บประจุ ขนาด 0.0022 ไมโครฟารัด) แล้วต่อสายไฟไปที่ตำแหน่ง 25 (ขา BASE)
7. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 55 (ขาของตัวต้านทาน 470 K Ω) ไปยังตำแหน่งที่ 30 (ขา EMITTER)
8. จากตำแหน่งที่ 26 (ขา COLLECTOR) ไปที่ตำแหน่ง 17 (ขาของทรานซิสเตอร์เมอร์) แล้วจากขาของทรานซิสเตอร์เมอร์ต่อไปที่ตำแหน่ง 2 (ขาของออกไฟฟ้า)
9. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 36 (ขาของตัวเก็บประจุ ขนาด 0.022 ไมโครฟารัด) ไปยังตำแหน่งที่ 27 (ขา EMITTER) แล้วต่อจากขา EMITTER ไปที่ตำแหน่ง 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่)
10. สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว บันทึกผล
11. จากนั้นกดสวิตช์ KEY สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล



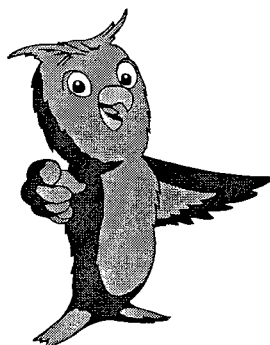
ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....



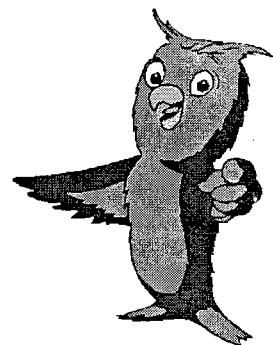
สรุป

.....

.....

.....

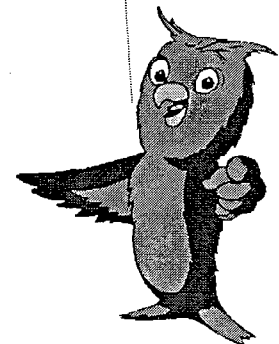
.....



คำถามท้ายการทดลอง

1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง
2. เมื่อกดสวิตช์ KEY เกิดอะไรขึ้น อธิบาย
3. เมื่อปล่อยสวิตช์ KEY เกิดอะไรขึ้น อธิบาย
4. จงอธิบายการทำงานของวงจรกำเนิดไซเรน
5. วงจรกำเนิดไซเรนสามารถนำไปใช้ประโยชน์อะไรได้บ้าง

คิดว่าต่อวงจรแล้วมันจะเกิดอะไรขึ้น



การทดลองที่ 21 ออดไฟฟ้า

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. อธิบายการทำงานของตัวเก็บประจุในวงจรได้
2. บอกได้ว่าตัวเก็บประจุสามารถควบคุมความถี่ของออสซิลเลเตอร์ (Oscillator)



วัสดุอุปกรณ์

1. ตัวต้านทาน ขนาด $470\text{ K}\Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
2. ตัวเก็บประจุ ขนาด $0.022\text{ }\mu\text{F}$	1	ตัว
3. ตัวเก็บประจุ ขนาด $47\text{ }\mu\text{F}$ 10 V	1	ตัว
4. ทรานซิสเตอร์	1	ตัว
5. ออดไฟฟ้า	1	ตัว

6. หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)	1	ตัว
7. สายไฟ	12	เส้น
8. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	2	ก้อน
9. สวิตช์แบบกด (KEY)	1	ตัว

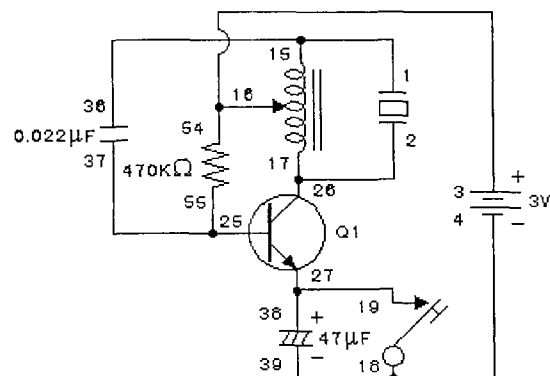


การเรียนมันไม่ลำบากหรอกครับ

ขั้นตอนการทดลอง



1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 36 (ขาของตัวเก็บประจุ ขนาด 0.022 ไมโครฟารัด) ไปยังตำแหน่งที่ 15 (ขาของทรานส์ฟอเมอร์) จากขาของทรานส์ฟอเมอร์ต่อไปที่ตำแหน่ง 1 (ขาของออกไฟฟ้า)

3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 54 (ขาของตัวต้านทาน 470 กิโลโอห์ม) ไปยังตำแหน่งที่ 16 (ขาของทรานส์ฟอร์เมอร์) แล้วต่อไปที่ตำแหน่ง 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
4. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 37 (ขาของตัวเก็บประจุ ขนาด 0.022 ไมโครฟารัด) ไปยังตำแหน่งที่ 55 (ขาของตัวต้านทานขนาด 470 กิโลโอห์ม) แล้วต่อสายไฟไปที่ตำแหน่ง 25 (ขา BASE)
5. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 17 (ขาของทรานส์ฟอร์เมอร์) ไปที่ตำแหน่ง 26 (ขา COLLECTOR) แล้วจากขาของ COLLECTOR ไปที่ตำแหน่ง 2 (ขาของออกไฟฟ้า)
6. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 27 (ขา EMITER) ไปยังตำแหน่งที่ 38 (ขาของตัวเก็บประจุ ขนาด 47 ไมโครฟารัด) แล้วต่อสายไฟไปที่ตำแหน่ง 19 (สวิตช์ KEY)
7. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 39 (ขาของตัวเก็บประจุ ขนาด 47 ไมโครฟารัด) ไปยังตำแหน่งที่ 18 (สวิตช์ KEY) แล้วต่อจากสวิตช์ KEY ไปที่ตำแหน่ง 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่)
8. สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว บันทึกผล
9. จากนั้นกด - ปลดสวิตช์ KEY สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล



10. ทดลองเปลี่ยนตัวเก็บประจุ ขนาด 47 ไมโครฟารัด เป็นขนาด 470 ไมโครฟารัด ทำตามข้อ 9 สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล
11. แล้วเปลี่ยนตัวเก็บประจุ ขนาด 0.022 ไมโครฟารัด เป็นขนาด 0.0022 ไมโครฟารัด ทำตามข้อ 9 สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล



ดีดจะเป็นหนอบหนังสือต้องหมั่นค้นคว้า

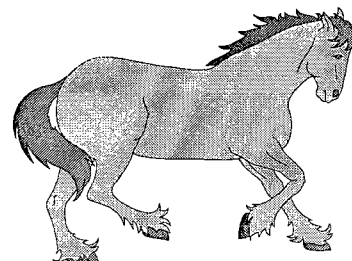
ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....



สรุป

.....

.....

.....

.....



คำถามท้ายการทดลอง

1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง
2. เมื่อนักเรียนต่อวงจรแล้วกดสวิตช์ KEY เกิดอะไรขึ้น
3. จากการทดลอง เมื่อปล่อยสวิตช์ KEY เกิดอะไรขึ้น
4. ให้นักเรียนทดลองแทนที่ตัวเก็บประจุ ขนาด 47 ไมโครฟารัด ด้วยตัวเก็บประจุ ขนาด 470 ไมโครฟารัด จากนั้นกด - ปล่อยสวิตช์ KEY เกิดอะไรขึ้น จงอธิบาย
5. ให้นักเรียนทดลองเปลี่ยนค่าตัวเก็บประจุ ขนาด 0.022 ไมโครฟารัด เป็นขนาด 0.0022 ไมโครฟารัด เกิดอะไรขึ้น อธิบาย



การทดลองที่ 22 สนุกกับการทำสวิตช์หน่วงเวลา

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

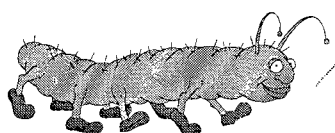
1. อธิบายการทำงานของตัวเก็บประจุและตัวต้านทานในวงจรได้
2. สร้างวงจรสวิตช์หน่วงเวลาได้



วัสดุอุปกรณ์

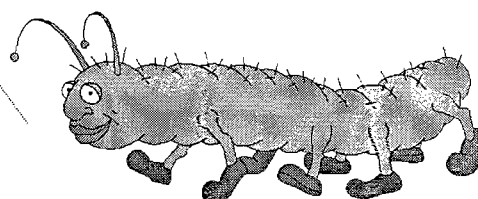
1. ตัวต้านทาน ขนาด $470\ \Omega$	$\frac{1}{4}\ W$	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $4.7\ K\Omega$	$\frac{1}{4}\ W$	1	ตัว
3. ตัวต้านทาน ขนาด $10\ K\Omega$	$\frac{1}{4}\ W$	1	ตัว
4. ตัวเก็บประจุ ขนาด $470\ \mu F$	$16\ V$	1	ตัว
5. ทรานซิสเตอร์		1	ตัว
6. ไดโอดเปล่งแสง (LED)		1	ตัว

7. สายไฟ	12	เส้น
8. ถ่านไฟฉาย ขนาด $1.5\ V$	4	ก้อน
9. สวิตช์ แบบเลื่อน	1	ตัว

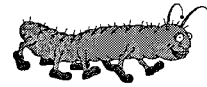


ตัวเก็บประจุ เธอรู้จักหรือเปล่า

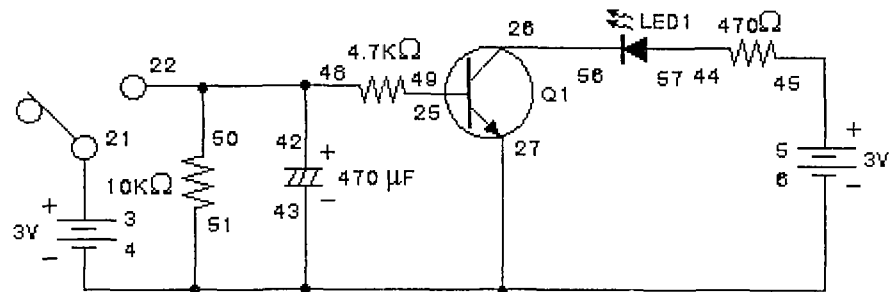
เธอคิดว่าไฉละ



ขั้นตอนการทดลอง



1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่) ไปยังตำแหน่งที่ 21 (สวิตช์)

3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 22 (สวิตช์) ไปยังตำแหน่งที่ 50 (ขาของตัวต้านทาน 10 กิโลโอห์ม) แล้วต่อไปที่ตำแหน่ง 42 (ขาของตัวเก็บประจุ ขนาด 470 ไมโครฟารัด) ไปที่ตำแหน่ง 48 (ขาของตัวต้านทาน 4.7 กิโลโอห์ม)



4. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) ไปยังตำแหน่งที่ 51 (ขาของตัวต้านทาน ขนาด 10 กิโลโอห์ม) แล้วต่อสายไฟไปที่ตำแหน่ง 43 (ขาของตัวเก็บประจุ ขนาด 470 ไมโครฟารัด) จากนั้นต่อจากขาของตัวเก็บประจุไปที่ตำแหน่ง 27 (ขา EMITTER) จากขา EMITTER ไปที่ตำแหน่ง 6 (ขั้วลบของแบตเตอรี่)

5. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 49 (ขาของตัวต้านทาน 4.7 กิโลโอห์ม) ไปที่ตำแหน่ง 25 (ขา BASE)

6. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 26 (ขา COLLECTOR) ไปยังตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1)

7. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 44 (ขาของตัวต้านทาน 470 กิโลโอห์ม)

8. จากตำแหน่งที่ 45 (ขาของตัวต้านทาน 470 กิโลโอห์ม) ไปที่ตำแหน่ง 5 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)

9. จากนั้นเลื่อนสวิตช์ลง สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผล

10. เลื่อนสวิตช์ขึ้น สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล



ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....



สรุป

.....

.....

.....

.....



คำถามท้ายการทดลอง

1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง
2. เมื่อต่อวงจรเสร็จเรียบร้อยแล้ว เลื่อนสวิตช์ลง มีอะไรเกิดขึ้น
3. เมื่อนักเรียนเปลี่ยนตัวเก็บประจุ ขนาด 470 ไมโครฟารัด เป็นขนาด 47 ไมโครฟารัด มีอะไรเกิดขึ้น
4. ให้นักเรียนทดลองเปลี่ยนตัวต้านทานเป็นขนาดต่างๆ แล้วสังเกตว่ามีข้อแตกต่างกันอย่างไร
5. จงอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวเก็บประจุกับตัวต้านทานในวงจร



การทดลองที่ 23 วงจรอินเวอร์เตอร์

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. อธิบายการทำงานของวงจรอินเวอร์เตอร์ได้
2. บอกความสำคัญของวงจรอินเวอร์เตอร์ได้

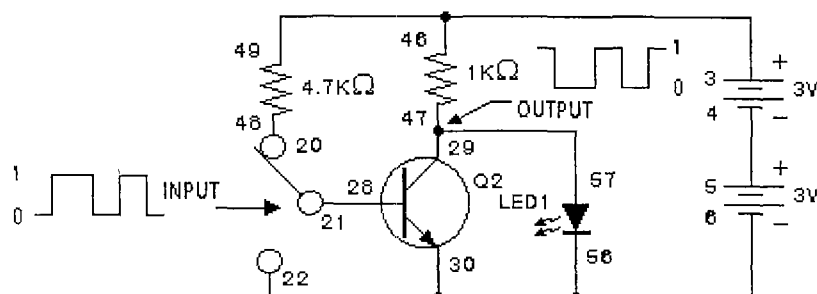


วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $1\text{ K}\Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
3. ตัวต้านทาน ขนาด $4.7\text{ K}\Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
4. ทรานซิสเตอร์	1	ตัว
5. สายไฟ	10	เส้น
6. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	4	ก้อน
7. สวิตช์แบบเลื่อน	1	ตัว

ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 20 (สวิตช์) ไปยังตำแหน่งที่ 48 (ขาของตัวต้านทาน $4.7\text{ K}\Omega$)
3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 49 (ขาของตัวต้านทาน $4.7\text{ K}\Omega$) ไปยังตำแหน่งที่ 46 (ขาของตัวต้านทาน $1\text{ K}\Omega$) จากนั้นต่อสายไฟไปยังตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)

4. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 21 (สวิตช์) ไปยังตำแหน่งที่ 28 (ขา BASE)
5. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 29 (ขา COLLECTOR) ไปยังตำแหน่งที่ 47 (ขาของตัวต้านทาน 1 K Ω) แล้วต่อสายไฟไปยังตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1)
6. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 22 (สวิตช์) ไปที่ตำแหน่ง 30 (ขา EMITTER) แล้วต่อดวงจรถูกขา EMITTER ไปที่ตำแหน่ง 56 (ขาของ LED1) จากนั้นต่อสายไปจากขาของ LED1 ไปที่ตำแหน่ง 6 (ขั้วลบของแบตเตอรี่)
7. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) ไปยังตำแหน่งที่ 5 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
8. เลื่อนสวิตช์ขึ้น - ลง สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผล



ลองศึกษาวงจรจิตตอลดู ...



ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....



สรุป

.....

.....

.....

.....



คำถามท้ายการทดลอง

1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง
2. จากการทดลอง เมื่อเลื่อนสวิตช์ขึ้น - ลง เกิดอะไรขึ้น อธิบาย
3. LED ในวงจรนี้ทำหน้าที่อะไร
4. ในวงจรนี้สวิตช์ (SWITCH) ทำหน้าที่อะไร
5. นักเรียนคิดว่าวงจรอินเวอร์เตอร์มีความสำคัญอย่างไร



การทดลองที่ 24 วงจรออร์ เกท

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. อธิบายการทำงานของวงจรออร์ เกท ได้
2. บอกหน้าที่ของเกทได้

วัสดุอุปกรณ์

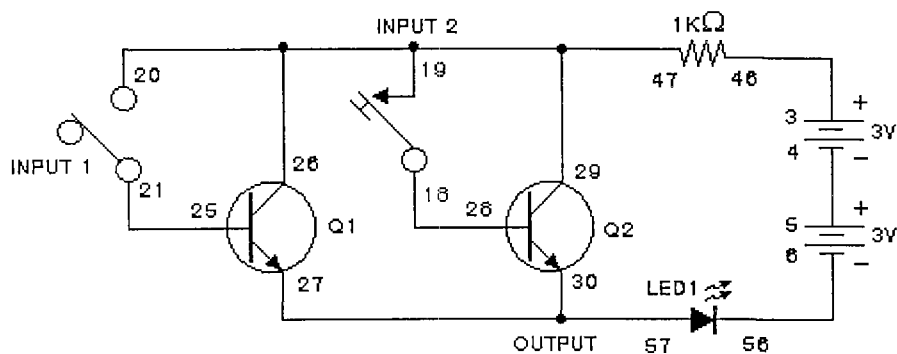
1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $1\text{ K}\Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
3. ทρανซิสเตอร์	2	ตัว
4. สายไฟ	11	เส้น
5. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	4	ก้อน
6. สวิตช์แบบกด (KEY)	1	ตัว
7. สวิตช์แบบเลื่อน	1	ตัว



ขั้นตอนการทดลอง



1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 46 (ขาของตัวต้านทาน 1 KΩ) ไปยังตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)

3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 47 (ขาของตัวต้านทาน 1 KΩ) ไปยังตำแหน่งที่ 29 (ขา COLLECTOR) จากขาของ COLLECTOR ต่อไปที่ตำแหน่ง 19 (สวิตช์ KEY) แล้วต่อวงจรจากสวิตช์ KEY ไปที่ตำแหน่ง 26 (ขา COLLECTOR) จากตำแหน่งขา COLLECTOR ต่อวงจรเข้ากับสวิตช์ที่ตำแหน่ง 20

4. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 21 (สวิตช์) ไปยังตำแหน่งที่ 25 (ขา BASE)

5. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 18 (สวิตช์ KEY) ไปยังตำแหน่งที่ 28 (ขา BASE)

6. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 27 (ขา EMITTER) ไปยังตำแหน่งที่ 30 (ขา EMITTER) แล้วต่อจากขา EMITTER ไปที่ตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED 1)

7. ต่อวงจรที่ตำแหน่ง 56 (ขาของ LED1) ไปที่ตำแหน่งที่ 6 (ขั้วลบของแบตเตอรี่)

8. ต่อวงจรที่ตำแหน่ง 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) ไปที่ตำแหน่งที่ 5 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)

9. เลื่อนสวิตช์ลง โดยไม่ต้องกดสวิตช์ KEY สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผล

10. กดสวิตช์ KEY สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล

11. กด KEY ไว้ พร้อมทั้งเลื่อนสวิตช์ขึ้น สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผล

12. ปลดสวิตช์ KEY สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล

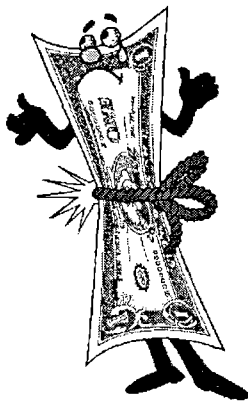
ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....



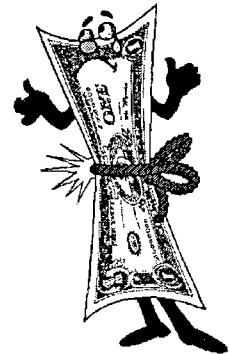
สรุป

.....

.....

.....

.....



คำถามท้ายการทดลอง

1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง
2. จากการทดลอง เมื่อเลื่อนสวิตช์ลง เกิดอะไรขึ้น เพราะเหตุใด
3. จากการทดลอง เมื่อเลื่อนสวิตช์ลง พร้อมทั้งกด KEY เกิดอะไรขึ้น เพราะเหตุใด
4. ในวงจรนี้อุปกรณ์ชนิดใดทำหน้าที่ควบคุมสัญญาณเข้า (INPUT)
5. จงอธิบายหน้าที่ของเกท (GATE)



การทดลองที่ 25 วงจรแอนด์ เกท

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. อธิบายการทำงานของวงจรแอนด์ เกท ได้
2. สรุปการทำงานของวงจรแอนด์ เกท ได้



วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	2	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $1\text{ K}\Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
3. ตัวต้านทาน ขนาด $4.7\text{ K}\Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
4. ตัวต้านทาน ขนาด $100\text{ K}\Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
5. ทรานซิสเตอร์	2	ตัว

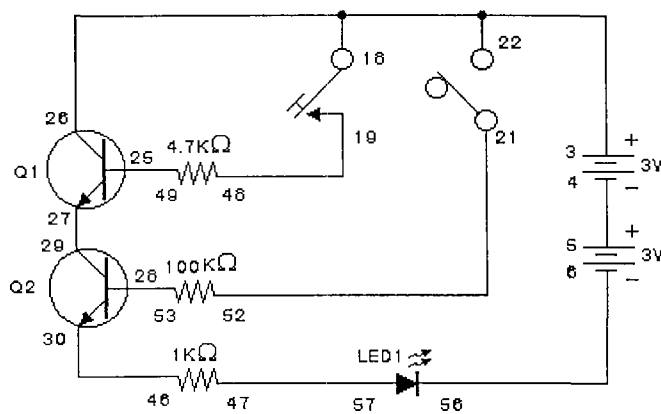
6. สายไฟ	12	เส้น
7. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	4	ก้อน
8. สวิตช์แบบกด (KEY)	1	ตัว
9. สวิตช์แบบเลื่อน	1	ตัว



AND ก็คือ ... และ ทั้งหมด

ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่) ไปยังตำแหน่งที่ 22 (สวิตช์) แล้วจากสวิตช์ต่อวงจรไปตำแหน่งที่ 18 (สวิตช์ KEY) จากสวิตช์ KEY ต่อวงจรไปที่ตำแหน่ง 26 (ขา COLLECTOR)

3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 19 (สวิตช์ KEY) ไปยังตำแหน่งที่ 48 (ขาของตัวต้านทาน 4.7 กิโลโอห์ม)

4. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 49 (ขาของตัวต้านทาน 4.7 กิโลโอห์ม) ไปที่ตำแหน่ง 25 (ขา BASE)

5. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 27 (ขา EMITTER) ไปยังตำแหน่งที่ 29 (ขา COLLECTOR)

6. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 21 (สวิตช์) ไปยังตำแหน่งที่ 52 (ขาของตัวต้านทาน 100 กิโลโอห์ม)

7. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 53 (ขาของตัวต้านทาน 100 กิโลโอห์ม) ไปตำแหน่งที่ 28 (ขา BASE)

8. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 30 ขา EMITTER ไปยังตำแหน่งที่ 46 (ตัวต้านทาน 1 กิโลโอห์ม)

9. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 47 (ขาของตัวต้านทาน 1 กิโลโอห์ม) ไปยังตำแหน่งที่ 57 (ขา LED1)

10. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 56 (ขา LED1) ไปที่ขั้วลบของแบตเตอรี่ตำแหน่ง 6

11. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) ไปขั้วบวกของแบตเตอรี่ที่ตำแหน่ง 5

12. สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผล

13. จากนั้นทดลองเลื่อนสวิตช์ลง และกดสวิตช์ KEY สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล

14. เลื่อนสวิตช์ขึ้น พร้อมทั้งกดสวิตช์ KEY สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผล

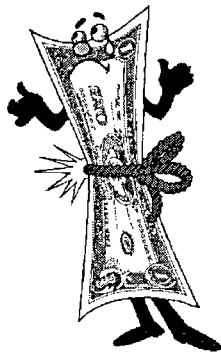
ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....



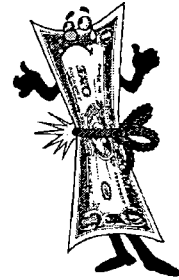
สรุป

.....

.....

.....

.....



คำถามท้ายการทดลอง

1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง
2. เมื่อนักเรียนทดลองเลื่อนสวิตช์ลงและกด KEY เกิดอะไรขึ้น
3. แอนด์ เกท เป็นวงจรลอจิกแบบใด
4. จงอธิบายการทำงานของวงจรแอนด์ เกท
5. จงสรุปการทำงานของวงจรแอนด์ เกท



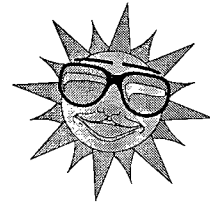
การทดลองที่ 26 วงจรเก็บแล้วปล่อยออกมาดูเล่น

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

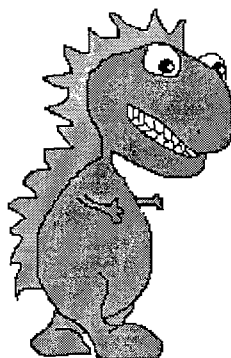
1. บอกหลักการทำงานของตัวเก็บประจุในวงจรได้
2. บอกได้ว่าตัวต้านทานมีผลต่อการเก็บและคายประจุของตัวเก็บประจุ



วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $1\text{ K}\Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
3. ตัวต้านทาน ขนาด $100\text{ K}\Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
4. ตัวต้านทาน ขนาด $470\text{ K}\Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
5. ตัวเก็บประจุ ขนาด $470\text{ }\mu\text{F}$ 16 V	1	ตัว

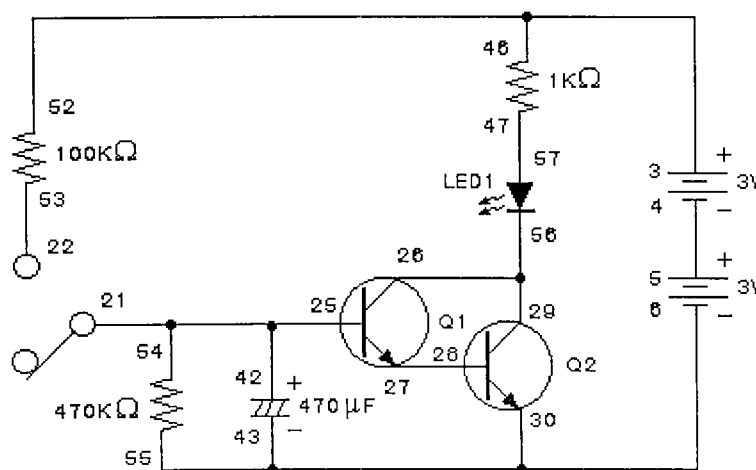
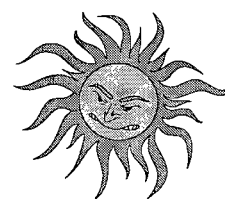
6. ทรานซิสเตอร์	2	ตัว
7. สายไฟ	15	เส้น
8. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	4	ก้อน
9. สวิตช์แบบเลื่อน	1	ตัว



เก็บประจุ ... คายประจุ .. ทุกวัน ...

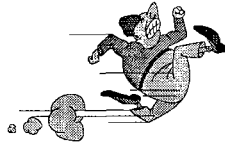
ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



130

2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 52 (ขาของตัวต้านทาน 100 กิโลโอห์ม) ไปยังตำแหน่งที่ 46 (ขาของตัวต้านทาน 1 กิโลโอห์ม) แล้วต่อจากขาตัวต้านทานไปที่ตำแหน่ง 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 53 (ขาของตัวต้านทาน 100 กิโลโอห์ม) ไปยังตำแหน่งที่ 22 (สวิตช์)
4. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 21 (สวิตช์) ไปยังตำแหน่งที่ 54 (ขาของตัวต้านทาน 470 กิโลโอห์ม) จากตำแหน่งที่ 54 ต่อวงจรไปที่ 42 (ตัวเก็บประจุขนาด 470 ไมโครฟารัด) แล้วต่อไปที่ขา BASE ที่ตำแหน่ง 25
5. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 47 (ขาของตัวต้านทาน 1 กิโลโอห์ม) ไปยังตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1)
6. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 26 (ขา EMITTER) ไปยังตำแหน่งที่ 29 (ขา COLLECTOR) แล้วต่อไปที่ตำแหน่ง 56 (ขาของ LED1)
7. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 27 (ขาของ EMITTER) ไปยังตำแหน่งที่ 28 (ขา BASE)
8. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 55 (ขาของตัวต้านทาน 470 กิโลโอห์ม) ไปที่ตำแหน่ง 43 (ขาของตัวเก็บประจุขนาด 470 ไมโครฟารัด) ต่อไปยังขาของ EMITTER ที่ตำแหน่ง 30 แล้วต่อวงจรไปตำแหน่งที่ 6 (ขั้วลบของแบตเตอรี่)
9. จากตำแหน่งที่ 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) ต่อวงจรไปตำแหน่งที่ 5 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)



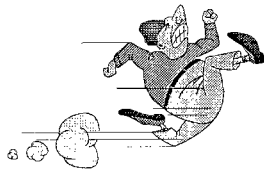
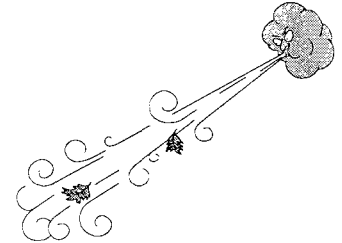
10. เลื่อนสวิตช์ลง สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผล
11. เลื่อนสวิตช์ขึ้น สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล
12. ทดลองเปลี่ยนค่าตัวต้านทานจาก 100 กิโลโอห์ม เป็นขนาด 10 กิโลโอห์ม
สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผล

ผลการทดลอง

.....

.....

.....



สรุป

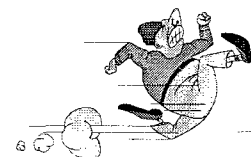
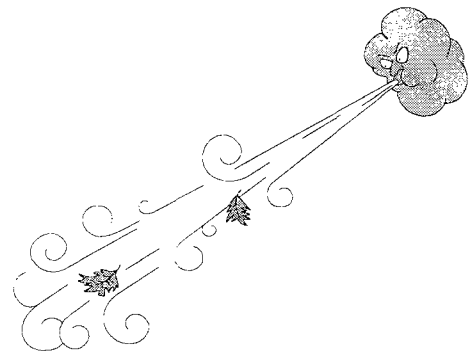
.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง
2. จงอธิบายการทำงานของตัวเก็บประจุในวงจรนี้
3. จากการทดลองเลื่อนสวิตช์ลง เกิดอะไรขึ้น
4. เมื่อเลื่อนสวิตช์ขึ้น เกิดอะไรขึ้น
5. ทดลองเปลี่ยนค่าตัวต้านทานจาก 100 กิโลโอห์ม เป็นขนาด 10 กิโลโอห์ม เกิดอะไรขึ้น
เมื่อเลื่อนสวิตช์ขึ้น



การทดลองที่ 27 วงจรกำเนิดสัญญาณเตือน

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. บอกหลักการทำงานของวงจรมกำเนิดสัญญาณเตือนได้
2. นำวงจรมกำเนิดสัญญาณเตือนไปประยุกต์ใช้งานได้

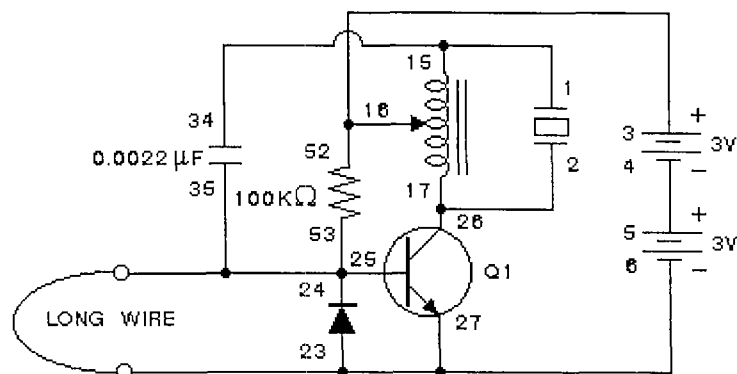


วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอด เบอร์ 1N60	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $100\text{ K}\Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
3. ตัวเก็บประจุ ขนาด $0.0022\text{ }\mu\text{F}$	1	ตัว
4. ทรานซิสเตอร์	1	ตัว
5. สายไฟ	14	เส้น
6. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	4	ก้อน
7. ออดอิเล็กทรอนิกส์	1	ตัว
8. หม้อแปลงไฟฟ้า	1	ตัว

ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 34 (ขาของตัวเก็บประจุ ขนาด $0.0022\text{ }\mu\text{F}$ ไมโครฟารัด) ไปยังตำแหน่งที่ 15 (ขาของทรานซิสเตอร์) แล้วต่อไปที่ตำแหน่ง 1 (ออดอิเล็กทรอนิกส์)

3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 52 (ขาของตัวต้านทาน 100 กิโลโอห์ม) ไปยังตำแหน่งที่ 16 (ขาของทรานซิสเตอร์) แล้วต่อไปยังขั้วบวกของแบตเตอรี่ที่ตำแหน่ง 3
4. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 35 (ขาของตัวเก็บประจุ ขนาด 0.0022 ไมโครฟารัด) ไปยังตำแหน่งที่ 53 (ขาของตัวต้านทาน 100 กิโลโอห์ม) แล้วต่อไปยังตำแหน่งที่ 24 (ขาของไดโอด) จากนั้นต่อวงจรไปที่ขา BASE ที่ตำแหน่ง 25 และที่ขา BASE ต่อวงจรด้วยสายไฟเส้นยาว
5. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 26 (ขา COLLECTOR) ไปยังตำแหน่งที่ 17 (ขาของทรานซิสเตอร์) แล้วต่อไปที่ตำแหน่ง 2 (ออกอิเล็กทรอนิกส์)
6. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 6 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) ไปยังตำแหน่งที่ 23 (ขาของไดโอด) แล้วต่อไปที่ตำแหน่ง 27 ขา EMITTER และต่อวงจรเข้าด้วยสายไฟยาวในข้อ 4
7. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) ไปยังตำแหน่งที่ 5 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
8. สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว บันทึกผล
9. ทดลองเอาสายไฟเส้นยาวที่เชื่อมวงจรที่ตำแหน่ง 25 และ 27 ออก สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล



ผลการทดลอง

.....

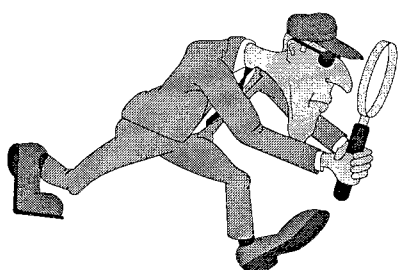
.....

.....

.....



สรุป



.....

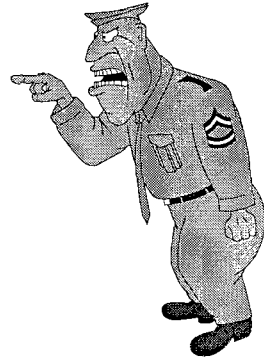
.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง
2. เมื่อเชื่อมต่อวงจรตามที่กำหนด เกิดอะไรขึ้น อธิบาย
3. สัญญาณเตือนจะดังขึ้นเมื่อใด
4. ให้นักเรียนอธิบายการทำงานของวงจรกำเนิดสัญญาณเตือน
5. นักเรียนคิดว่าสามารถนำวงจรกำเนิดสัญญาณเตือนไปประยุกต์ใช้กับงานอะไรได้บ้าง



การทดลองที่ 28 สนุกกับเทียนวันเกิดอิเล็กทรอนิกส์

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. บอกการทำงานของทรานซิสเตอร์ในวงจรได้
2. สร้างวงจรเทียนวันเกิดอิเล็กทรอนิกส์ได้



วัสดุอุปกรณ์

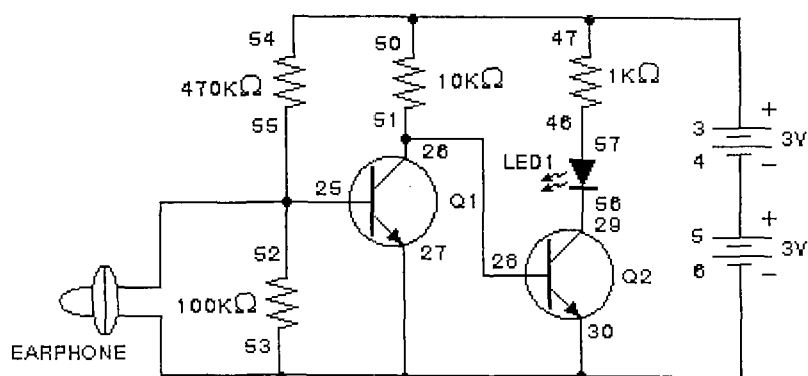
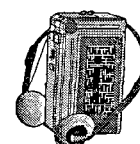
1. ตัวต้านทาน ขนาด 1 K Ω 1/4 W	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด 10 K Ω 1/4 W	1	ตัว
3. ตัวต้านทาน ขนาด 100 K Ω 1/4 W	1	ตัว
4. ตัวต้านทาน ขนาด 470 K Ω 1/4 W	1	ตัว
5. ทรานซิสเตอร์	2	ตัว

6. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	1	ตัว
7. หูฟัง (EARPHONE)	1	ตัว
8. สายไฟ	15	เส้น
9. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	4	ก้อน



ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 54 (ขาของตัวต้านทาน $470\text{ K}\Omega$) ไปยังตำแหน่งที่ 50 (ขาของตัวต้านทาน $10\text{ K}\Omega$) จากขาของตัวต้านทานต่อไปที่ตำแหน่ง 47 (ขาของตัวต้านทาน $1\text{ K}\Omega$) แล้วต่อไปยังตำแหน่งที่ 3 ขั้วบวกของแบตเตอรี่

3. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 55 (ขาของตัวต้านทาน 470 K Ω) ไปยังตำแหน่งที่ 25 (ขา BASE) ไปยังตำแหน่งที่ 52 (ขาของตัวต้านทาน 100 K Ω) แล้วต่อเข้ากับปลายข้างหนึ่งของหูฟัง (EARPHONE)
4. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 51 (ขาตัวต้านทาน 10 K Ω) ไปยังตำแหน่งที่ 26 (ขา COLLECTOR) แล้วต่อไปที่ตำแหน่ง 28 (ขา BASE)
5. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 46 (ขาของตัวต้านทาน 1 K Ω) ไปยังตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1)
6. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 29 (ขา COLLECTOR)
7. นำปลายข้างที่เหลือของหูฟัง (EARPHONE) ต่อเข้ากับวงจรที่ตำแหน่ง 53 (ขาตัวต้านทาน 100 กิโลโอห์ม) จากนั้นต่อสายไฟไปยังตำแหน่งที่ 27 (ขา EMITTER) แล้วต่อไปที่ตำแหน่ง 30 (ขา EMITTER) ต่อสายไฟจากขา EMITTER ไปที่ตำแหน่ง 6 (ขั้วลบของแบตเตอรี่)
8. ต่อดวงจรถูกตำแหน่ง 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) ไปที่ตำแหน่ง 5 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
9. เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว เป่าลมไปที่หูฟัง (EARPHONE) สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผล



ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....



สรุป



.....

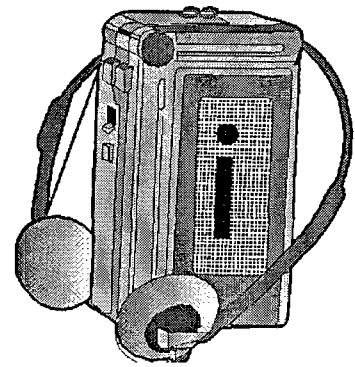
.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง
2. LED สว่างได้อย่างไร
3. อุปกรณ์ชนิดใดในวงจรนี้ทำหน้าที่เป็นเครื่องขยายสัญญาณ
4. ในวงจรนี้ ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่อย่างไร อธิบาย
5. หูฟังทำหน้าที่แทนอะไร



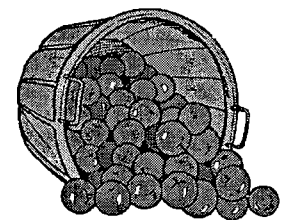
การทดลองที่ 29 สนุกกับรหัสมอร์ส

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

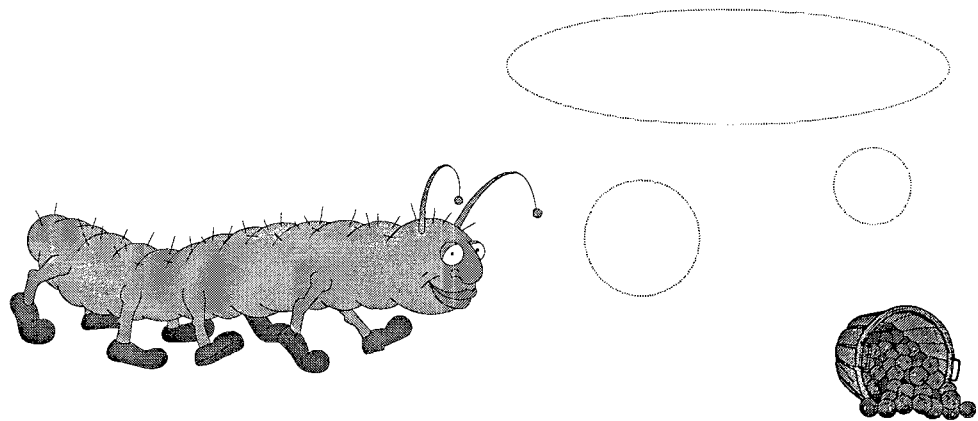
1. บอกหน้าที่ของออดิโอเล็ทรอนิกส์ (Piezo buzzer) ได้
2. ใช้วงจรสนุกกับรหัสมอร์สในการศึกษารหัสมอร์สได้



วัสดุอุปกรณ์

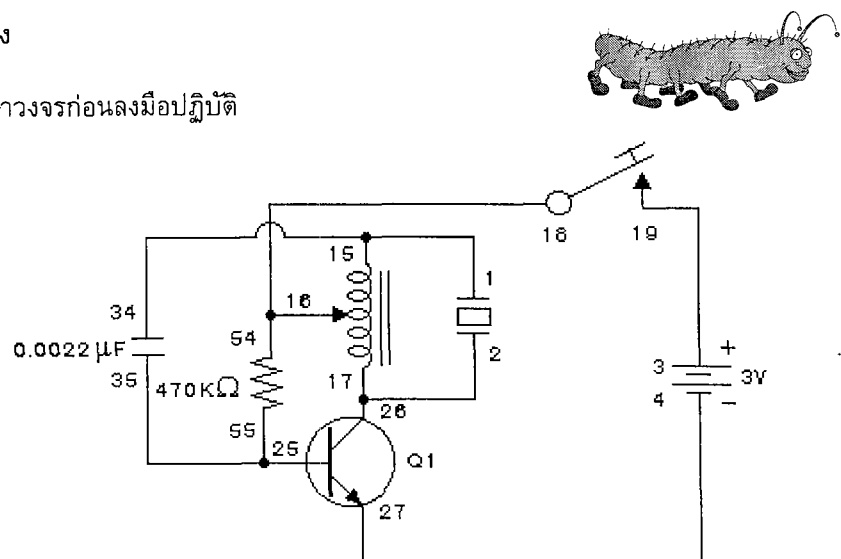
1. ตัวต้านทาน ขนาด 470Ω $\frac{1}{4} W$	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $470 K\Omega$ $\frac{1}{4} W$	1	ตัว
3. ตัวเก็บประจุ ขนาด $0.0022 \mu F$	1	ตัว
4. ทรานซิสเตอร์	1	ตัว
5. ออดิโอเล็ทรอนิกส์	1	ตัว

6. หม้อแปลงไฟฟ้า	1	ตัว
7. สายไฟ	11	เส้น
8. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	2	ก้อน
9. สวิตช์แบบกด (KEY)	1	ตัว



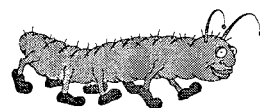
ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 18 (สวิตช์ KEY) ไปยังตำแหน่งที่ 54 (ขาของตัวต้านทาน 470 กิโลโอห์ม) แล้วต่อไปยังตำแหน่งที่ 16 (ขาของทรานส์ฟอร์มเมอร์)

3. ต่อดวงจรมานอกจากตำแหน่งที่ 34 (ขาของตัวเก็บประจุ ขนาด 0.0022 ไมโครฟารัด) ไปยังตำแหน่งที่ 15 (ขาของทรานส์ฟอร์เมอร์) แล้วต่อไปที่ตำแหน่ง 1 (ออกติเล็คทริก)
4. ต่อดวงจรมานอกจากตำแหน่งที่ 35 (ขาของตัวเก็บประจุ ขนาด 0.022 ไมโครฟารัด) ไปยังตำแหน่งที่ 55 (ขาของตัวต้านทานขนาด 470 กิโลโอห์ม) แล้วต่อสายไฟไปที่ตำแหน่ง 25 (ขา BASE)
5. ต่อดวงจรมานอกจากตำแหน่งที่ 26 (ขา COLLECTOR) ไปที่ตำแหน่ง 17 (ขาของทรานส์ฟอร์เมอร์) แล้วจากขาของทรานส์ฟอร์เมอร์ ไปที่ตำแหน่ง 2 (ออกติเล็คทริก)
6. ต่อดวงจรมานอกจากตำแหน่งที่ 27 (ขา BASE) ไปยังตำแหน่งที่ 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่)
7. ต่อดวงจรมานอกจากตำแหน่งที่ 19 (สวิตช์ KEY) ไปที่ตำแหน่ง 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
8. กดสวิตช์ KEY สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล
9. จากนั้นให้นักเรียนฝึกสื่อสารกันด้วยรหัสมอร์ส ตามที่กำหนด



MORSE CODE CHART



A ● —	K — ● —	U ● ● —	4 ● ● ● ● —
B — ● ● ●	L ● — ● ●	V ● ● ● —	5 ● ● ● ● ●
C — ● — ●	M — —	W ● — —	6 — ● ● ● ●
D — ● ●	N — ●	X — ● ● —	7 — — ● ● ●
E ●	O — — —	Y — ● — —	8 — — — ● ●
F ● ● — ●	P ● — — ●	Z — — ● ●	9 — — — — ●
G — — ●	Q — — ● —		0 — — — — —
H ● ● ● ●	R ● — ●	1 ● — — — —	· ● — ● — ● —
I ● ●	S ● ● ●	2 ● ● — — —	, — — ● ● — —
J ● — — —	T —	3 ● ● ● — —	? ● ● — — ● ●

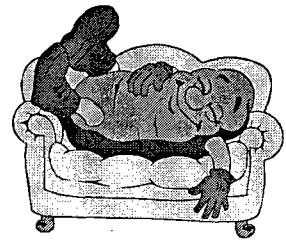
ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....



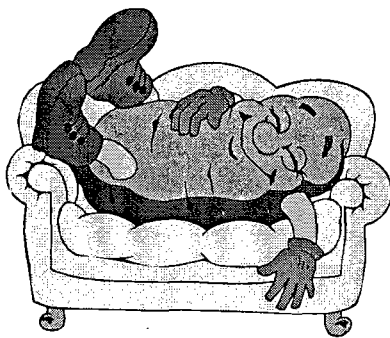
สรุป

.....

.....

.....

.....



คำถามท้ายการทดลอง

1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง
2. จงบอกความหมายของรหัสมอร์ส
3. ออดิโอเล็คทริกส์ (PIEZO BUZZER) ทำหน้าที่อะไรในวงจร
4. จาก MORSE CODE CHART นักเรียนคิดว่า
 - แทนสัญญาณเสียงแบบใด
 - แทนสัญญาณเสียงแบบใด
5. จงบอกประโยชน์ของการศึกษารหัสมอร์ส



การทดลองที่ 30 เปลี่ยนเสียงให้เป็นแสง

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. บอกหลักการทำงานของทรานซิสเตอร์และตัวเก็บประจุในวงจรได้
2. บอกหน้าที่ของตัวเก็บประจุในวงจรได้



วัสดุอุปกรณ์

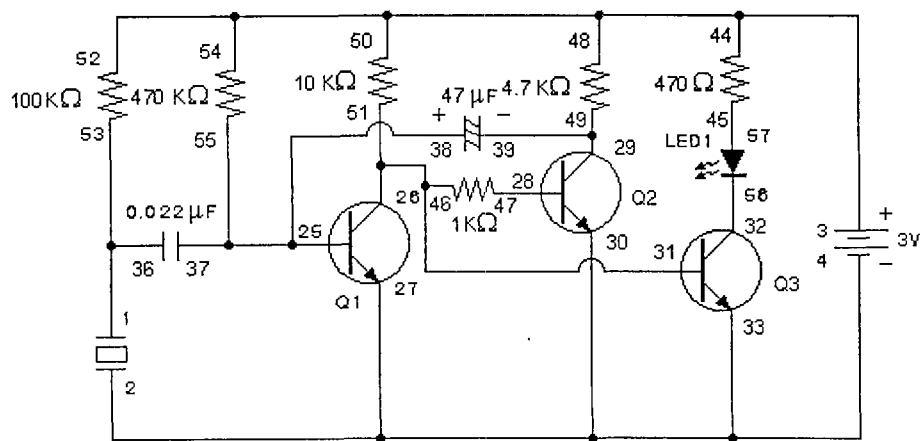
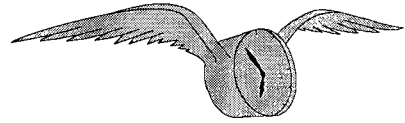
1. ตัวต้านทาน ขนาด 470 Ω $\frac{1}{4}$ W	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด 1 K Ω $\frac{1}{4}$ W	1	ตัว
3. ตัวต้านทาน ขนาด 4.7 K Ω $\frac{1}{4}$ W	1	ตัว
4. ตัวต้านทาน ขนาด 10 K Ω $\frac{1}{4}$ W	1	ตัว
5. ตัวต้านทาน ขนาด 100 K Ω $\frac{1}{4}$ W	1	ตัว

6. ตัวต้านทาน ขนาด 470 K Ω $\frac{1}{4}$ W	1	ตัว
7. ตัวเก็บประจุ ขนาด 0.022 μ F	1	ตัว
8. ตัวเก็บประจุ ขนาด 47 μ F 10 V	1	ตัว
9. ทรานซิสเตอร์	3	ตัว
10. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	1	ตัว
11. ออดิโอเล็คทรอนิกส์	1	ตัว
12. สายไฟ	22	เส้น
13. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	2	ก้อน



ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 52 (ขาของตัวต้านทาน 100 กิโลโอห์ม) ไปยังตำแหน่งที่ 54 (ขาของตัวต้านทาน 470 กิโลโอห์ม) จากขาของตัวต้านทาน 470 กิโลโอห์ม เชื่อมต่อไปยังตำแหน่งที่ 50 (ขาของตัวต้านทาน 10 กิโลโอห์ม) แล้วต่อไปยังขาของตัวต้านทาน 4.7 กิโลโอห์ม ที่ตำแหน่ง 48 จากนั้นเชื่อมต่อสายไฟไปยังตำแหน่งที่ 44 (ขาของตัวต้านทาน 470 โอห์ม) ไปยังตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)

3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 53 (ขาของตัวต้านทาน 100 กิโลโอห์ม) ไปยังตำแหน่งที่ 36 (ขาของตัวเก็บประจุ ขนาด 0.022 ไมโครฟารัด) จากนั้นเชื่อมต่อสายไฟไปยังตำแหน่ง 1 (ออกดีเล็กทรอนิกส์)

4. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 55 (ขาของตัวต้านทาน 470 กิโลโอห์ม) ไปยังขาของตัวเก็บประจุ ขนาด 0.022 ไมโครฟารัด ที่ตำแหน่ง 37 แล้วต่อไปยังขาเบส (BASE) ของทรานซิสเตอร์ (Q_1) ที่ตำแหน่ง 25 จากนั้นต่อไปยังขาของตัวเก็บประจุ ขนาด 47 ไมโครฟารัด ที่ตำแหน่ง 38

5. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 51 (ขาของตัวต้านทาน 10 กิโลโอห์ม) ไปยังตำแหน่งที่ 26 (ขา COLLECTOR) ของตัวทรานซิสเตอร์ (Q_1) จากนั้นเชื่อมต่อสายไฟไปยังตำแหน่งที่ 46 (ขาของตัวต้านทาน 1 กิโลโอห์ม) แล้วต่อไปยังตำแหน่งที่ 31 (ขา BASE) ของตัวทรานซิสเตอร์ (Q_3)

6. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 49 (ขาของตัวต้านทาน 4.7 กิโลโอห์ม) ไปยังตำแหน่งที่ 39 (ขาของตัวเก็บประจุ 47 ไมโครฟารัด) แล้วเชื่อมต่อดวงจรไปที่ขา COLLECTOR ของตัวทรานซิสเตอร์ (Q_2) ที่ตำแหน่ง 29

7. เชื่อมต่อสายไฟที่ตำแหน่ง 47 (ขาของตัวต้านทาน 1 กิโลโอห์ม) เข้ากับ ขาเบส (BASE) ของทรานซิสเตอร์ (Q_2) ที่ตำแหน่ง 28

8. ต่อดวงจรที่ตำแหน่ง 45 (ขาของตัวต้านทาน 470 โอห์ม) ไปยัง LED1 ที่ตำแหน่ง 57

9. จาก LED1 ที่ตำแหน่ง 56 ต่อดวงจรไปยังขา COLLECTOR ของตัวทรานซิสเตอร์ (Q_3) ที่ตำแหน่ง 32

10. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 2 (ออกติเล็กทรอนิกส์) ไปยัง EMITTER ของตัวทรานซิสเตอร์ (Q_1) ที่ตำแหน่ง 27 ต่อสายไฟไปที่ตำแหน่ง 30 ขา COLLECTOR ของตัวทรานซิสเตอร์ (Q_2) แล้วต่อไปยังขา EMITTER ของตัวทรานซิสเตอร์ (Q_3) ที่ตำแหน่ง 33 จากนั้นเชื่อมต่อเข้ากับขั้วลบของแบตเตอรี่ที่ตำแหน่ง 4



11. สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผลการทดลอง

12. ทดลองปรับมือไถ้ๆ กับออกติเล็กทรอนิกส์ สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผลการทดลอง

13. ทดลองเปลี่ยนตัวเก็บประจุจากขนาด 47 ไมโครฟารัด เป็นขนาด 470 ไมโครฟารัด สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผลการทดลอง

วังตามเทคโนโลยี .. บั๊นเหน้อย



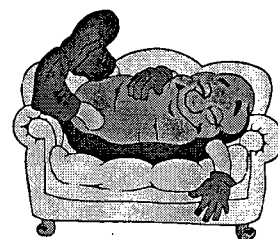
ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....



สรุป



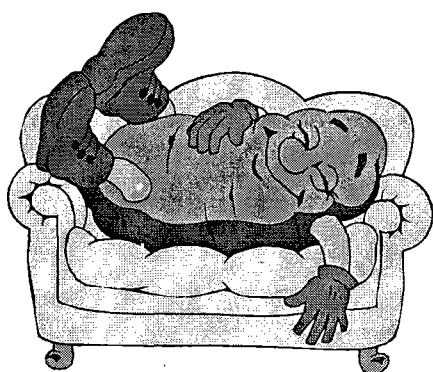
.....

.....

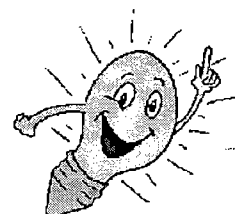
.....

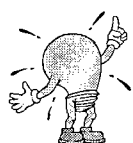
.....

คำถามท้ายการทดลอง



1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง
2. เมื่อปรบมือใกล้ๆ กับออดิโอเล็กทรอนิกส์ เกิดอะไรขึ้น
3. จงอธิบายการทำงานของทรานซิสเตอร์ในวงจรนี้
4. ทดลองเปลี่ยนตัวเก็บประจุจากขนาด 47 ไมโครฟารัด เป็นขนาด 470 ไมโครฟารัด เกิดอะไรขึ้น
5. ตัวเก็บประจุในวงจรนี้ทำหน้าที่อะไร





สารบัญ

หน้า

การทดลองที่ 1	มาต่อวงจรไฟฟ้ากันเถอะ	1
การทดลองที่ 2	สนุกกับไดโอด	10
การทดลองที่ 3	การต่อวงจรแบบอนุกรม	19
การทดลองที่ 4	การต่อวงจรแบบขนาน	29
การทดลองที่ 5	มารู้จักกับตัวต้านทาน	37
การทดลองที่ 6	การต่อตัวต้านทานแบบขนาน	53
การทดลองที่ 7	วงจรปรับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า	61
การทดลองที่ 8	สนุกกับการทำวงจรหรีไฟ	69
การทดลองที่ 9	ตัวเก็บประจุ	75
การทดลองที่ 10	การต่อวงจรตัวเก็บประจุแบบขนาน	87



หน้า

การทดลองที่ 11	ควบคุมกระแสไม่ให้ไหลผ่านมาก	97
การทดลองที่ 12	สนุกกับการควบคุมไฟ	107
การทดลองที่ 13	มาทำไฟกระพริบกันเถอะ	115
การทดลองที่ 14	วงจรกดติดปล่อยดับ	123
การทดลองที่ 15	วงจรกดดับปล่อยติด	131
การทดลองที่ 16	วงจรเปิดค้าง	139
การทดลองที่ 17	วงจรปิดค้าง	147
การทดลองที่ 18	ทรานซิสเตอร์ทำงานอย่างไร	155
การทดลองที่ 19	ทรานซิสเตอร์ทำงานแบบสวิตช์	165
การทดลองที่ 20	วงจรถ้าเน็ตเสียงไซเรน	173



หน้า

การทดลองที่ 21	ถอดไฟฟ้า	183
การทดลองที่ 22	สนุกกับการทำสวิตช์หน่วงเวลา	192
การทดลองที่ 23	วงจรอินเวอร์เตอร์	201
การทดลองที่ 24	วงจรออร์ เกท	209
การทดลองที่ 25	วงจรแอนด์ เกท	217
การทดลองที่ 26	วงจรเก็บแล้วปล่อยออกมาดูเล่น	225
การทดลองที่ 27	วงจรถ้าเน็ตสัญญาณเตือน	235
การทดลองที่ 28	สนุกกับเทียนวันเกิดอิเล็กทรอนิกส์	242
การทดลองที่ 29	สนุกกับรหัสมอร์ส	250
การทดลองที่ 30	เปลี่ยนเสียงให้เป็นแสง	259
เอกสารอ้างอิง		—269

1

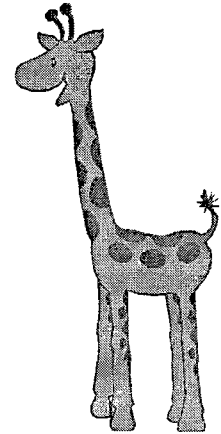
การทดลองที่ 1 มาต่อวงจรไฟฟ้ากันเถอะ

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. อธิบายหลักการทำงานของวงจรไฟฟ้าและต่อวงจรไฟฟ้าได้
2. บอกความหมายของวงจรปิดและวงจรเปิดได้



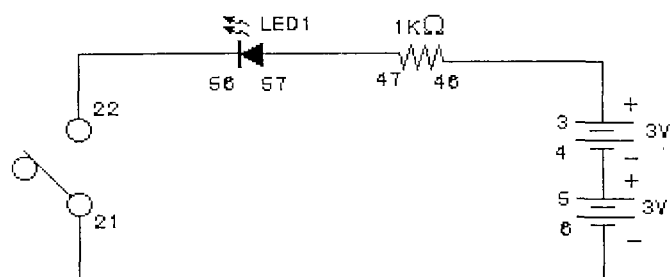
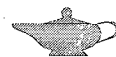
วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	2	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $1\text{ K}\Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
3. ถ่านไฟฉาย	4	ก้อน
4. สายไฟ	6	เส้น
5. สวิตช์แบบเลื่อน	1	ตัว

2

ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 22 (สวิตช์)
3. จากนั้นต่อสายไฟจากตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 47 (ขาของตัวต้านทาน ขนาด $1\text{ K}\Omega$)

3

4. จากนั้นต่อสายไฟจากตำแหน่งที่ 46 (ขาของตัวต้านทานขนาด 1 K Ω) ไปยังตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่) นำสายไฟต่อเชื่อมตำแหน่งที่ 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) และที่ตำแหน่ง 5 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)

5. ต่อสายไฟจากตำแหน่งที่ 6 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) ไปยังตำแหน่งที่ 21 (สวิตช์)

6. เลื่อนสวิตช์ลง สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในวงจร บันทึกผล

7. เลื่อนสวิตช์ขึ้น สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล

8. ทดลองต่อวงจรใหม่ โดยนำสายไฟมาเชื่อมต่อระหว่างตำแหน่งที่ 21 และ 22 สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผลการทดลอง



ฝึกบ่อยๆ จะเก่งไปเอง

4

ผลการทดลอง



เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว เลื่อนสวิตช์ลง (วงจรปิด) ปรากฏว่า LED1 สว่าง แต่เมื่อเลื่อนสวิตช์ขึ้น LED จะดับ

จากนั้นทดลองเชื่อมต่อตำแหน่งที่ 21 และ 22 ด้วยสายไฟ LED1 สว่างขึ้น โดยที่ยังไม่ได้เลื่อนสวิตช์ลงหรือไปยุ่งเกี่ยวกับสวิตช์ แสดงว่าเกิดการลัดวงจร เนื่องจากมีกระแสอิเล็กทรอนิกส์ไหลผ่านสายไฟไปยัง LED1 ไม่ผ่านสวิตช์

สรุปผลการทดลอง



เมื่อต่อวงจรแล้ว พบว่ากระแสอิเล็กทรอนิกส์จะเคลื่อนที่จากขั้วลบของแบตเตอรี่ผ่าน LED1 และตัวต้านทานมายังขั้วบวกของแบตเตอรี่ ทำให้ LED1 สว่าง สรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. เมื่อมีกระแสอิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่ครบวงจร จะทำให้ LED1 สว่าง เรียกว่า “วงจรปิด”
2. ถ้ากระแสอิเล็กทรอนิกส์ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ครบวงจร LED1 จะไม่สว่าง เรียกว่า “วงจรเปิด”
3. เมื่อวงจรเกิดการลัดขึ้น แสดงว่ากระแสมีการลัดวงจร



แนวการตอบคำถาม



1. ในการทดลอง “มาต่อวงจรไฟฟ้ากันเถอะ” มีอุปกรณ์อะไรบ้าง
 ตอบ ไดโอดเปล่งแสง (LED), ตัวต้านทาน ขนาด 1 K Ω , ถ่านไฟฉาย, สายไฟ, สวิตช์แบบเลื่อน
2. จงอธิบายความหมายของวงจรไฟฟ้า
 ตอบ วงจรไฟฟ้า คือ เส้นทางที่กระแสอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านได้ครบวงจร
3. วงจรไฟฟ้าที่อยู่ในลักษณะที่เรียกว่า “วงจรเปิด” นักเรียนเข้าใจคำว่า “วงจรเปิด” อย่างไร จงอธิบาย
 ตอบ วงจรเปิด หมายถึง วงจรที่ต่อไม่ครบวงจร ซึ่งกระแสอิเล็กตรอนไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ครบวงจร เป็นเหตุให้เครื่องใช้ไฟฟ้าไม่ทำงาน เช่น การที่เต้าเสียบแยกออกจากเต้ารับ จึงไม่มีกระแสอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้า ทำให้เครื่องใช้ไฟฟ้าไม่ทำงาน



4. วงจรไฟฟ้าที่อยู่ในลักษณะที่เรียกว่า “วงจรปิด” นักเรียนเข้าใจคำว่า “วงจรปิด” อย่างไร จงอธิบาย
 ตอบ วงจรปิด หมายถึง วงจรที่มีกระแสอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ได้ครบวงจร เครื่องใช้ไฟฟ้าสามารถทำงานได้ตามปกติ เช่น การที่เสียบเต้าเสียบเข้ากับเต้ารับ จะมีกระแสอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้า
5. จากการทดลองเมื่อนักเรียนเชื่อมต่อสายไฟที่ตำแหน่ง 21 กับ 22 แล้ว เกิดอะไรขึ้น เพราะเหตุใด
 ตอบ LED1 สว่างขึ้น โดยไม่ได้เลื่อนสวิตช์ลง (วงจรปิด) เพราะเกิดการช็อตขึ้น กระแสอิเล็กตรอนลัดวงจรไม่ผ่านสวิตช์ LED1 จึงสว่าง ในวงจรไฟฟ้าที่มีกระแสอิเล็กตรอนไหลผ่านมากๆ เมื่อเกิดการลัดวงจร จะทำให้เกิดเป็นอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สิน ถ้าไม่รู้จักระมัดระวัง



ความรู้เพิ่มเติม



กระแสไฟฟ้า คือ กระแสอิเล็กตรอน

การเคลื่อนที่ของกระแสอิเล็กตรอนหรือการไหลของอิเล็กตรอนในลวดตัวนำ เรียกว่า กระแสไฟฟ้า (Electric Current)

กระแสไฟฟ้าไหลในทิศทางใด ?

ในสมัยก่อนนักวิทยาศาสตร์ เชื่อกันว่ากระแสไฟฟ้าไหลจากขั้วบวกไปยังขั้วลบ ถึงแม้ว่าปัจจุบันได้ มีการเปลี่ยนแปลงความคิดเรื่องการไหลของกระแสไฟฟ้าเป็นในทางตรงข้ามแล้วก็ตาม แต่เรายังคงความคิดแรกไว้ เนื่องจากกฎและหลักการต่างๆ ทางไฟฟ้าที่สร้างขึ้นมาจากพื้นฐานของความคิดนั้น ความเชื่อดังเดิมนี้เรียกว่า กระแสสมมติ (conventional current)

ทิศทางของกระแสไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้า คือ การไหลของอิเล็กตรอน แต่ทิศทางการไหลของอิเล็กตรอนไม่ใช่ทิศทางของกระแสไฟฟ้า ทิศทางของกระแสไฟฟ้านั้นตรงข้ามกับการไหลของอิเล็กตรอน

หน่วยของกระแสไฟฟ้า

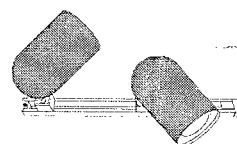
ขนาดของกระแสไฟฟ้าที่ไหลในลวดตัวนำนั้น กำหนดจากปริมาณของประจุไฟฟ้าที่ไหลผ่านจุดใดจุดหนึ่งในลวดตัวนำในเวลา 1 วินาที มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (Ampere ; A)

วงจรไฟฟ้า

วงจรไฟฟ้า คือ เส้นทางที่กระแสอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านได้ครบรอบ เมื่อกระแสอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านได้ครบวงจร จะทำให้เกิดพลังงานได้ เช่น แสงสว่าง และความร้อน

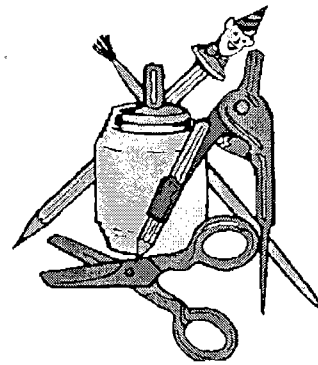
จากการทดลอง เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว กระแสอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่จากขั้วลบของแบตเตอรี่ ผ่าน LED1, ตัวต้านทานและกลับมายังขั้วบวกของแบตเตอรี่ ทำให้ LED1 สว่าง แสดงว่ามีกระแสอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ครบวงจร เรียกว่า “วงจรปิด”

แต่ถ้าเลื่อนสวิตช์ขึ้น จะทำให้วงจรไม่เชื่อมต่อกัน กระแสอิเล็กตรอนไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านได้ครบวงจร LED1 ไม่สว่าง เรียกว่า “วงจรเปิด”



สาเหตุของการเกิดไฟฟ้าลัดวงจร

สาเหตุของการเกิดไฟฟ้าลัดวงจร เกิดจากสายไฟที่เก่ามาก ฉนวนหุ้มสายไฟเปื่อย เป็นเหตุให้เส้นลวดตัวนำแตะกัน เกิดไฟฟ้าลัดวงจร กระแสไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ลัดผ่านวงจรในปริมาณมาก ทำให้บริเวณจุดแตะเกิดความร้อนสูง อาจทำให้ไฟไหม้ได้ในเวลารวดเร็ว



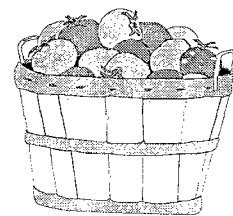
การทดลองที่ 2 สนุกกับไดโอด

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

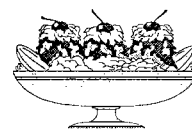
1. บอกหลักการทำงานของไดโอดได้
2. บอกลักษณะการต่อขั้วของไดโอดกับถ่านไฟฉายได้



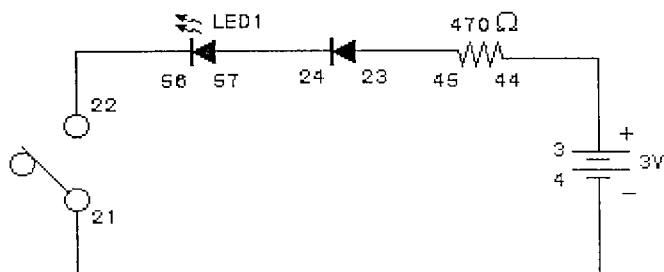
วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $470\ \Omega\ \frac{1}{4}\ W$	1	ตัว
3. ถ่านไฟฉาย	2	ก้อน
4. สายไฟ	5	เส้น
5. สวิตช์แบบเลื่อน	1	ตัว

ขั้นตอนการทดลอง

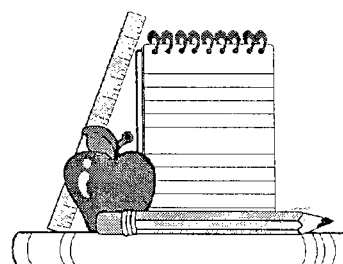


1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED 1) ไปยังตำแหน่งที่ 22 (สวิตช์)
3. จากนั้นต่อสายไฟจากตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED 1) ไปยังตำแหน่งที่ 24 (ขาของไดโอด)
4. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 23 (ขาของไดโอด) ไปยังตำแหน่งที่ 45 (ขาของตัวต้านทานขนาด 470 Ω)

5. จากนั้นต่อสายไฟจากตำแหน่งที่ 44 (ขาของตัวต้านทานขนาด 470 Ω) ไปยังตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
6. ต่อสายไฟจากตำแหน่งที่ 4 (ขั้วลบแบตเตอรี่) ไปยังตำแหน่งที่ 21 (สวิตช์)
7. เลื่อนสวิตช์ลง สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น บันทึกผล
8. เลื่อนสวิตช์ขึ้น ทดลองเปลี่ยนตำแหน่งของสายไฟ โดยสลับสายไฟที่เชื่อมต่อจุดปลาย 23 กับ 24 แล้วเลื่อนสวิตช์ลง สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้นในการทดลอง บันทึกผล



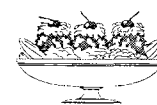
ผลการทดลอง

เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว ปิดวงจรโดยเลื่อนสวิตช์ลง LED1 จะสว่าง จากนั้นเปิดวงจรโดยเลื่อนสวิตช์ขึ้น ทดลองสลับขั้วสายไฟที่ตำแหน่ง 23 กับ 24 เลื่อนสวิตช์ลงอีกครั้ง ปรากฏว่า LED1 ไม่สว่าง แสดงว่า กระแสอิเล็กทรอนิกส์ไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่าน LED1 ได้

สรุปผลจากการทดลอง

ไดโอดเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่จำกัดทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสอิเล็กทรอนิกส์ให้ไหลทางเดียว จึงใช้เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

จากการทดลองสรุปได้ว่า ไดโอดเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ยอมให้กระแสอิเล็กทรอนิกส์ไหลผ่านทางเดียว ในการต่อไดโอดเข้าในวงจรไฟฟ้า ต้องต่อให้ถูกขั้วตามทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสอิเล็กทรอนิกส์ เพราะถ้าหากต่อกลับขั้ว อาจทำให้เกิดความเสียหายแก่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้



แนวการตอบคำถาม

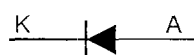


1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง

ตอบ ไดโอดเปล่งแสง (LED), ตัวต้านทาน ขนาด $470\ \Omega$, ถ่านไฟฉาย, สายไฟ, สวิตช์แบบเลื่อน

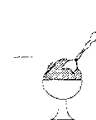
2. จงเขียนสัญลักษณ์ของไดโอด

ตอบ



3. ขั้วของไดโอดต่อกับถ่านไฟฉายอย่างไร

ตอบ แอโนด (A) ของไดโอดต่อกับขั้วบวกและแคโทด (K) ของไดโอดต่อกับขั้วลบของถ่านไฟฉาย



4. เกิดอะไรขึ้นเมื่อสลับสายไฟที่เชื่อมต่อจุดปลาย 23 กับ 24 เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

ตอบ ไดโอดเปล่งแสงไม่ให้แสงสว่าง เพราะต่อผิดขั้วของไดโอด

5. จงอธิบายว่าทำอย่างไรไดโอดเปล่งแสงจึงจะให้แสงสว่างออกมา

ตอบ จะต้องต่อไดโอดเปล่งแสงเข้าในวงจรให้ถูกต้อง โดยขั้วของไดโอดต้องต่อขั้วตามทิศทางกระแสของกระแสไฟฟ้ากระแสตรง จึงจะทำให้ไดโอดเปล่งแสงสว่างได้ และในวงจรจะต้องมีตัวต้านทานต่ออนุกรมกับไดโอดเปล่งแสง เพื่อป้องกันไม่ให้ไดโอดเสียหาย



ความรู้เพิ่มเติม



ไดโอด เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้ากระแสตรงให้ไหลทางเดียว มีคุณสมบัติในการแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านจึงจะทำให้ LED มีแสงสว่าง ซึ่งจะต้องต่อขั้วของ LED ให้ถูกต้องทิศทาง จึงจะมีกระแสเคลื่อนที่

ไดโอดเป็นอุปกรณ์ที่ควบคุมให้กระแสไฟฟ้ากระแสตรงให้ไหลในทิศทางเดียว กระแสไฟฟ้าสามารถส่งผ่านทางไดโอดได้ แต่จะไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านไปได้ หากต่อทิศของไดโอดสลับขั้ว



จากภาพแสดงสัญลักษณ์ของไดโอด กระแสไฟฟ้าจะเคลื่อนที่จากจุดยอดของสามเหลี่ยมไปยังฐานของสามเหลี่ยม เป็นการส่งกระแสไฟฟ้าผ่านไดโอด

จะเกิดอะไรขึ้น ถ้ากลับขั้วไดโอดแล้วให้กระแสอิเล็กตรอนเข้าทางด้านแอโนด (A) โดยการเลื่อนสวิตช์ขึ้น สลับสายไฟที่เชื่อมต่อจุดปลาย 23 กับ 24 เมื่อเลื่อนสวิตช์ลง LED จะไม่สว่าง เพราะกระแสอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านในทิศตรงข้ามกับขั้วแคโทดของไดโอด ทำให้กระแสอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านไปไม่ได้

ไดโอดเป็นส่วนประกอบสำคัญในวงจรไฟฟ้าเพราะสามารถป้องกันการเคลื่อนที่ของกระแสอิเล็กตรอน

ในวงจรนี้มีไดโอดมากกว่า 1 ตัว เพราะ LED ก็เป็นไดโอดชนิดหนึ่ง

LED คืออะไร

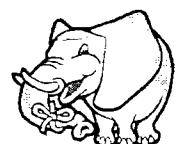
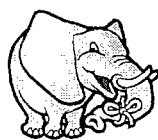
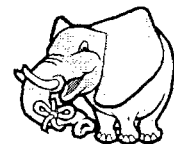
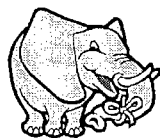
LED ย่อมาจาก Light Emitting Diode

ไดโอด (diode) เป็นเหมือนถนนเดินทางเดียวสำหรับให้กระแสอิเล็กตรอนไหลผ่านได้ในทิศทางเดียว LED เป็นไดโอดชนิดพิเศษ มีแสงสว่างและใช้ในวงจรเพื่อแสดงว่ามีกระแสอิเล็กตรอนไหลผ่าน

จากวงจรสัญลักษณ์ของ LED ก็จะทำให้คล้ายกับสัญลักษณ์ของไดโอด แต่มีลูกศรบนสัญลักษณ์หรือที่เรียกกันว่า "ไดโอดเปล่งแสง"



บางครั้ง LED มีขาข้างหนึ่งสั้นกว่าขาอีกขาหนึ่ง ขาที่สั้นกว่า เรียกว่า ขาขั้วลบ และขาที่ยาวกว่า คือ ขาขั้วบวก ขาขั้วลบอาจจะมิด้านที่แบนบนเปลือกพลาสติก เพื่อช่วยให้จำง่าย สิ่งสำคัญในการต่อวงจรคือต้องต่อขา LED ให้ถูกขั้ว



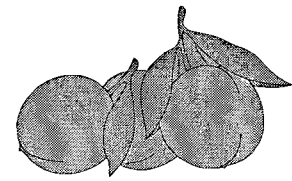
การทดลองที่ 3 การต่อวงจรแบบอนุกรม

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. อธิบายการทำงานของวงจรอนุกรมได้
2. บอกได้ว่าเมื่อต่อวงจรแบบอนุกรม ความสว่างของ LED ทั้งสองสว่างเท่ากัน

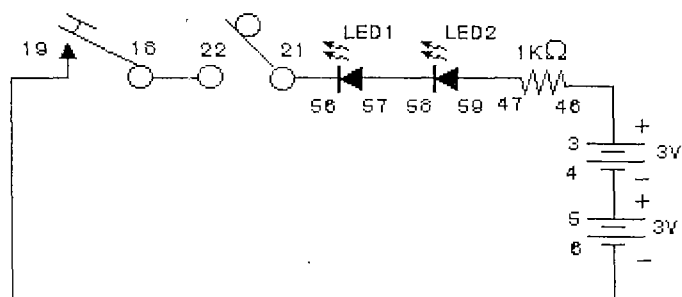


วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	2	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $1\text{ K}\Omega \frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
3. ถ่านไฟฉาย	4	ก้อน
4. สายไฟ	7	เส้น
5. สวิตช์แบบเลื่อน	1	ตัว
6. สวิตช์แบบกด (KEY)	1	ตัว

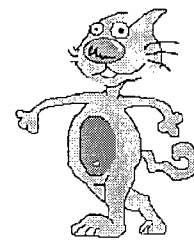
ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 21 (สวิตช์)
3. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 22 (สวิตช์) ไปยังตำแหน่งที่ 18 (ขาของสวิตช์ KEY)
4. จากนั้นต่อสายไฟจากตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 58 (ขาของ LED2)

5. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 59 (ขาของ LED2) ไปยังตำแหน่งที่ 47 (ขาของตัวต้านทานขนาด $1\text{ K}\Omega$)
6. จากนั้นต่อสายไฟจากตำแหน่งที่ 46 (ขาของตัวต้านทานขนาด $1\text{ K}\Omega$) ไปยังตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
7. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 6 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) ไปยังตำแหน่งที่ 19 (ขาของสวิตช์ KEY)
8. ต่อสายไฟจากตำแหน่งที่ 4 (ขั้วลบแบตเตอรี่) ไปยังตำแหน่งที่ 5 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
9. เลื่อนสวิตช์ลง พร้อมทั้งกด KEY สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในวงจร บันทึกผล
10. ทดลองต่อวงจรใหม่ โดยไม่เชื่อมต่อที่ตำแหน่ง 57 และ 58 สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผล



ผลการทดลอง

จากการทดลองเลื่อนสวิตช์ลง (วงจรปิด) พร้อมทั้งกด KEY ปรากฏว่า LED ทั้งสองตัวสว่าง แต่ไม่สว่างมากนัก LED ทั้งสองตัวจะมีแสงสลัวๆ แต่เมื่อไม่เชื่อมต่อสายไฟที่ตำแหน่ง 57 และ 58 ปรากฏว่า LED ทั้งสองตัวไม่สว่าง

สรุปผลจากการทดลอง

การต่อวงจรแบบอนุกรม เป็นการต่อขาของอุปกรณ์ตัวหนึ่งเข้ากับขาของอุปกรณ์อีกตัวหนึ่งอย่างต่อเนื่อง

สรุปผลการทดลอง เมื่อนำสวิตช์ 2 ตัว, LED 2 ตัว และตัวต้านทานต่อวงจรแบบอนุกรม กระแสไฟฟ้าจะเคลื่อนที่ผ่านอุปกรณ์ทุกตัวที่นำมาต่อกัน เมื่อเลื่อนสวิตช์ลงและกด KEY LED ทั้งสองตัวจะสว่าง กระแสไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ผ่าน LED มีค่าเท่ากัน (สังเกตจากความสว่าง)



แนวการตอบคำถาม

1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง

ตอบ ไดโอดเปล่งแสง (LED), ตัวต้านทาน ขนาด $1\text{ K}\Omega$, ถ่านไฟฉาย, สายไฟ, สวิตช์แบบเลื่อน, สวิตช์แบบกด (KEY)

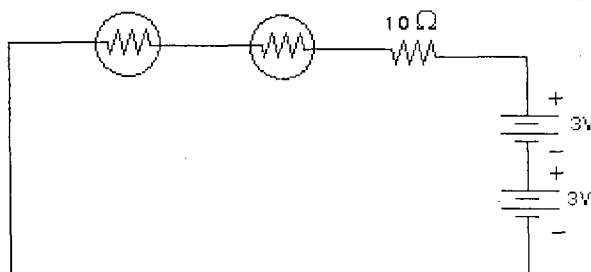
2. จากการทดลอง ถ้า LED1 ชำรุดใช้การไม่ได้ จะเกิดผลอย่างไร

ตอบ ทำให้วงจรเปิด กระแสอิเล็กตรอนไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ครบวงจร LED2 ก็จะไม่สว่างไปด้วย



3. จงเขียนวงจรการต่อหลอดไฟฟ้า 2 หลอด, ตัวต้านทานขนาด 10 โอห์ม เข้ากับถ่านไฟฉายขนาด 1.5 V 4 ก้อน แบบอนุกรม

ตอบ



4. จากการทดลอง นักเรียนคิดว่าความสว่างของ LED1 และ LED2 มีความสว่างเท่ากันหรือไม่

ตอบ LED1 และ LED2 มีความสว่างเท่ากัน

5. วงจรอนุกรมมีลักษณะการทำงานอย่างไร

ตอบ วงจรอนุกรม คือ วงจรที่ต่อจากอุปกรณ์ตัวหนึ่งเข้ากับขาของอุปกรณ์อีกตัวหนึ่งอย่างต่อเนื่อง ดังรูป



ในการต่อวงจรอนุกรมนี้ จะทำให้ความต้านทานรวมของวงจรสูงขึ้น โดยความต้านทานรวมเท่ากับผลรวมของความต้านทานของ LED1 บวกกับความต้านทานของ LED2 ทำให้กระแสอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านน้อยลง ความสว่างของ LED1 และ LED2 จะลดลง กระแสอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ผ่าน LED1 และ LED2 จะมีค่าเท่ากัน

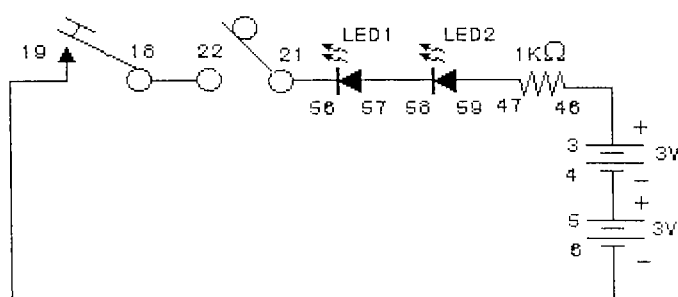
การต่อเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านไม่ควรต่อแบบอนุกรม เพราะเมื่อเปิดสวิตช์ เครื่องใช้ทุกเครื่องจะทำงานพร้อมกันหมด เมื่อเครื่องใช้ไฟฟ้าเครื่องใดเครื่องหนึ่งเสีย จะทำให้วงจรขาด เครื่องใช้เครื่องอื่นๆ ไม่สามารถทำงานได้

การต่อวงจรอนุกรมแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมจะไม่เท่ากัน แต่เมื่อนำแรงดันไฟฟ้าเหล่านั้นมารวมกันจะเท่ากับแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่าย

ความรู้เพิ่มเติม

การต่อวงจรแบบอนุกรมและแบบขนาน ถือเป็นพื้นฐานของการต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ในการทดลองนี้เป็นการเรียนรู้การต่อวงจรแบบอนุกรม ซึ่งการทดลองต่อไปนักเรียนจะได้เรียนรู้การต่อวงจรแบบขนาน

การต่อวงจรแบบอนุกรมในการทดลองนี้เป็นการนำสวิตช์, LED 2 ตัว และตัวต้านทานมาต่อเรียงกัน โดยให้ปลายของ LED ทั้งสองตัวต่อกันไปเรื่อยๆ ตามลำดับ



เมื่อต่อวงจรตามรูป เลื่อนสวิตช์ลง (วงจรปิด) และกด KEY LED ทั้งสองตัวจะสว่าง เมื่อตรวจสอบวงจรจะสังเกตเห็นว่า กระแสอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านสวิตช์ ผ่าน KEY ผ่าน LED ทั้งสองตัวและผ่านตัวต้านทานมายังขั้วของแบตเตอรี่เรียกการต่อวงจรแบบนี้ว่า "การต่อวงจรแบบอนุกรม"

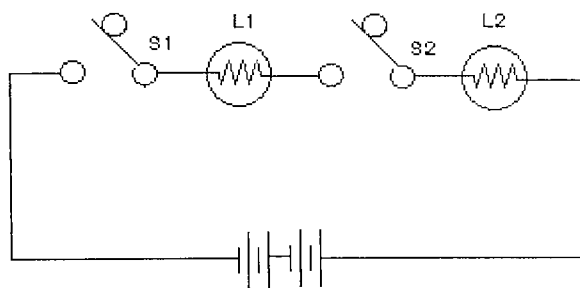
การต่อวงจรอนุกรม จะทำให้ความต้านทานรวมของวงจรสูงขึ้น โดยเกิดจากบวกค่าความต้านทานของ LED1 และ LED2 ทำให้กระแสอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านน้อยลง ดังนั้นความสว่างของ LED1 และ LED2 จะลดลง กระแสอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ผ่าน LED1 และ LED2 จะมีค่าเท่ากัน

ถ้าไม่ต่อสายไฟในวงจรแบบอนุกรมให้ครบ วงจรนั้นก็ทำงาน

นักเรียนควรรู้จักอุปกรณ์ที่ใช้วัดกระแส เรียกว่า Amperes หรือเรียกสั้นๆ ว่า Amp. ในวงจรอนุกรม จำนวนของกระแสอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ผ่านทุกส่วนประกอบจะมีค่าเท่ากัน



การต่อหลอดไฟฟ้าแบบอนุกรม



1. ถ้าใส่หลอด L1 หรือ L2 ขาด จะไม่ครบวงจร หลอดไฟที่เหลือจะดับ
2. หลอดไฟ L1 และ L2 สว่างไม่เท่ากัน

เนื่องจากเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านแต่ละชนิดมีความต้านทานต่างกัน ต้องการกระแสไฟฟ้าจำนวนไม่เท่ากัน เพื่อที่จะทำงานได้ จึงไม่ควรต่อเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านแบบอนุกรม เพราะเมื่อเปิดสวิตช์แล้วเครื่องใช้ไฟฟ้าทุกเครื่องจะต้องทำงานพร้อมกันหมด เมื่อเครื่องใช้ไฟฟ้าเครื่องใดเครื่องหนึ่งเสียไป วงจรจะขาดและทำให้เครื่องใช้ไฟฟ้าเครื่องอื่นๆ ทำงานไม่ได้ด้วย

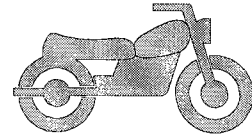
การทดลองที่ 4 การต่อวงจรแบบขนาน

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. อธิบายการทำงานของวงจรแบบขนานได้
2. เปรียบเทียบการทำงานของวงจรแบบขนานกับอนุกรมได้

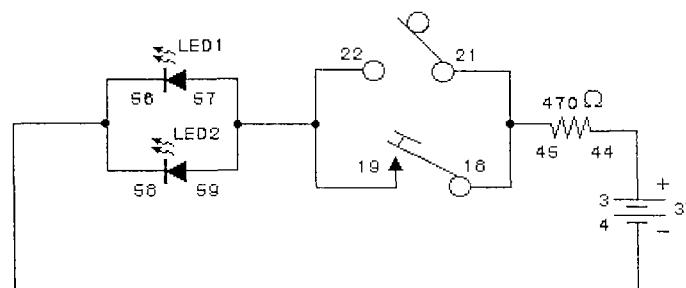


วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	2	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $470\ \Omega\ \frac{1}{4}\ W$	1	ตัว
3. ถ่านไฟฉาย	2	ก้อน
4. สายไฟ	7	เส้น
5. สวิตช์แบบเลื่อน	1	ตัว
6. สวิตช์แบบกด (KEY)	1	ตัว

ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 58 (ขาของ LED2) จากนั้นต่อจากตำแหน่งที่ 58 (ขาของ LED2) ไปยังตำแหน่ง 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่)

3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 59 (ขาของ LED2) จากตำแหน่งที่ 59 ต่อวงจรไปยังตำแหน่งที่ 19 (ขาของสวิตช์ KEY) แล้วต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 19 ไปยังตำแหน่งที่ 22 (สวิตช์)

4. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 21 (สวิตช์) ไปยังตำแหน่งที่ 18 (ขาของสวิตช์ KEY) แล้วจากตำแหน่งที่ 18 ต่อวงจรไปตำแหน่งที่ 45 (ขาของตัวต้านทานขนาด 470 Ω)
5. จากนั้นต่อสายไฟจากตำแหน่งที่ 44 (ขาของตัวต้านทานขนาด 470 Ω) ไปยังตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
6. เลื่อนสวิตช์ลง สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล
7. กดสวิตช์ KEY ลง สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในวงจร บันทึกผล
8. ทดลองต่อวงจรใหม่ โดยไม่เชื่อมต่อกับตำแหน่ง LED1 สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผล

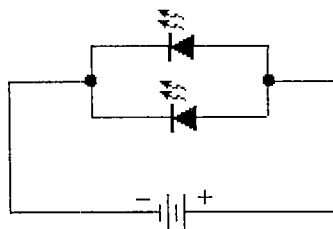
ผลการทดลอง

เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้วเลื่อนสวิตช์ลง (ปิดวงจร) LED ทั้งสองตัวจะสว่าง เลื่อนสวิตช์ขึ้น (เปิดวงจร) จากนั้นกดสวิตช์ KEY ลง LED ทั้งสองก็จะสว่างเช่นกัน

ทดลองต่อวงจรโดยไม่เชื่อมต่อกับตำแหน่งของ LED1 แล้วเลื่อนสวิตช์ลง ปรากฏว่า LED1 ไม่สว่าง แต่ LED2 ยังคงสว่าง

สรุปผลจากการทดลอง

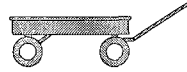
การต่อวงจรแบบขนาน เป็นการนำเอาหลอดไฟหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ 2 ชนิดหรือมากกว่านั้น มาต่อขนานกัน ดังรูป



ซึ่งกระแสไฟฟ้าสามารถเคลื่อนที่ผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดใดชนิดหนึ่งได้ โดยอิสระซึ่งจะไม่มีผลใดๆ ต่อเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ เลย ถ้าต้องการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดใดก็เปิดสวิตช์ใช้เฉพาะเครื่องใช้ชนิดนั้นๆ ได้

เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านจะต่อกันแบบขนาน เพราะเมื่อต้องการใช้เครื่องใช้ชนิดใดก็สามารถเปิดสวิตช์ใช้เฉพาะเครื่องนั้นๆ

แนวการตอบคำถาม



1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง

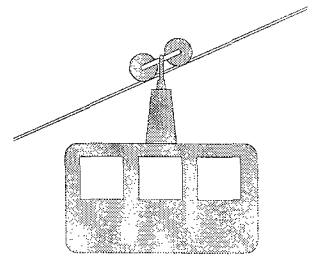
ตอบ ไดโอดเปล่งแสง (LED), ตัวต้านทาน ขนาด 470 Ω , ถ่านไฟฉาย, สายไฟ, สวิตช์แบบเลื่อน และสวิตช์แบบกด (KEY)

2. เมื่อต่อวงจรตามการทดลอง เกิดอะไรขึ้นกับ LED1 และ LED2

ตอบ LED1 และ LED2 จะสว่าง

3. ถ้า LED1 เสีย LED2 จะเป็นอย่างไร

ตอบ LED2 ก็ยังคงทำงานตามปกติ เพราะมีกระแสอิเล็กทรอนิกส์ไหลครบวงจรของ LED2



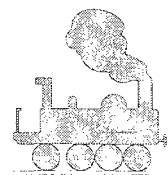
4. เปรียบเทียบความสว่างของ LED ในวงจร เมื่อต่อวงจรแบบอนุกรมและแบบขนาน

ตอบ ความสว่างของ LED เมื่อต่อวงจรแบบอนุกรมจะสว่างน้อยกว่าการต่อวงจรแบบขนาน

5. วงจรขนานมีลักษณะการทำงานอย่างไร

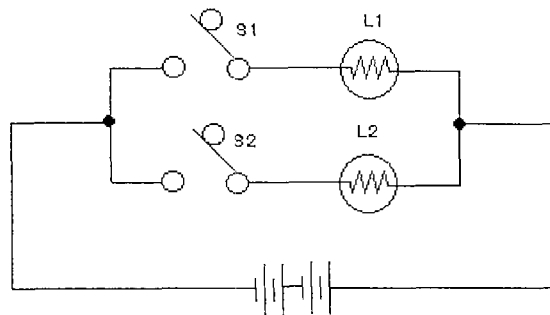
ตอบ ในวงจรขนาน จำนวนของกระแสอิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่แยกผ่านอุปกรณ์แต่ละตัวไม่เท่ากัน เพราะกระแสอิเล็กทรอนิกส์ถูกต้านทานไว้แตกต่างกัน การทำงานของหลอดไฟฟ้า 2 หลอด เมื่อต่อวงจรแบบขนาน ให้หลอดที่ 1 เป็น L1 หลอดที่ 2 เป็น L2 ถ้าใส่หลอด L1 ขาด หลอด L2 ยังคงมีกระแสไหลครบวงจร จึงสว่าง หรือถ้าหลอด L2 ขาด หลอด L1 ยังคงสว่างเช่นกัน หลอด L1 และ L2 สว่างเท่ากัน

เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านจะต่อกันแบบขนาน เพราะเมื่อต้องการใช้เครื่องใช้ชนิดใดก็สามารถเปิดสวิตช์ใช้เฉพาะเครื่องนั้นๆ



ความรู้เพิ่มเติม

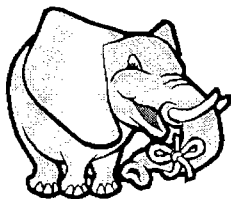
การต่อเครื่องใช้ไฟฟ้าแบบขนาน



1. ถ้าไส้หลอด L1 ขาด หลอด L2 ยังคงมีกระแสไหลครบวงจร จึงยังคงสว่างอยู่ หรือถ้าหลอด L2 ขาด หลอด L1 ยังคงสว่างเช่นกัน
2. หลอด L1 และ L2 สว่างเท่ากัน (ถ้า L1 และ L2 หลอดชนิดเดียวกัน และขนาดเดียวกัน)

การต่อหลอดไฟฟ้าหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าควรต่อแบบขนาน เนื่องจากมีข้อดี ดังนี้

1. เครื่องใช้แต่ละอย่างได้รับความต่างศักย์เท่ากันทั้งหมด ตามที่กำหนดไว้ที่เครื่องใช้ไฟฟ้า
2. สามารถปิด - เปิดสวิตช์เฉพาะเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดนั้น
3. ความต้านทานรวมในวงจรน้อย กระแสอิเล็กตรอนที่ไหลผ่านในวงจรจึงมีมาก



คิดว่าวงผมจะเหมือนสายไฟหรือปลั๊กรับคุณหนู ๆ

การทดลองที่ 5 มารู้จักกับตัวต้านทาน

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. อธิบายการทำงานของตัวต้านทาน เมื่อนำมาต่อแบบอนุกรมได้
2. อ่านค่าแถบสีบนตัวต้านทานได้

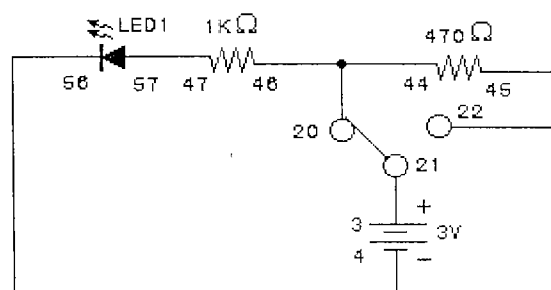


วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $470\ \Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
3. ตัวต้านทาน ขนาด $1\text{ K}\Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
4. ถ่านไฟฉาย	2	ก้อน
5. สายไฟ	6	เส้น
6. สวิตช์แบบเลื่อน	1	ตัว

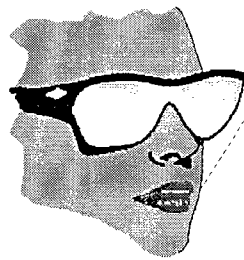
ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 47 (ขาของตัวต้านทานขนาด $1\text{ K}\Omega$)
3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 46 (ขาของตัวต้านทานขนาด $1\text{ K}\Omega$) ไปยังตำแหน่งที่ 44 (ขาของตัวต้านทานขนาด $470\ \Omega$) และต่อสายไฟไปที่ตำแหน่ง 20 (ขาของสวิตช์)

4. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 45 (ขาของตัวต้านทานขนาด $470\ \Omega$) ไปยังตำแหน่งที่ 22 (สวิตช์)
5. จากนั้นต่อสายไฟจากตำแหน่งที่ 21 (สวิตช์) ไปยังตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
6. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) ไปยังตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1)
7. เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว บันทึกผล
8. เลื่อนสวิตช์ลง สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผล



ตัวต้านทานทำงานอย่างไร ?

ผลการทดลอง

เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว ปรากฏว่า LED1 จะสว่าง แต่เมื่อเลื่อนสวิตช์ลง LED1 ก็สลับลง (อาจไม่สว่าง) เพราะเมื่อเลื่อนสวิตช์ลงค่าความต้านทานจะเพิ่มมากขึ้น ในวงจรนี้มีตัวต้านทาน 2 ตัว คือ ตัวต้านทานขนาด $1\ \text{กิโลโอห์ม}$ และตัวต้านทานขนาด $470\ \text{โอห์ม}$



สรุปผลจากการทดลอง



ตัวต้านทาน (Resistors) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีคุณสมบัติในการต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้าในส่วนต่างๆ ของวงจร ตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทานมากจะยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้น้อย ส่วนตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทานน้อยจะยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้มาก

การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม เป็นการนำปลายข้างหนึ่งของตัวต้านทานมาต่อเรียงกันจากปลายข้างหนึ่งไปยังปลายอีกข้างหนึ่ง แล้วนำไปเรียงต่อกับ LED1 และแบตเตอรี่ตามลำดับ เมื่อในวงจรมีค่าความต้านทานเพิ่มขึ้น กระแสไฟฟ้าไหลได้น้อยลง ความสว่างของ LED1 ก็จะลดลง

แนวการตอบคำถาม

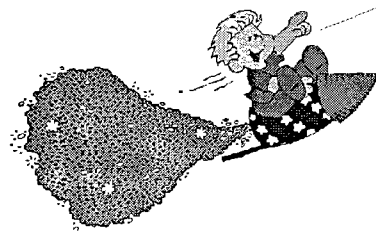


1. อุปกรณ์ในการทดลองนี้มีอะไรบ้าง

ตอบ ไดโอดเปล่งแสง (LED), ตัวต้านทานขนาด $470\ \Omega$ และ $1\ K\Omega$, ถ่านไฟฉาย, สายไฟ และสวิตช์แบบเลื่อน

2. ตัวต้านทานเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทำหน้าที่อะไร

ตอบ ด้านการไหลของกระแสอิเล็กตรอน จึงนำไปใช้ควบคุมกระแสไฟฟ้าในวงจร ให้ค่าตามต้องการ



อนาคตขึ้นอยู่กับการเรียนรู้

3. จงบอกผลที่ได้จากการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม

ตอบ ผลที่ได้จากการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม

1. กระแสอิเล็กตรอนที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว มีค่าเท่ากัน
2. ความต่างศักย์ระหว่างปลายทั้งสองของตัวต้านทานแต่ละตัวมีค่าไม่เท่ากัน
3. ความต่างศักย์ที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว ถ้ารวมกันจะเท่ากับของแบตเตอรี่
4. ถ้าความต้านทานตัวใดตัวหนึ่งขาด จะทำให้ไม่มีกระแสอิเล็กตรอนไหลในวงจร
5. ความต้านทานรวมเท่ากับผลบวกของความต้านทานย่อยทำให้ความต้านทานรวมมีค่ามากขึ้น

4. จากการทดลองเมื่อเลื่อนสวิตช์ลง ค่าความต้านทานรวมในวงจรมีค่าเท่าใด

ตอบ $R1 + R2 = 1,000 + 470 = 1,470$ โอห์ม



5. จงอธิบายการทำงานของตัวต้านทาน เมื่อนำมาต่อแบบอนุกรม

ตอบ การทำงานของตัวต้านทานที่นำมาต่อวงจรแบบอนุกรม

เมื่อ $R1 = 1$ กิโลโอห์ม และ $R2 = 470$ โอห์ม

นำมาต่อวงจรแบบอนุกรม ความต้านทานรวมของวงจรจะเท่ากับ

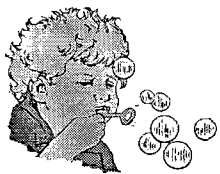
$$R1 + R2 = 1,000 + 470 = 1,470 \text{ โอห์ม}$$

ซึ่งจะทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรลดน้อยลง ความสว่างของ LED ก็ลดลงด้วย
ทดลองเปลี่ยนค่าความต้านทาน ซึ่งถ้าค่าความต้านทานในวงจรสูงมากเท่าใด LED ก็จะสว่าง
น้อยลงไปตามค่าความต้านทาน



อย่าเคร่งเครียดมากนักคะ ...

ความรู้เพิ่มเติม



ตัวต้านทาน เป็นอุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติในการต้านทานการไหลของ
กระแสไฟฟ้าในวงจร ตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทานมากจะยอมให้กระแส
ไฟฟ้าไหลผ่านได้น้อย ส่วนตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทานน้อยก็จะยอมให้

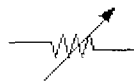
กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้มาก ตัวต้านทานมี 2 ชนิด คือ

1. ตัวต้านทานค่าคงที่ เป็นตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทานต่อการไหลของกระแสไฟฟ้าคง
ที่ มีสัญลักษณ์ดังนี้



สามารถอ่านค่าความต้านทานได้จากแถบสีที่คาดรอบตัวต้านทาน ซึ่งมีหน่วยวัดเป็นโอห์ม
(ohm สัญลักษณ์แทนด้วย Ω อ่านว่า โอเมก้า)

2. ตัวต้านทานปรับค่าได้ เป็นตัวต้านทานอีกชนิดหนึ่งที่เวลาใช้ สามารถเปลี่ยนค่าได้ด้วยการ
หมุนหรือเลื่อนปุ่มปรับค่าเพื่อเพิ่มหรือลดค่าความต้านทานที่ต้องการ ใช้สัญลักษณ์ดังนี้



กระแสไฟฟ้ากับความต้านทาน

ความต้านทานไฟฟ้า หมายถึง สมบัติของตัวนำไฟฟ้าที่จะให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้มากน้อยต่างกัน มีหน่วยเป็นโอห์ม (ohm) สัญลักษณ์แทนด้วย Ω

ความต้านทาน 1 โอห์ม คือ ความต้านทานของตัวนำ ซึ่งเมื่อต่อปลายทั้งสองของตัวนำเข้ากับ ความต่างศักย์ 1 โวลต์ และมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำนั้น 1 แอมแปร์

ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวดตัวนำจะไหลผ่านได้มากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับความต้านทานของลวดตัวนำ ถ้าลวดตัวนำมีความต้านทานน้อย กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้มาก แต่ถ้าลวดตัวนำมีความต้านทานมาก กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านได้น้อย



อ่านหนังสือมาก .. ก็มีความรู้มาก



ความต้านทานของลวดตัวนำขึ้นอยู่กับ

1. ชนิดของโลหะที่ใช้ทำลวดตัวนำ เงินมีความต้านทานน้อยที่สุด กระแสไฟฟ้าจึงไหลผ่านได้มากที่สุด
2. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลวดตัวนำ ลวดตัวนำที่มีขนาดใหญ่จะมีค่าความต้านทานต่ำกว่าลวดตัวนำขนาดเล็ก
3. ความยาวของลวดตัวนำ ลวดตัวนำที่ยาวกว่าจะมีความต้านทานมากกว่า
4. อุณหภูมิ ลวดตัวนำทั่วไป อุณหภูมิยิ่งสูง ความต้านทานยิ่งจะสูงมากขึ้น ยกเว้นคาร์บอนและ ซิลิคอน ที่อุณหภูมิยิ่งสูง ความต้านทานจะยิ่งลดต่ำลง



รู้จักตัวต้านทานกับหรือยังคะ

ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ กระแสไฟฟ้า และความต้านทาน

กฎของโอห์ม กล่าวว่า “ถ้าอุณหภูมิของตัวนำมีค่าคงที่ อัตราส่วนระหว่างความต่างศักย์ที่ปลายทั้ง 2 ของตัวนำ และกระแสไฟฟ้าที่ไหลในตัวนำนั้นย่อมมีค่าคงที่”

กำหนดให้

V	=	ความต่างศักย์	มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)
I	=	กระแสไฟฟ้า	มีหน่วยเป็นแอมแปร์ (A)
R	=	ความต้านทาน	มีหน่วยเป็นโอห์ม (Ω)

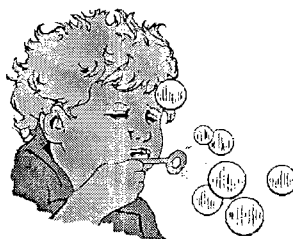
จะได้

$$\frac{V}{I} = R$$

หรือ

$$I = \frac{E}{R}$$

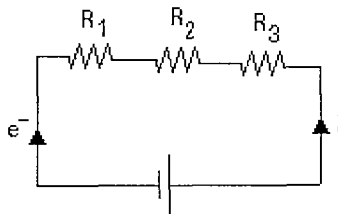
ถ้าตัวต้านทานในวงจรมีค่าสูงขึ้น กระแสจะไหลได้น้อยลง และถ้าตัวต้านทานลดลง กระแสจะมีค่าสูงขึ้น



การต่อความต้านทาน แบ่งเป็น 3 แบบ ดังนี้



1. การต่อแบบอนุกรม เป็นการต่อตัวต้านทานเรียงกันไปเรื่อยๆ เป็นสายเดียว ดังรูป



ผลที่ได้จากการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม

1. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว มีค่าเท่ากัน
2. ความต่างศักย์ระหว่างปลายทั้งสองของตัวต้านทานแต่ละตัวมีค่าไม่เท่ากัน
3. ความต่างศักย์ที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว ถ้ารวมกันจะเท่ากับ

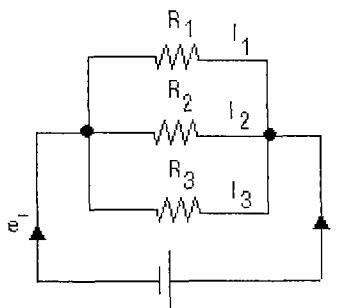
ของแบตเตอรี่

4. ถ้าความต้านทานตัวใดตัวหนึ่งขาด จะทำให้ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร
5. ความต้านทานรวมเท่ากับผลบวกของความต้านทานย่อย ทำให้ความต้านทานรวมมีค่ามากขึ้น

$$R_{\text{รวม}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$



2. การต่อแบบขนาน เป็นการต่อตัวต้านทานแบบคร่อมขั้วกัน ดังรูป



ผลที่ได้จากการต่อตัวต้านทานแบบขนาน

1. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว จะมีค่าไม่เท่ากัน ถ้าความต้านทานแต่ละตัวมีค่าไม่เท่ากัน แต่กระแสไฟฟารวมเท่ากับผลบวกของกระแสไฟฟ้าย่อย

$$I_{\text{รวม}} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

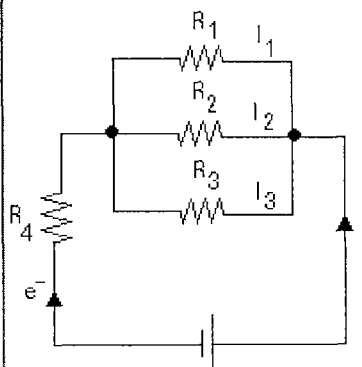
2. ความต่างศักย์ระหว่างขั้วทั้งสองของความต้านทานจะเท่ากัน และเท่ากับความต่างศักย์ของแบตเตอรี่

$$V_{\text{รวม}} = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$



3. ถ้าความต้านทานตัวใดตัวใดตัวหนึ่งขาด จะไม่มีกระแสไหลเฉพาะวงจรของความต้านทานที่ขาดเท่านั้น ไม่มีผลกระทบต่อวงจรอื่น ความต้านทานตัวอื่นยังคงมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเช่นเดิม
4. ความต้านทานรวมมีค่าน้อยลง และน้อยกว่าความต้านทานย่อยที่มีค่าน้อยที่สุด

$$\frac{1}{R_{\text{รวม}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$



3. การต่อแบบผสม เป็นการต่อความต้านทานที่มีทั้งการต่อแบบอนุกรมและการต่อแบบขนานรวมกันอยู่ในวงจรเดียวกัน การคำนวณหาค่าความต้านทานรวม จะต้องหาความต้านทานแบบขนานก่อนแล้ว จึงนำค่าความต้านทานที่ได้มาบวกกับความต้านทานย่อยตัวอื่นๆ ที่ต่อแบบอนุกรม



อยากเรียนให้เก่งๆ ครับ

การทดลองที่ 6 การต่อตัวต้านทานแบบขนาน

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

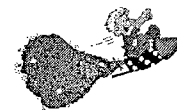
1. อธิบายการทำงานของตัวต้านทาน เมื่อนำมาต่อวงจรแบบขนานได้
2. บอกได้ว่าเมื่อต่อตัวต้านทานแบบขนาน ค่าความต้านทานรวมของวงจรมีค่าน้อยกว่าค่าความต้านทานของตัวต้านทานที่มีค่าน้อยที่สุด



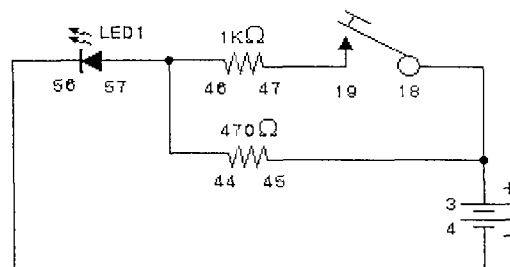
วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $470\ \Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
3. ตัวต้านทาน ขนาด $1\text{ K}\Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
4. ถ่านไฟฉาย	2	ก้อน
5. สายไฟ	6	เส้น

ขั้นตอนการทดลอง



1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 46 (ขาของตัวต้านทานขนาด 1 กิโลโอห์ม) แล้วต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 46 ไปยังตำแหน่งที่ 44 (ขาของตัวต้านทานขนาด 470 โอห์ม)
3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 47 (ขาของตัวต้านทานขนาด 1 กิโลโอห์ม) ไปที่ตำแหน่ง 19 (ขาของสวิตช์ KEY)

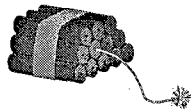
4. ต่อดำเนินการจากตำแหน่งที่ 45 (ขาของตัวต้านทานขนาด 470 โอห์ม) ไปยังตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่) จากนั้นต่อสายไฟจากขั้วบวกของแบตเตอรี่ที่ตำแหน่ง 3 ไปยังตำแหน่งที่ 18 (สวิตช์ KEY)

5. ต่อดำเนินการจากตำแหน่งที่ 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) ไปยังตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1)

6. สังเกตการเปลี่ยนแปลง บนที่กผล

7. กดสวิตช์ KEY ลง ไล่วงจรดูทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสอิเล็กตรอน บนที่กผล

ผลการทดลอง



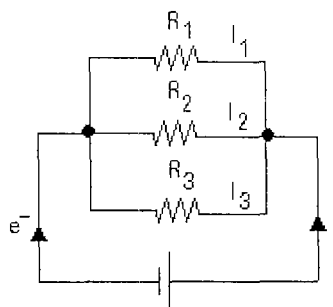
เมื่อต่องจรเรียบร้อยแล้ว ปรากฏว่ามีกระแสอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่าน LED1, ตัวต้านทาน แล้วกลับมายังแบตเตอรี่ ทำให้ LED1 สว่าง

ถ้ากดสวิตช์ KEY ลง เมื่อตรวจจวงจรดูพบว่า กระแสอิเล็กตรอนแยกออกเป็น 2 ส่วน เมื่อเคลื่อนที่ผ่าน LED1 ส่วนที่ 1 เคลื่อนที่ผ่านตัวต้านทานขนาด 470 โอห์ม และส่วนที่ 2 จะเคลื่อนที่ผ่านตัวต้านทานขนาด 1 กิโลโอห์ม ทำให้ LED1 สว่างเช่นกัน แต่จะมีความสว่างมากกว่าขณะที่ยังไม่ได้กดสวิตช์ KEY

สรุปผลการทดลอง



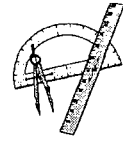
การต่อตัวต้านทานแบบขนาน เป็นการนำปลายของตัวต้านทานมาต่อแบบคร่อมขั้วกัน ดังรูป



จากการทดลองเมื่อต่อตัวต้านทานแบบขนาน จะให้ความต้านทานในวงจรที่ต่อแบบขนานมีค่าน้อยกว่าค่าความต้านทานที่มีค่าน้อยที่สุด



แนวการตอบคำถาม

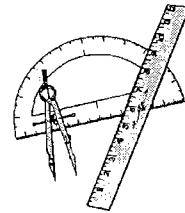


1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง

ตอบ ไดโอดเปล่งแสง (LED), ตัวต้านทาน ขนาด $470\ \Omega$, ตัวต้านทาน ขนาด $1\ \text{K}\Omega$, ถ่านไฟฉาย, สายไฟ, สวิตช์แบบกด (KEY)

2. จากการทดลอง เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว จงอธิบายทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้าในวงจร

ตอบ เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว กระแสไฟฟ้าจะเคลื่อนที่จากขั้วลบของแบตเตอรี่ไปยัง LED1 แล้วเคลื่อนที่ผ่านตัวต้านทานขนาด $470\ \Omega$ กลับมายังขั้วบวกของแบตเตอรี่ ทำให้ LED1 สว่าง

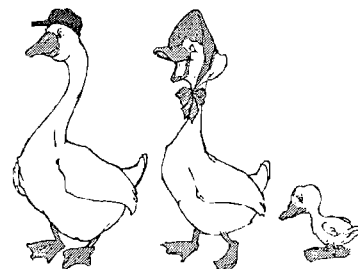


3. เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว กด KEY จงอธิบายทิศทางการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้าในวงจร

ตอบ ถ้ากดสวิตช์ KEY ลง ไฟจะจุด จะพบว่า กระแสไฟฟ้าแยกออกเป็น 2 ส่วน เมื่อเคลื่อนที่ผ่านหลอด LED1 ส่วนที่ 1 เคลื่อนที่ผ่านตัวต้านทานขนาด $470\ \Omega$ และส่วนที่ 2 จะเคลื่อนที่ผ่าน ตัวต้านทานขนาด $1\ \text{k}\Omega$ ทำให้หลอด LED1 สว่างเช่นกัน แต่จะมีความสว่างมากกว่าขณะที่ยังไม่ได้กดสวิตช์ KEY

4. ในวงจรนี้ เมื่อกดสวิตช์ KEY ค่าความต้านทานรวมในวงจรมีค่าเท่าใด

ตอบ $319.72\ \Omega$



5. จงอธิบายการทำงานของตัวต้านทาน เมื่อนำมาต่อแบบขนาน

ตอบ เมื่อต่อตัวต้านทานแบบขนาน

1. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว จะมีค่าไม่เท่ากัน ถ้าความต้านทานแต่ละตัวมีค่าไม่เท่ากัน แต่กระแสไฟฟ้ารวมเท่ากับผลบวกของกระแสไฟฟ้าย่อย
2. ความต่างศักย์ระหว่างขั้วทั้งสองของความต้านทานจะเท่ากัน และเท่ากับความต่างศักย์รวม
3. ถ้าความต้านทานตัวใดตัวใดตัวหนึ่งขาด จะไม่มีกระแสไหลเฉพาะวงจรของความต้านทานที่ขาดเท่านั้น ไม่มีผลกระทบท่อวงจรอื่น ความต้านทานตัวอื่นยังคงมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน
4. ความต้านทานรวมมีค่าน้อยลง และน้อยกว่าความต้านทานย่อยที่มีค่าน้อยที่สุด



ความรู้เพิ่มเติม

เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว LED1 จะสว่าง ในวงจรนี้ใช้สวิตช์ KEY เป็นอุปกรณ์ในการเปลี่ยนจำนวนของความต้านทานในวงจร

ใลวงจรในขณะที่ยังไม่ได้กดสวิตช์ KEY กระแสอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมดจะไหลไปที่ตัวต้านทาน 470 โอห์ม และเมื่อกดสวิตช์ KEY ลง จะทำให้ตัวต้านทานขนาด 470 โอห์ม ขนานกับตัวต้านทานขนาด 1 กิโลโอห์ม ความต้านทานรวมลดลง กระแสจึงไหลได้มากขึ้น LED1 ก็สว่างมากขึ้น

เมื่อกดสวิตช์ KEY ลง ตัวต้านทานในวงจรจะต่อกันแบบขนาน ซึ่งทำให้ตัวต้านทานในวงจรที่ต่อแบบขนานมีค่าน้อยกว่าค่าตัวต้านทานที่มีค่าน้อยที่สุด



การทดลองที่ 7 วงจรปรับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. อธิบายการทำงานของวงจร เมื่อเปลี่ยนแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้
2. บอกค่าของกระแสที่เคลื่อนที่ในวงจรได้

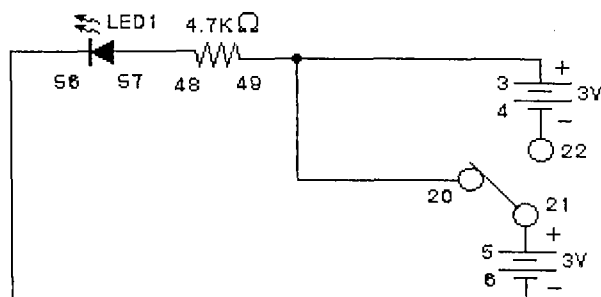


วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $4.7 \text{ K}\Omega \frac{1}{4} \text{ W}$	1	ตัว
3. ถ่านไฟฉาย	4	ก้อน
4. สายไฟ	6	เส้น
5. สวิตช์แบบเลื่อน	1	ตัว

ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 48 (ขาของตัวต้านทานขนาด $4.7 \text{ K}\Omega$)

3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 49 (ขาของตัวต้านทานขนาด $4.7 \text{ K}\Omega$) ไปยังตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่) แล้วต่อจากขั้วบวกของแบตเตอรี่ไปยังตำแหน่งที่ 20 (สวิตช์)

4. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) ไปยังตำแหน่งที่ 22 (ขาของสวิตช์)
5. จากนั้นต่อสายไฟจากตำแหน่งที่ 21 (ขาของสวิตช์) ไปยังตำแหน่งที่ 5 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
6. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 6 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) ไปยังตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1)
7. สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผล
8. เลื่อนสวิตช์ลง สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล



ผลการทดลอง



เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว ปรากฏว่า LED1 สว่าง แต่เมื่อเลื่อนสวิตช์ลง LED1 จะสว่างมากขึ้น

สรุปผลจากการทดลอง

การเพิ่มจำนวนกระแส โดยเปลี่ยนแรงเคลื่อนไฟฟ้า ซึ่งถ้า Voltage ต่ำ กระแสอิเล็กตรอนที่ไหลในวงจรจะน้อยกว่า Voltage สูง

จากการทดลอง เมื่อเลื่อนสวิตช์ขึ้น จะมีแบตเตอรี่ทำงานเพียงชุดเดียว ซึ่งมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเพียง 3 Volt แต่ถ้าเอาสวิตช์ลงจะมีแบตเตอรี่ 4 ก้อน ทำให้มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าถึง 6 Volt มีกระแสอิเล็กตรอนไหลมากขึ้นในวงจร ทำให้ LED1 สว่างมากขึ้น



แนวการตอบคำถาม



1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง

ตอบ ไดโอดเปล่งแสง (LED), ตัวต้านทาน ขนาด 4.7 กิโลโอห์ม, ถ่านไฟฉาย, สายไฟ และสวิตช์แบบเลื่อน

2. จงอธิบายการทำงานของกระแสไฟฟ้าเมื่อเลื่อนสวิตช์ขึ้น

ตอบ เมื่อเลื่อนสวิตช์ขึ้นจะมีแบตเตอรี่เพียงชุดเดียวในวงจร (ถ่านไฟฉาย 2 ก้อน) กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรมีค่าน้อย LED1 มีเพียงแสงสว่างสลัวๆ

3. จงอธิบายการทำงานของกระแสไฟฟ้าเมื่อเลื่อนสวิตช์ลง

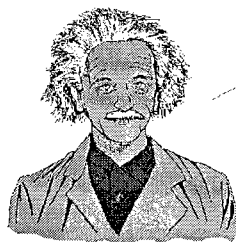
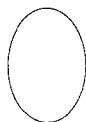
ตอบ เมื่อเลื่อนสวิตช์ลง จะมีแบตเตอรี่ 4 ก้อนในวงจร กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรมีค่ามากขึ้น LED1 จึงสว่างมากขึ้น

4. จงหาค่าของกระแสในวงจร เมื่อเลื่อนสวิตช์ขึ้น โดยใช้กฎของโอห์ม กำหนดให้ค่าความต่างศักย์ในวงจร มีค่าเท่ากับ 1.5 โวลต์

ตอบ 0.0003191 แอมแปร์

5. จงหาค่าของกระแสในวงจร เมื่อเลื่อนสวิตช์ลง โดยใช้กฎของโอห์ม กำหนดให้ค่าความต่างศักย์ในวงจร มีค่าเท่ากับ 4.5 โวลต์

ตอบ 0.0009574 แอมแปร์



การทดสอบผ่านแน่นอน ...

ความรู้เพิ่มเติม

แบตเตอรี่ตัวแรก

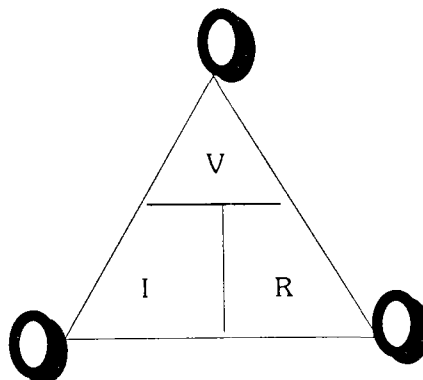


ในปี ค.ศ. 1800 อเลสซานโดร โวลตา (Alessandro Volta) นักวิทยาศาสตร์ชาวอิตาลี ได้ประดิษฐ์แบตเตอรี่ขึ้นเป็นครั้งแรก โดยใช้โลหะต่างกัน 2 ชนิด และกรดบางอย่าง เขาแสดงให้เห็นว่าเราสามารถทำให้กระแสไฟฟ้าไหลและควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าด้วยตนเอง เขาได้รับการยกย่องให้นำชื่อมาเป็นหน่วยวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าหรือแรงเคลื่อนไฟฟ้า คือ **โวลต์ (Volt)**

แบตเตอรี่ (battery) คือ แหล่งจ่ายไฟ ซึ่งประกอบไปด้วย 2 ขั้ว ขั้วหนึ่งมีประจุไฟฟ้าบวก (positive charge) และอีกขั้วหนึ่งมีประจุไฟฟ้าลบ (negative charge) อิเล็กตรอนมีประจุไฟฟ้าเช่นกัน เมื่อต่อสายไฟทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนตัวไปตามสายไฟและเกิดเป็นกระแสไฟฟ้า พลังงานจากแบตเตอรี่ซึ่งทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ได้เรียกว่า **“แรงเคลื่อนไฟฟ้า”** (electro - motive force หรือ e.m.f.) หรือ แรงดันไฟฟ้า (Voltage) หน่วยที่ใช้วัดคือ **โวลต์ (Volt)**

กฎของโอห์ม

“ถ้าอุณหภูมิของตัวนำมีค่าคงที่แล้ว อัตราส่วนระหว่างความต่างศักย์ ที่ปลายทั้งสองของตัวนำ และกระแสไฟฟ้าที่ไหลในตัวนำนั้นย่อมมีค่าคงที่”



การทดลองที่ 8 สนุกกับการทำวงจรหรีไฟ
เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. เปลี่ยนค่าความต้านทานในวงจร โดยใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้
2. บอกได้ว่าตัวต้านทานที่ต่อในวงจรเป็นแบบอนุกรม

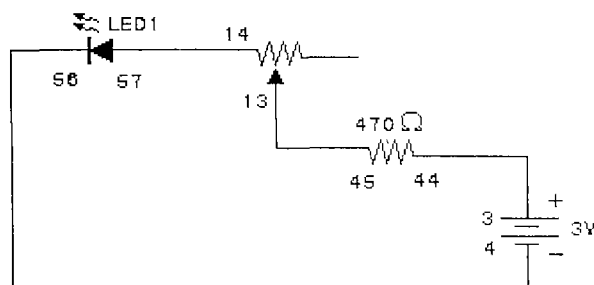


วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $470\ \Omega\ \frac{1}{4}\ W$	1	ตัว
3. ถ่านไฟฉาย	2	ก้อน
4. สายไฟ	4	เส้น
5. ตัวต้านทานปรับค่าได้ (VARIABLE RESISTOR)	1	ตัว

ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 14 (ขาของตัวต้านทานปรับค่าได้)
3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 13 (ขาของตัวต้านทานปรับค่าได้) ไปยังตำแหน่งที่ 45 (ขาของตัวต้านทาน $470\ \Omega$)

4. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 44 (ขาของตัวต้านทาน 470 โอห์ม) ไปยังตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
5. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) ไปยังตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1)
6. ปรับปุ่มควบคุมของตัวต้านทานปรับค่าได้ทวนเข็มนาฬิกา สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล
7. ปรับปุ่มควบคุมของตัวต้านทานปรับค่าได้ตามเข็มนาฬิกา สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล

ผลการทดลอง



เมื่อปรับปุ่มควบคุมของตัวต้านทานปรับค่าได้ทวนเข็มนาฬิกา LED1 จะสว่างมาก แต่ถ้าปรับปุ่มควบคุมของตัวต้านทานปรับค่าได้ตามเข็มนาฬิกา LED1 จะมีแสงสว่างสลัวๆ

สรุปผลจากการทดลอง

ตัวต้านทานปรับค่าได้ สามารถปรับค่าความต้านทานได้ตามความเหมาะสม ในการทดลองนี้ใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ที่มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1,000 โอห์ม



แนวการตอบคำถาม



1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง
ตอบ ไดโอดเปล่งแสง, ตัวต้านทานปรับค่าได้, ตัวต้านทาน ขนาด 470 โอห์ม, ถ่านไฟฉาย, สายไฟ
2. เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว ปรับปุ่มควบคุมของตัวต้านทานปรับค่าได้ทวนเข็มนาฬิกา เกิดอะไรขึ้น
ตอบ LED1 จะสว่างมาก
3. เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว ปรับปุ่มควบคุมของตัวต้านทานปรับค่าได้ตามเข็มนาฬิกา เกิดอะไรขึ้น
ตอบ LED1 จะสลัว
4. นักเรียนคิดว่าตัวต้านทานที่ต่อในวงจรนี้เป็นแบบอนุกรม แบบขนาน หรือแบบผสม
ตอบ แบบอนุกรม
5. ค่าความต้านทานในวงจรมีค่าเท่าใด เมื่อปรับปุ่มควบคุมของตัวต้านทานปรับค่าได้ตามเข็มนาฬิกา
ตอบ 1,470 โอห์ม



ความรู้เพิ่มเติม



ตัวต้านทานชนิดเปลี่ยนค่าได้ (Variable Resistor)

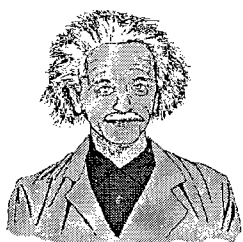
ในวงจรไฟฟ้าหรืออิเล็กทรอนิกส์ทั่วไปตัวต้านทานบางตัวมีผลต่อการควบคุมการทำงานของวงจร โดยการใช้คุณสมบัติในการเป็นตัวต้านทาน เช่น ใช้ตัวต้านทานเป็นตัวควบคุมหรือปรับระดับเสียง (ความดัง) ของเครื่องรับวิทยุ - โทรทัศน์ ปรับเสียงทึบ เสียงแหลมในวงจรไฮไฟ ปรับภาพบนจอทีวีในแนวดิ่งในแนวนอน เป็นต้น ซึ่งตัวต้านทานแบบนี้จะต้องสามารถปรับค่าความต้านทานได้

ตัวต้านทานชนิดเปลี่ยนค่าได้จะมีหน้าคอนแทคสำหรับการหมุนเลื่อนหน้าคอนแทคในการปรับค่าตัวต้านทาน เพื่อเป็นการสะดวกต่อการปรับค่าความต้านทาน จะมีแกนยื่นออกมาทำให้หมุนปรับค่าได้ ที่ปลายแกนยื่นสามารถประกอบติดกับลูกบิด เพื่อให้หมุนได้ง่ายยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ยังมีบางชนิดทำเป็นรูปเกือกม้า โดยไม่ต้องมีแกนหมุนยื่นออกมาแต่ปรับค่าได้โดยใช้ไขควงหรือวัสดุอื่นสอดเข้าไปในช่องแล้วหมุนหน้าคอนแทค คอนแทคจะเลื่อนไปทำให้ค่าความต้านทานเปลี่ยน



ภาษาช่างที่ใช้เรียกตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้นี้ เรียกว่า “วอลุ่ม” ซึ่งมาจากภาษาอังกฤษว่า “Volume” หรือตัวต้านทานที่ใช้ปรับค่าความดังของเสียง บางครั้งอาจประกอบด้วยตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้มากกว่า 1 ตัว อยู่บนแกนเดียวกัน เมื่อหมุนแกนค่าตัวต้านทานทั้งสองจะเปลี่ยนค่าไปพร้อมกัน เมื่อใช้งานตัวต้านทานอาจแยกกันอยู่ในวงจรตัวละส่วน เช่น ตัวต้านทานสำหรับปรับความดังของเครื่องขยายเสียง สเตอริโอ เป็นต้น



ตัวต้านทานปรับค่าได้แบบเกือกม้า
ไม่มีแกนหมุน ...

การทดลองที่ 9 ตัวเก็บประจุ

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. บอกหลักการทำงานของตัวเก็บประจุในวงจรได้
2. บอกได้ว่าตัวเก็บประจุสามารถเก็บประจุและคายประจุอิเล็กทรอนิกส์ได้

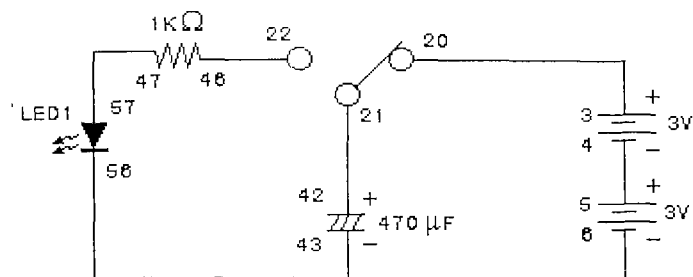


วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	1	ตัว
2. ตัวเก็บประจุ ขนาด $470\ \mu\text{F}$ $10\ \text{V}$	1	ตัว
3. ตัวต้านทาน ขนาด $1\ \text{k}\Omega$ $\frac{1}{4}\ \text{W}$	1	ตัว
4. สวิตช์แบบเลื่อน	1	ตัว
5. สายไฟ	7	เส้น
6. ถ่านไฟฉาย ขนาด $1.5\ \text{V}$	4	ก้อน

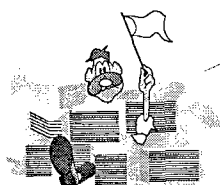
ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 47 (ขาของตัวต้านทาน ขนาด $1\ \text{k}\Omega$)
3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 46 (ขาของตัวต้านทานขนาด $1\ \text{k}\Omega$) ไปที่ตำแหน่ง 22 (ขาของสวิตช์)

4. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 21 (ขาของสวิตช์) ไปยังตำแหน่งที่ 42 (ขาของตัวเก็บประจุขนาด 470 ไมโครฟารัด)
5. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 20 (ขาของสวิตช์) ไปยังตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
6. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่ง 43 (ขาของตัวเก็บประจุขนาด 470 ไมโครฟารัด) แล้วต่อไปยังตำแหน่งที่ 6 (ขั้วลบของแบตเตอรี่)
7. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 5 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่) ไปยังตำแหน่งที่ 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่)
8. เลื่อนสวิตช์ขึ้น - ลง สังเกตการเปลี่ยนแปลง บนที่กผล



ตัวเก็บประจุมีแบบ NPN และ PNP

ผลการทดลอง

จากการทดลอง เมื่อเลื่อนสวิตช์ขึ้น LED1 ยังไม่สว่าง กระแสอิเล็กทรอนิกส์จะเคลื่อนที่จากขั้วลบของแบตเตอรี่ ผ่านตัวเก็บประจุ ไปยังขั้วบวกของแบตเตอรี่ จะทำให้ตัวเก็บประจุมีประจุอิเล็กทรอนิกส์อยู่ เมื่อเลื่อนสวิตช์ลง ตัวเก็บประจุจะปล่อยกระแสอิเล็กทรอนิกส์ผ่าน LED1 ทำให้ LED1 สว่าง จากนั้น LED1 จะค่อยๆ ดับลง ใช้เวลาประมาณ 6 วินาที



สรุป

ตัวเก็บประจุทำหน้าที่เก็บและคายประจุ ในการทดลองเมื่อเลื่อนสวิตช์ขึ้น ตัวเก็บประจุจะเริ่มต้นชาร์จประจุอิเล็กทรอนิกส์ไว้ เมื่อเลื่อนสวิตช์ลง ตัวเก็บประจุจะคายประจุอิเล็กทรอนิกส์ออกมา ทำให้ LED1 สว่าง และเมื่อตัวเก็บประจุคายประจุจนหมดแล้ว LED1 จะค่อยๆ ดับลง

แนวการตอบคำถาม



1. อุปกรณ์ในการทดลองนี้มีอะไรบ้าง

ตอบ ไดโอดเปล่งแสง (LED), ตัวเก็บประจุ ขนาด $470\ \mu\text{F}$ $10\ \text{V}$, ตัวต้านทาน ขนาด $1\ \text{k}\Omega$, สวิตช์แบบเลื่อน, สายไฟ และถ่านไฟฉาย

2. จากการทดลอง เมื่อเลื่อนสวิตช์ขึ้น ให้อธิบายการเคลื่อนที่ของกระแสเล็กรตอนในวงจร

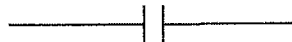
ตอบ เมื่อเลื่อนสวิตช์ขึ้น กระแสเล็กรตอนจะเคลื่อนที่จากขั้วลบ ผ่านตัวเก็บประจุไปยังขั้วบวกของ แบตเตอรี่ ทำให้ตัวเก็บประจุมีประจุเล็กรตอนบรรจุอยู่

3. จากการทดลอง เมื่อเลื่อนสวิตช์ลง ให้อธิบายการเคลื่อนที่ของกระแสเล็กรตอนในวงจร

ตอบ เมื่อเลื่อนสวิตช์ลง ตัวเก็บประจุก็จะปล่อยกระแสเล็กรตอนผ่าน LED1 ทำให้ LED1 สว่างขึ้น จนกระทั่งตัวเก็บประจุคายประจุหมด ก็จะไม่มีการกระแสเล็กรตอนเคลื่อนที่ผ่าน LED1 ทำให้ LED1 ดับ

4. จงเขียนสัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุ

ตอบ

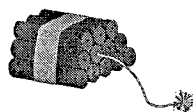


จำสัญลักษณ์ตัวเก็บประจุให้ได้



5. จงบอกหน้าที่ของตัวเก็บประจุที่อยู่ในวงจร

ตอบ ทำหน้าที่เก็บและคายประจุเล็กรตอน



นำกลั้วเหมือนระเบิดเขียวละ

ความรู้เพิ่มเติม



ตัวเก็บประจุ (Capacitor)

ตัวเก็บประจุเป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เก็บสะสมหรือคายประจุอิเล็กตรอนให้กับวงจรหรืออุปกรณ์อื่น ตัวเก็บประจุมีคุณสมบัติพิเศษสามารถต่อต้านการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้า หมายความว่า ถ้าให้แรงดันไฟฟ้ากับตัวเก็บประจุแล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงในทางเพิ่มขึ้น ตัวเก็บประจุจะต่อต้านการเปลี่ยนแปลงนี้ ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุจะเพิ่มขึ้นทันทีทันใดไม่ได้ แต่จะค่อยๆ เปลี่ยนแปลง

ตัวเก็บประจุอย่างง่าย ทำด้วยตัวนำสองแผ่นมาประกบกันแล้วกันด้วยฉนวน ดังนั้นตัวเก็บประจุบางชนิดจึงเรียกตามชนิดของฉนวนที่ใช้ เช่น ไมก้า เซรามิก ตัวเก็บประจุที่ใช้ในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์นี้เป็นตัวเก็บประจุชนิดเซรามิกและชนิดน้ำยาหรืออิเล็กโทรไลติก (Electrolytic Capacitor)

มีวิธีทำตัวเก็บประจุอย่างง่าย ... ลองศึกษาดู ...



ตัวเก็บประจุชนิดเซรามิก (Ceramic Capacitor)

ตัวเก็บประจุชนิดนี้จะมีรูปลักษณะได้ 4 แบบ คือ แบบแท่งกลมคล้ายตัวต้านทานแบน แบบจาน แบบเหรียญที่มีขั้วต่อออกที่บริเวณขอบ และรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแบน ค่าของตัวเก็บประจุชนิดนี้โดยทั่วไปจะมีค่าน้อยกว่า 0.01 ไมโครฟารัด



ตัวเก็บประจุชนิดน้ำยา (Electrolytic Capacitor)

ตัวเก็บประจุชนิดนี้จะให้ค่าความจุของประจุได้สูงมาก โดยใช้สารละลายที่เป็นฉนวนบางอย่างบรรจุอยู่ในหลอดปิดเคลือบด้วยพลาสติกหรือหุ้มด้วยโลหะ ค่าของตัวเก็บประจุจะพิมพ์ติดไว้บนตัว ค่าของตัวเก็บประจุชนิดนี้จะมีค่าโดยทั่วไปจาก 1 ไมโครฟารัดถึงค่าหลายๆ พันไมโครฟารัด สิ่งสำคัญเมื่อนำตัวเก็บประจุชนิดนี้ไปใช้งานจะต้องต่อขั้วให้ถูกต้องกับวงจร เพราะขั้วของตัวเก็บประจุทั้งสองจะต้องมีศักย์ไฟฟ้าต่างกัน โดยที่ขั้วใดขั้วหนึ่งจะถูกกำหนดให้มีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าอีกขั้วหนึ่ง ถ้าต่อผิดขั้วโอกาสที่ตัวเก็บประจุจะเสียหายย่อมเกิดขึ้นได้ โดยปกติที่ตัวเก็บประจุตรงบริเวณขั้วจะมีเครื่องหมายพิมพ์บอกขั้วไว้ว่าขั้วใดต่อเข้ากับวงจรด้านบวกหรือลบ





วิธีประจุตัวเก็บประจุ (Charging a capacitor)

เมื่อต่อตัวเก็บประจุเข้ากับแบตเตอรี่ ขั้วลบของตัวเก็บประจุจะถูกประจุ (Charged) ด้วยอิเล็กตรอนทันทีทันใด โดยทั่วไปจะนำตัวต้านทานมาวางระหว่างตัวเก็บประจุและแบตเตอรี่ เพื่อความต้านทานจะต้านกระแส ทำให้การประจุช้าลง



วิธีคายประจุตัวเก็บประจุ (Discharging a capacitor)

เมื่อไม่ได้ต่อตัวเก็บประจุเข้ากับแบตเตอรี่ อิเล็กตรอนที่ประจุอยู่ในตัวเก็บประจุจะค่อยๆ คายประจุผ่านฉนวน จนกระทั่งแผ่นตัวนำทั้งสองมีประจุเท่ากัน (Equal Charge) แสดงว่าตัวเก็บประจุถูกคายประจุแล้ว (Discharged) ตัวเก็บประจุจะคายประจุได้อย่างรวดเร็ว ด้วยการต่อแผ่นตัวนำทั้งสองเข้าหากัน หรือถ้าต้องการให้ตัวเก็บประจุคายประจุช้าๆ ก็ทำได้โดยการต่อตัวต้านทานคร่อมขั้วทั้งสอง

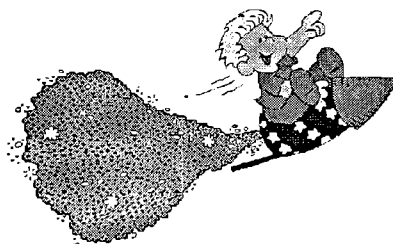


การระบุค่าตัวเก็บประจุ (Specifying Capacitor)

ประจุสูงสุดของตัวเก็บประจุ คือ “ค่าความจุ” (Capacitance) ค่าความจุบอกหน่วยเป็น “ฟารัด” (Farad)

ตัวเก็บประจุขนาดเล็กบอกค่าเป็น พิโคฟารัด (Picofarad) ถ้ามีขนาดใหญ่กว่าบอกค่าเป็น ไมโครฟารัด (Microfarad)

1 ฟารัด (Farad)	=	1 F
1 ไมโครฟารัด (Microfarad)	=	1 μ F = 10^{-6} F = 0.000001 F
1 พิโคฟารัด (Picofarad)	=	1 pF = 10^{-12} F = 0.000000000001 F

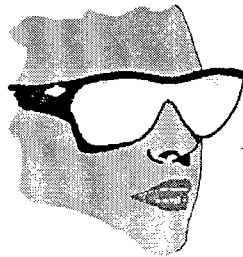


ข้อควรระวังเกี่ยวกับตัวเก็บประจุ

ตัวเก็บประจุสามารถเก็บประจุได้ชั่วขณะ ภายหลังจากที่แหล่งจ่ายกำลังถูกตัดออกไปแล้ว ประจุที่ค้างอยู่มีอันตราย

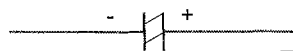
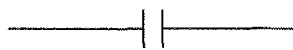
ตัวเก็บประจุชนิดน้ำยาขนาดใหญ่ ถูกประจุด้วยแรงดัน 5 หรือ 10 โวลต์ สามารถละลาย ปลายไขควงได้ ถ้านำมาวางครอบบนขั้วทั้งสอง

ตัวเก็บประจุแรงดันสูง (High voltage capacitor) ที่ใช้ในเครื่องรับโทรทัศน์ หรือแฟลชถ่ายรูป (Photoflash) สามารถเก็บประจุได้มาก ไม่ควรแตะต้องขั้วของมันเด็ดขาด เพราะอาจเป็นอันตรายได้

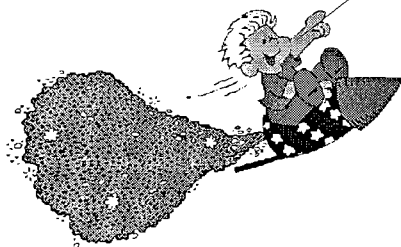


ไม่ควรแตะขาตัวเก็บประจุหลังจากชาร์จไฟ ..
เพราะอาจเป็นอันตราย

สัญลักษณ์ของตัวเก็บประจุ



ถ้าตัวเลขมีค่าสูง ก็ยังมีค่าความจุมาก



การทดลองที่ 10 การต่อวงจรตัวเก็บประจุแบบขนาน

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. บอกหลักการทำงานของตัวเก็บประจุเมื่อนำมาต่อวงจรแบบขนานได้
2. บอกได้ว่าความจุรวมของตัวเก็บประจุเพิ่มขึ้น เมื่อนำมาต่อวงจรแบบขนาน

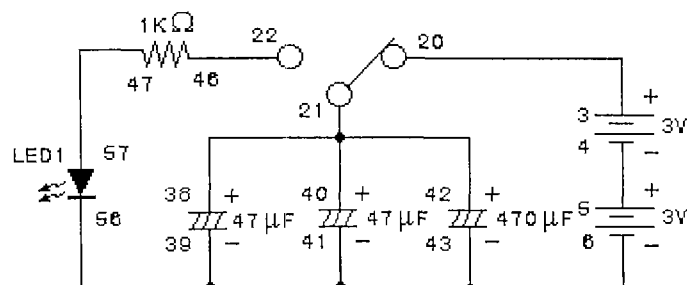


วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	1	ตัว
2. ตัวเก็บประจุ ขนาด $47\ \mu\text{F}$ 10 V	2	ตัว
3. ตัวเก็บประจุ ขนาด $470\ \mu\text{F}$ 10 V	1	ตัว
4. ตัวต้านทาน ขนาด $1\ \text{k}\Omega$ $\frac{1}{4}\ \text{W}$	1	ตัว
5. สวิตช์แบบเลื่อน	1	ตัว
6. สายไฟ	11	เส้น
7. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	4	ก้อน

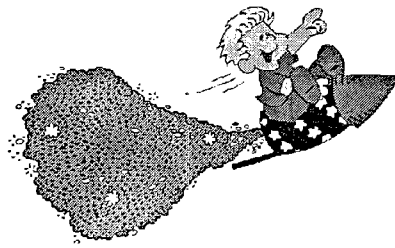
ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 39 (ขาของตัวเก็บประจุขนาด $47\ \mu\text{F}$ ไมโครฟารัด) แล้วต่อสายไฟจากขาตัวเก็บประจุที่ตำแหน่ง 39 ไปตำแหน่งที่ 41 (ขาของตัวเก็บประจุขนาด $47\ \mu\text{F}$ ไมโครฟารัด) จากนั้นต่อสายไฟตำแหน่งที่ 41 ไปยังตำแหน่งที่ 43 (ขาของตัวเก็บประจุขนาด $470\ \mu\text{F}$ ไมโครฟารัด) แล้วต่อวงจรไปที่ตำแหน่ง 6 (ขั้วลบของแบตเตอรี่)

3. จากตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1) ต่อดวงจรไปที่ตำแหน่ง 47 (ขาของตัวต้านทาน 1 K Ω)
4. ต่อดวงจรจากตำแหน่งที่ 46 (ขาของตัวต้านทาน 1 K Ω) ไปยังตำแหน่งที่ 22 (ขาของสวิตช์)
5. ต่อดวงจรจากตำแหน่งที่ 20 (ขาของสวิตช์) ไปยังตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
6. ต่อดวงจรจากตำแหน่งที่ 21 (ขาของสวิตช์) ไปยังตำแหน่งที่ 38 (ขาของตัวเก็บประจุขนาด 47 ไมโครฟารัด) แล้วต่อไปยังตำแหน่งที่ 40 (ขาของตัวเก็บประจุขนาด 47 ไมโครฟารัด) จากนั้นก็ต่อดวงจรไปยังตำแหน่งที่ 42 (ขาของตัวเก็บประจุขนาด 470 ไมโครฟารัด)
7. ต่อดวงจรจากตำแหน่งที่ 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) ไปยังตำแหน่งที่ 5 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
8. เลื่อนสวิตช์ลง สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล



ผลการทดลอง



เมื่อดวงจรเรียบร้อยแล้ว ยังไม่มีอะไรเกิดขึ้น เพราะวงจรเปิด เลื่อนสวิตช์ลง LED1 จะสว่างขึ้น แล้วค่อยๆ หรี่แสงลง จนกระทั่งดับ ในระยะเวลาประมาณ 10 วินาที ซึ่งจะนานกว่าในการทดลองที่ 9

สรุป



การต่อตัวเก็บประจุแบบขนานจะทำให้สามารถเก็บประจุอิเล็กตรอนได้มากกว่า เมื่อดวงจรด้วยตัวเก็บประจุเพียงตัวเดียว เปรียบเทียบได้จากการทดลองที่ 9

อย่าเอาแต่เล่น ... เดี่ยวจะเรียนลำบาก



แนวการตอบคำถาม



1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง

ตอบ ไดโอดเปล่งแสง (LED), ตัวเก็บประจุ ขนาด 47 ไมโครฟารัดและ 470 ไมโครฟารัด, ตัวต้านทาน ขนาด 1 กิโลโอห์ม, สวิตช์แบบเลื่อน, สายไฟ และถ่านไฟฉาย

2. เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว เกิดอะไรขึ้น เพราะเหตุใด

ตอบ ไม่มีอะไรเกิดขึ้น เพราะวงจรเปิด LED1 จึงยังไม่สว่าง



3. จากการทดลองที่ 9 และ 10 ความสว่างของ LED1 แตกต่างกันอย่างใด เพราะเหตุใด

ตอบ ความสว่างของ LED1 ในการทดลองที่ 10 สว่างได้นานกว่าการทดลองที่ 9 เพราะการต่อวงจรของตัวเก็บประจุในการทดลองที่ 10 ต่อวงจรแบบขนาน ทำให้ตัวเก็บประจุมีขนาดใหญ่ขึ้น สามารถเก็บประจุได้มากกว่าตัวเก็บประจุในการทดลองที่ 9 LED1 ในการทดลองที่ 10 จึงสว่างได้นานกว่า

4. เมื่อนำตัวเก็บประจุมาต่อแบบขนาน ผลที่ได้เป็นอย่างไร อธิบาย

ตอบ จะทำให้ตัวเก็บประจุมีขนาดใหญ่ขึ้น สามารถเก็บประจุได้มากกว่า



5. จงหาค่าความจุรวมในวงจรนี้

ตอบ $C_T = C_1 + C_2 + C_3 = 470 + 47 + 47 = 564$ ไมโครฟารัด



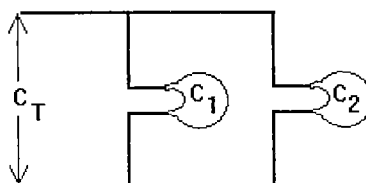
จะเก็บประจุให้ได้มาก ต้องเอามาต่อแบบขนาน ..

ความรู้เพิ่มเติม



วิธีใช้ตัวเก็บประจุ

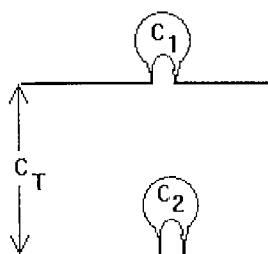
✎ ต่อแบบวงจรขนาน (Parallel circuit) ตัวเก็บประจุจะถูกนำมาต่อคร่อมกัน ดังรูป



ค่าความจุรวม (Total circuit) เป็นค่าผลบวกของค่าความจุของตัวเก็บประจุแต่ละตัว

$$C_T = C_1 + C_2$$

✎ ต่อแบบวงจรอนุกรม (Series circuit) ตัวเก็บประจุจะถูกนำมาเรียงต่อกัน ดังรูป

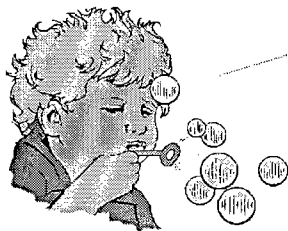


ค่าความจุรวม (Total circuit) เป็นค่าผลคูณของตัวเก็บประจุสองตัวหารด้วยผลบวก

$$C_T = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$$

แต่ถ้าตัวเก็บประจุต่ออนุกรมกันมากกว่าสองตัว ให้ใช้สูตรนี้

$$C_T = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}}$$



ถึงผมจะเล่นแต่ก็ขยันเรียนครับ ...

⇒ ตัวต้านทานที่นำมาต่ออนุกรมกับตัวเก็บประจุ จะทำให้เวลาในการเก็บและคายประจุของตัวเก็บประจุนานขึ้น เพราะตัวต้านทานเป็นตัวลดการไหลของกระแสอิเล็กทรอนิกส์ ถ้าไม่มีความต้านทานจะทำให้เวลาในการเก็บและคายประจุเร็วขึ้น



ยิ่งเรียน ยิ่งสนุก ใช้หรือเปล่า ...



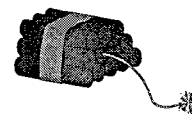
การทดลองที่ 11 ควบคุมกระแสไม่ให้ไหลผ่านมาก

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. บอกได้ว่ากระแสอิเล็กทรอนิกส์จะเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีค่าความต้านทานต่ำได้มาก
2. บอกความสำคัญของตัวต้านทานได้

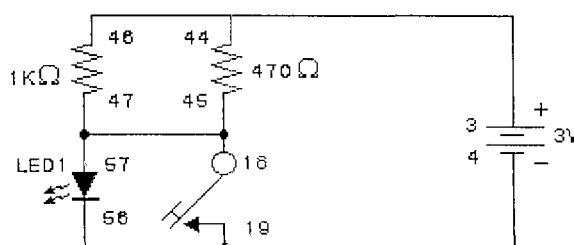
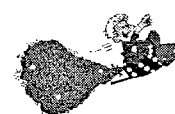


วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $1\text{ K}\Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
3. ตัวต้านทาน ขนาด $470\ \Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
4. สวิตช์แบบกด (KEY)	1	ตัว
5. สายไฟ	7	เส้น
6. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	2	ก้อน

ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 19 (ขาของสวิตช์ KEY) แล้วต่อขาไปยังตำแหน่งที่ 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่)
3. ต่อสายไฟจากตำแหน่งที่ 57 (ขา LED1) ไปที่ตำแหน่ง 47 (ขาของตัวต้านทาน $1\text{ K}\Omega$) แล้วต่อสายไฟจากตำแหน่งที่ 47 ไปยังตำแหน่งที่ 45 (ขาของตัวต้านทานขนาด $470\ \Omega$) จากนั้นต่อวงจรไปยังตำแหน่งที่ 18 (ขาของสวิตช์ KEY)

4. ต่อดวงจรมายังตำแหน่งที่ 46 (ขาของตัวต้านทาน 1 K Ω) ไปยังตำแหน่งที่ 44 (ขาของตัวต้านทาน 470 Ω) แล้วต่อสายไฟไปที่ตำแหน่ง 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
5. ต่อดวงจรเรียบร้อยแล้ว สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผล
6. จากนั้นกดสวิตช์ KEY ลง สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล



การเรียนรู้ทุกวันนี้ ต้องรู้จักตนเองให้มาก ..



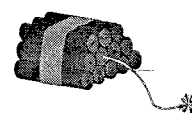
ผลการทดลอง



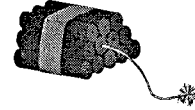
เมื่อต่อวงจรเสร็จเรียบร้อยแล้ว LED1 จะสว่าง แต่เมื่อกด KEY ลง LED1 ก็ดับ เพราะกระแสไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ผ่าน LED1 ทั้งหมด จะมาเคลื่อนที่ผ่านสวิตช์ KEY แทน เนื่องจากสวิตช์ KEY จะทำหน้าที่เหมือนกับสายไฟตรงทำให้บริเวณนั้นไม่มีความต้านทานของกระแสไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ผ่านสวิตช์ KEY ไป จึงมีกระแสไฟฟ้าเพียงพอก็จะทำให้ LED1 สว่างได้

สรุป

กระแสไฟฟ้าจะเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีค่าความต้านทานน้อยได้มากกว่าบริเวณที่มีค่าความต้านทานมาก



แนวการตอบคำถาม



1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง

ตอบ ไดโอดเปล่งแสง (LED), ตัวต้านทาน ขนาด $1\text{ K}\Omega$, ตัวต้านทาน ขนาด $470\ \Omega$, สวิตช์แบบกด (KEY), สายไฟ และถ่านไฟฉาย

2. เมื่อกระแสอิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากขั้วลบของแบตเตอรี่ ผ่าน LED1 ผ่านตัวต้านทาน แล้วกลับมาที่ขั้วบวกของแบตเตอรี่ เกิดอะไรขึ้น

ตอบ LED1 สว่าง



3. เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว LED1 จะสว่างหรือไม่ เพราะเหตุใด

ตอบ สว่าง เพราะ กระแสอิเล็กตรอนจำนวนมาก เคลื่อนที่จากขั้วลบของแบตเตอรี่ ผ่าน LED1 ตัวต้านทาน ขนาด 1 กิโลโห์ม มายังขั้วบวกของแบตเตอรี่ ทำให้ LED1 สว่าง

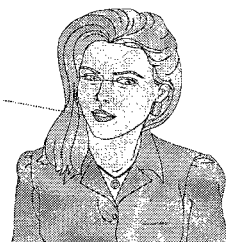
4. เมื่อกดสวิตช์ KEY ลง เกิดอะไรขึ้น

ตอบ LED1 จะดับ เพราะกระแสอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ผ่าน LED1 จะเปลี่ยนมาเคลื่อนที่ผ่านสวิตช์ KEY แทน ทำให้มีกระแสอิเล็กตรอนจำนวนน้อยเคลื่อนที่ผ่าน LED1 ซึ่งมีจำนวนไม่เพียงพอที่จะทำให้ LED1 สว่างได้

5. จากการทดลองนี้ นักเรียนคิดว่าตัวต้านทานมีความสำคัญอย่างไร

ตอบ ด้านทานการไหลของกระแสอิเล็กตรอน

ความสำคัญของตัวต้านทาน

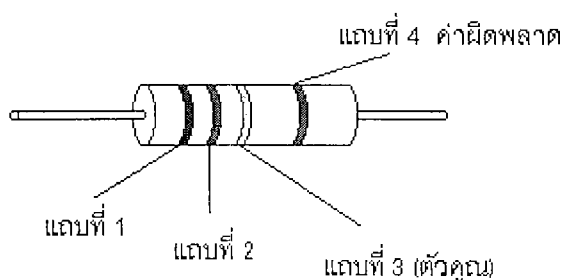


ความรู้เพิ่มเติม

ตัวต้านทาน

เป็นอุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติในการต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจร ตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทานมากจะยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้น้อย ส่วนตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทานน้อยก็จะยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้มาก

การอ่านค่าความต้านทานจากรหัสแถบสีบนตัวต้านทาน



ตารางแสดงค่ารหัสแถบสีบนตัวต้านทาน

สี	ค่าตัวเลข	ค่าความคลาดเคลื่อน
ดำ	0	-
น้ำตาล	1	-
แดง	2	-
ส้ม	3	-
เหลือง	4	-
เขียว	5	-
น้ำเงิน	6	-
ม่วง	7	-
เทา	8	-
ขาว	9	-
ทอง	-	$\pm 5\%$
เงิน	-	$\pm 10\%$
ไม่มีแถบสี	-	$\pm 20\%$

วิธีการอ่านรหัสแถบสีบนตัวต้านทาน



ตัวอย่าง ตัวต้านทานมีรหัสสี : เหลือง ม่วง แดง และทอง จะมีค่าความต้านทานเท่าใด ?

สีเหลือง เป็นแถบสีที่ 1 คือตัวเลขตัวแรก

สีม่วง เป็นแถบสีที่ 2 คือตัวเลขตัวที่สอง

สีแดง เป็นแถบสีที่ 3 คือเลขยกกำลังของสิบ (ตัวคูณ)

สีทอง เป็นแถบสีที่ 4 คือค่าความคลาดเคลื่อน

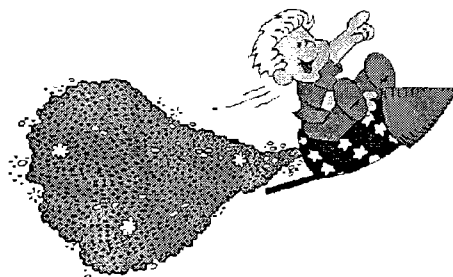
ดังนั้นค่าความต้านทานหาได้ดังนี้

$$\text{สีเหลือง} . \text{สีม่วง} \times 10^{\text{สีแดง}} \pm \text{สีทอง}$$

จะได้ค่าความต้านทาน คือ $47 \times 10^2 \pm 5\%$ โอห์ม หรือ $4700 \pm 5\%$ โอห์ม

ข้อควรระวังในการใช้ตัวต้านทาน

ตัวต้านทานที่ด้านกระแสจำนวนมากจะร้อนมาก ดังนั้นควรใช้ตัวต้านทานที่มีอัตรากำลังที่เหมาะสมเสมอ ถ้าในวงจรที่ศึกษาไม่ได้กำหนดค่าความต้านทานมา ต้องพิจารณาการใช้กระแสไหลในวงจร โดยใช้กฎของโอห์ม



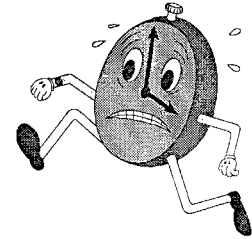
การทดลองที่ 12 สนุกกับการควบคุมไฟ

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

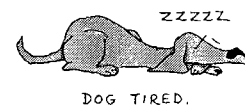
1. อธิบายการทำงานของตัวต้านทานปรับค่าได้
2. บอกหน้าที่ของตัวต้านทานปรับค่าได้ในวงจรได้



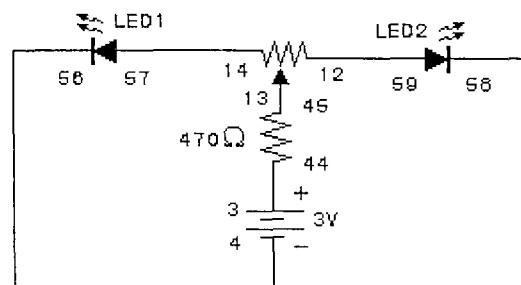
วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	2	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $470\ \Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
3. ตัวต้านทานปรับค่าได้ ขนาด $1\text{ K}\Omega$	1	ตัว
4. สายไฟ	6	เส้น
5. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	4	ก้อน

ขั้นตอนการทดลอง



1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 14 (ขาของตัวต้านทานปรับค่าได้)
3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 12 (ขาของตัวต้านทานปรับค่าได้) ต่อวงจรไปที่ตำแหน่ง 59 (ขาของ LED2)

4. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 13 (ขาของตัวต้านทานปรับค่าได้) ไปยังตำแหน่งที่ 45 (ขาของตัวต้านทานขนาด 470 Ω)
5. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 44 (ขาของตัวต้านทานขนาด 470 Ω) ไปยังตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
6. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) แล้วต่อดวงจรถูกขั้วลบของแบตเตอรี่ไปยังตำแหน่งที่ 58 (ขาของ LED2)
7. ปรับค่าของตัวต้านทานปรับค่าได้โดยปรับปุ่มควบคุมไปทางด้านซ้าย สังเกตการเปลี่ยนแปลงบนที่กผล
8. จากนั้นทดลองอีกครั้ง โดยปรับปุ่มควบคุมของตัวต้านทานปรับค่าได้ ไปทางด้านขวา สังเกตการเปลี่ยนแปลง บนที่กผล
9. ทดลองปรับปุ่มควบคุมของตัวต้านทานปรับค่าได้ให้อยู่ตรงกลาง สังเกตการเปลี่ยนแปลงบนที่กผล



ผลการทดลอง



เมื่อต่อดวงจรถูกเรียบร้อยแล้ว ทดลองปรับปุ่มควบคุมไปทางด้านซ้าย LED1 จะสว่างมากกว่า LED2 แต่เมื่อปรับปุ่มควบคุมไปทางด้านขวา ปรากฏว่า LED2 จะสว่างมากกว่า LED1

จากนั้นทดลองปรับปุ่มควบคุมให้อยู่ตรงกลาง LED1 และ LED2 มีความสว่างเท่ากัน

สรุปผลจากการทดลอง

จากการทดลอง เมื่อปรับปุ่มควบคุมไปทางด้านซ้าย LED1 จะสว่างมากกว่า LED2 เพราะกระแสไฟฟ้าจะเคลื่อนที่ผ่านตัวต้านทานที่มีความต้านทานน้อยได้มากกว่าตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทานมาก



แนวการตอบคำถาม



1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง

ตอบ ไดโอดเปล่งแสง (LED), ตัวต้านทาน ขนาด $470\ \Omega$, ตัวต้านทานปรับค่าได้ ขนาด $1K\Omega$, สายไฟ, ถ่านไฟฉาย

2. จากการทดลอง เมื่อปรับปุ่มควบคุมไปทางด้านซ้าย เกิดอะไรขึ้น

ตอบ LED1 จะสว่างมากขึ้น ในขณะที่ LED2 จะค่อยๆ สลัวลง

3. จากการทดลอง เมื่อปรับปุ่มควบคุมไปทางด้านขวา เกิดอะไรขึ้น

ตอบ LED2 จะสว่างมากขึ้น ในขณะที่ LED1 จะค่อยๆ สลัวลง



4. จากการทดลอง เมื่อปรับปุ่มควบคุมไว้ตรงกลาง เกิดอะไรขึ้น

ตอบ LED ทั้งสองตัวจะมีความสว่างเท่ากัน

5. ตัวต้านทานปรับค่าได้ในวงจรนี้ทำหน้าที่อะไร

ตอบ ทำหน้าที่ควบคุมกระแสไฟฟ้าเล็กน้อยในวงจร ทำให้ความสว่างจาก LED ค่อยๆ สว่างขึ้นและค่อยๆ สลัวลง โดยการปรับปุ่มควบคุมเพื่อเปลี่ยนค่าความต้านทาน

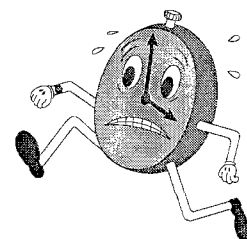


DOG TIRED.

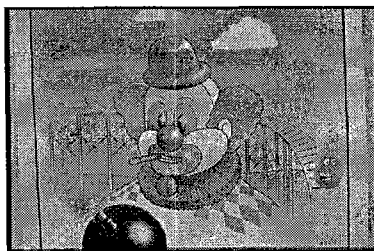
ความรู้เพิ่มเติม

☼ ถ้าเคยเข้าไปในห้องประชุมหรือโรงละครขนาดใหญ่ คงเคยสังเกตเห็นความแตกต่างของความสว่างบนเวทีหรือห้องประชุมที่มีความสว่างมาก ขณะที่ส่วนอื่นๆ มีแสงสลัวเพียงเล็กน้อย

☼ วงจรนี้สามารถทำให้แสงสว่างค่อยๆ จางลง หรือสว่างขึ้น โดยการควบคุมตัวต้านทานปรับค่าได้ ซึ่งสามารถควบคุมหลอดไฟให้สว่างหรือสลัวได้ตามต้องการ



ในการทดลองนี้ใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ควบคุมการไหลของกระแสอิเล็กทรอนิกส์ ให้ไหลผ่าน LED 2 ตัว จากความรู้ที่ว่า “ถ้าตัวต้านทานมีค่าความต้านทานน้อย กระแสอิเล็กทรอนิกส์จะไหลผ่านบริเวณนั้นได้มากกว่าบริเวณที่ค่าความต้านทานมาก” จากการทดลองเมื่อปรับปุ่มควบคุมไปทางด้านซ้าย LED1 จะมีค่าความต้านทานน้อยที่สุด และ LED2 ก็มีค่าความต้านทานมากที่สุด แล้วถ้าปรับปุ่มควบคุมไปทางด้านขวา ปรากฏว่า LED1 กลับมีค่าความต้านทานมากที่สุด และ LED2 จะมีค่าความต้านทานน้อยที่สุด ขึ้นอยู่กับว่าต้องการให้ตัวใดสว่างมากสว่างน้อย โดยการปรับปุ่มควบคุมของตัวต้านทานปรับค่าได้



การทดลองที่ 13 มาทำไฟกระพริบกันเถอะ

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

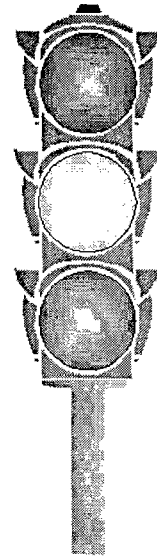
จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. อธิบายการทำงานของวงจรได้
2. สร้างวงจรไฟกระพริบได้

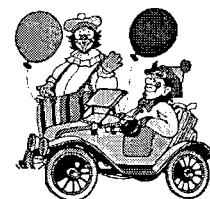
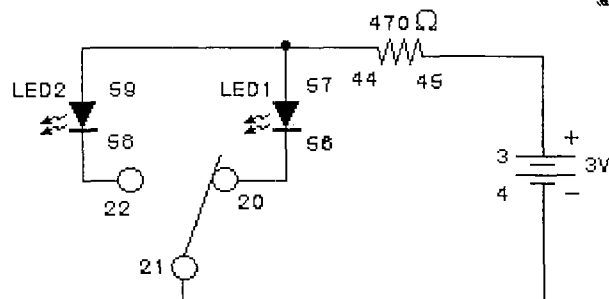
วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	2	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $470\ \Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
3. สายไฟ	6	เส้น
4. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	2	ก้อน
5. สวิตช์แบบเลื่อน	1	ตัว



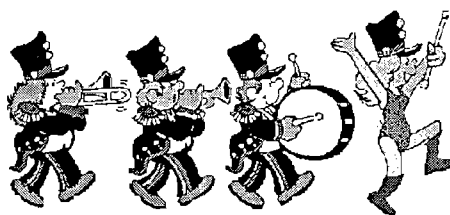
ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 58 (ขาของ LED2) ไปยังตำแหน่งที่ 22 (ขาของสวิตช์)
3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 20 (สวิตช์)
4. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 59 (ขาของ LED2) ไปยังตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1) แล้วต่อสายไฟไปยังตำแหน่งที่ 44 (ขาของตัวต้านทาน $470\ \Omega$)

5. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 45 (ขาของตัวต้านทาน $470\ \Omega$) ไปยังตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
6. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) ไปยังตำแหน่งที่ 21 (สวิตช์)
7. สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล
8. เลื่อนสวิตช์ลง สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล
9. เลื่อนสวิตช์ขึ้น - ลง อย่างรวดเร็ว สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล



ผลการทดลอง



ต่อดวงจรรียบร้อยแล้ว ปรากฏว่า LED1 สว่าง เมื่อเลื่อนสวิตช์ลง LED2 จะสว่าง ทดลองเลื่อนสวิตช์ขึ้น - ลง อย่างรวดเร็ว จะพบว่า LED1 (ไฟแดง) และ LED2 (ไฟเหลือง) จะสว่างสลับกัน เหมือนกับสัญญาณไฟกระพริบ

สรุป



สวิตช์จะทำหน้าที่เป็นตัวตัดต่อแบตเตอรี่เข้ากับวงจร เมื่อเลื่อนสวิตช์ลง กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านขั้วลบของแบตเตอรี่ผ่าน LED2 ผ่านตัวต้านทาน มายังขั้วบวกของแบตเตอรี่ ทำให้ LED2 สว่าง เมื่อเลื่อนสวิตช์ขึ้น กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่าน LED1 ผ่านตัวต้านทาน กลับมาที่ขั้วบวกของแบตเตอรี่ ทำให้ LED1 สว่าง



แนวการตอบคำถาม



1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง

ตอบ ไดโอดเปล่งแสง (LED), ตัวต้านทาน, สายไฟ, ถ่านไฟฉาย และสวิตช์แบบเลื่อน

2. เมื่อต่อวงจรแล้ว มีอะไรเกิดขึ้น อธิบาย

ตอบ LED1 สว่าง เพราะเมื่อเลื่อนสวิตช์ขึ้น กระแสไฟฟ้าจะเคลื่อนที่จากขั้วลบของแบตเตอรี่ผ่าน LED1 ผ่านตัวต้านทาน มายังขั้วบวกของแบตเตอรี่ กระแสไฟฟ้าจะเคลื่อนที่ครบวงจร LED1 จึงสว่าง

3. เลื่อนสวิตช์ลง เกิดอะไรขึ้น อธิบาย

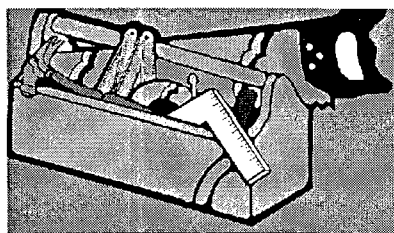
ตอบ LED2 สว่าง เพราะเมื่อเลื่อนสวิตช์ลง กระแสไฟฟ้าจะเคลื่อนที่จากขั้วลบของแบตเตอรี่ผ่าน LED2 ผ่านตัวต้านทาน มายังขั้วบวกของแบตเตอรี่ กระแสไฟฟ้าจะเคลื่อนที่ครบวงจร LED2 จึงสว่าง

4. เมื่อเลื่อนสวิตช์ขึ้น - ลง อย่างรวดเร็ว มีอะไรเกิดขึ้น

ตอบ LED1 และ LED2 จะกะพริบสลับกันไปเรื่อยๆ ตามความถี่ของการปิด - เปิดสวิตช์

5. วงจรนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์อะไรได้บ้าง

ตอบ สัญญาณไฟ, ไฟกะพริบติดตามต้นไม้ อาคาร สถานที่สำคัญเมื่อมีงานเทศกาล



ความรู้เพิ่มเติม

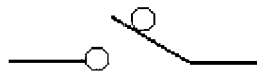


ในปัจจุบันการเคลื่อนสวิตช์ขึ้น - ลง หรือการปิด - เปิดวงจรนั้นจะไม่ใช่มือคน แต่จะใช้เครื่องกล หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประกอบกันเป็นวงจรปิด - เปิดอัตโนมัติ เช่น ไฟกระพริบระดับในงาน, ไฟจราจร, ไฟเลี้ยวรถ เป็นต้น



สวิตช์ (SWITCH)

สวิตช์ เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการตัดหรือต่อการไหลของกระแสไฟฟ้าในส่วนใดส่วนหนึ่งของวงจร มีสัญลักษณ์ ดังนี้



มีรูปร่างและขนาดแตกต่างกันตามลักษณะการนำไปใช้งาน



การทดลองที่ 14 วงจรกดติดปล่อยดับ

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

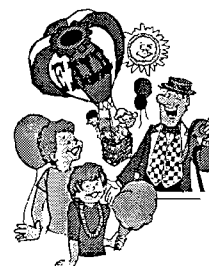
จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. อธิบายการทำงานของรีเลย์ในวงจรได้
2. ต่อวงจรกดติดปล่อยดับได้

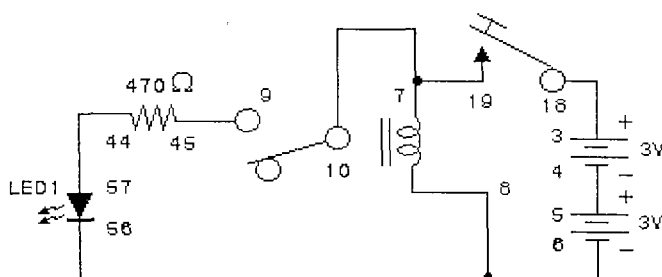
วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $470\ \Omega\ \frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
3. รีเลย์ (RELAY) ขนาด 6 V	1	ตัว
4. สายไฟ	8	เส้น
5. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	4	ก้อน
6. สวิตช์แบบกด (KEY)	1	ตัว
7. สวิตช์แบบเลื่อน	1	ตัว



ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 44 (ขาของตัวต้านทาน $470\ \Omega$)
3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 45 (ขาของตัวต้านทาน $470\ \Omega$) ไปยังตำแหน่งที่ 9 (ขาของสวิตช์ รีเลย์)

4. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 10 (ขาของสวิตช์รีเลย์) ไปยังตำแหน่งที่ 7 (ขาของรีเลย์) แล้วต่อจากขาของรีเลย์ไปยังตำแหน่งที่ 19 (สวิตช์ KEY)
5. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 18 (สวิตช์ KEY) ไปยังตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
6. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 8 (ขาของรีเลย์) แล้วต่อไปยังตำแหน่งที่ 6 (ขั้วลบของแบตเตอรี่)
7. ต่อดวงจรถูกขั้วลบของแบตเตอรี่ที่ตำแหน่ง 4 ไปยังขั้วบวกของแบตเตอรี่ที่ตำแหน่ง 5
8. กดสวิตช์ KEY สังเกตการผลการทดลอง บันทึกผล
9. ปลดสวิตช์ KEY สังเกตการผลการทดลอง บันทึกผล



ผลการทดลอง



เมื่อต่อดวงจรรียบร้อยแล้ว กดสวิตช์ KEY ลง จะได้ยินเสียงดังคลิก แล้ว LED1 ก็สว่างขึ้น เมื่อปล่อยสวิตช์ KEY ก็จะได้ยินเสียงดังคลิกเช่นกัน แล้ว LED1 ก็ดับทันที

สรุป



รีเลย์ เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำงานเป็นสวิตช์ไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการของแม่เหล็กไฟฟ้า รีเลย์จะทำงานได้ เมื่อให้แรงดันไฟฟ้าเข้าไป สวิตช์ของรีเลย์จะถูกกระตุ้น ทำให้เชื่อมต่อวงจร โดยการกดสวิตช์ KEY จะได้ยินเสียงดังคลิก แสดงว่ารีเลย์ถูกกระตุ้น LED1 จะสว่าง แต่ถ้าปล่อยสวิตช์ KEY ไม่มีแรงดันไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านสวิตช์รีเลย์ หน้าสัมผัสของสวิตช์รีเลย์ก็จะดีดกลับตำแหน่งเดิม ทำให้วงจรไม่เชื่อมต่อกัน LED1 ก็ดับ



แนวการตอบคำถาม

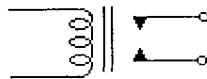


1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง

ตอบ ไดโอดเปล่งแสง (LED), ตัวต้านทาน ขนาด $470\ \Omega$, รีเลย์ ขนาด 6 V, สายไฟ, ถ่านไฟฉาย, สวิตช์แบบกด (KEY) และสวิตช์แบบเลื่อน

2. จงเขียนสัญลักษณ์ของรีเลย์

ตอบ



3. เมื่อกดสวิตช์ KEY เกิดอะไรขึ้น อธิบาย

ตอบ เมื่อกดสวิตช์ KEY จะได้ยินเสียงดังคลิก แสดงว่าที่ตำแหน่งรีเลย์ถูกกระตุ้น ทำให้สวิตช์ของรีเลย์เชื่อมต่อกัน LED สว่าง

4. เมื่อปล่อยสวิตช์ KEY เกิดอะไรขึ้น อธิบาย

ตอบ เมื่อปล่อยสวิตช์ KEY รีเลย์จะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน หน้าสัมผัสของสวิตช์รีเลย์ที่แตะกัน จะแยกออกจากกัน LED จะดับ

5. จงอธิบายการทำงานของรีเลย์ในวงจร

ตอบ รีเลย์ เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำงานเป็นสวิตช์ไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการของแม่เหล็กไฟฟ้า รีเลย์จะทำงานได้ เมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าเข้าไป สวิตช์ของรีเลย์จะถูกกระตุ้น ทำให้เชื่อมต่อวงจร โดยการกดสวิตช์ KEY จะได้ยินเสียงดังคลิก แสดงว่ารีเลย์ถูกกระตุ้น LED1 จะสว่าง แต่ถ้าปล่อยสวิตช์ KEY ไม่มีแรงดันไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่าน ทำให้สวิตช์ของรีเลย์ติดกลับตำแหน่งเดิม ทำให้วงจรไม่เชื่อมต่อกัน LED1 ก็ดับ



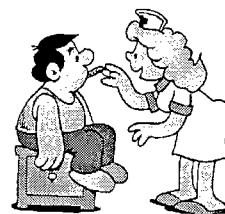
ความรู้เพิ่มเติม



รีเลย์ (Relay)

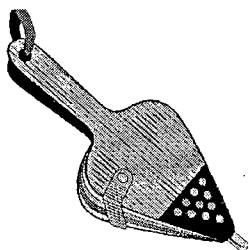
รีเลย์ เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำงานเป็นสวิตช์ไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการของแม่เหล็กไฟฟ้า ส่วนประกอบของรีเลย์ จะมีขดลวด 1 ตัว และหน้าสัมผัสซึ่งเรียกว่าคอนแทค 1 ชุด โดยคอนแทค 1 ชุด ประกอบด้วย ขาปกติปิด (NC) ขาปกติเปิด (NO) และขาคอมมอน ซึ่งเป็นขาจุดร่วมของขา NC และ NO

รีเลย์จะทำงานได้ต้องให้แรงดันไฟฟ้าเข้าที่ขดลวด ขดลวดจะผลิตสนามแม่เหล็ก ทำให้คอนแทค NC และ NO ถูกเปลี่ยนสภาพ คือ NC จากที่เคยปิดอยู่ก่อนใช้งาน จะเปิดออก และ NO จากที่เคยเปิดอยู่ก็จะปิดเข้ามา



หน้าสัมผัสของรีเลย์ในรีเลย์บางตัวจะไม่มีแค่คอนแทคชุดเดียวเท่านั้น อาจจะมี 2 ชุด 3 ชุด หรือมากกว่านั้นก็ได้ การสังเกตว่ารีเลย์มีคอนแทคกี่ชุดนั้น ทำได้โดยการสังเกตขาของรีเลย์ โดยคอนแทค 1 ชุด จะมี 5 ขา คือ ขดลวด 2 ขา, NC 1 ขา, NO 1 ขา และ C 1 ขา ถ้ารีเลย์มี 8 ขา แสดงว่ามีขาขดลวด 2 ขา และคอนแทค 2 ชุด (6 ขา)

การสั่งซื้อรีเลย์ ต้องบอกค่าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายเข้าขดลวด ค่ากระแสสูงสุดที่ขดลวดทนได้ และบอกว่ามีคอนแทคกี่ชุด



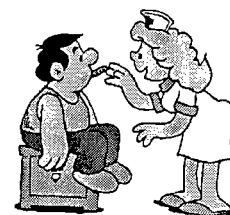
การทดลองที่ 15 วงจรกดดับปล่อยติด

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. อธิบายการทำงานของรีเลย์ในวงจรได้
2. บอกหน้าที่ของรีเลย์ได้

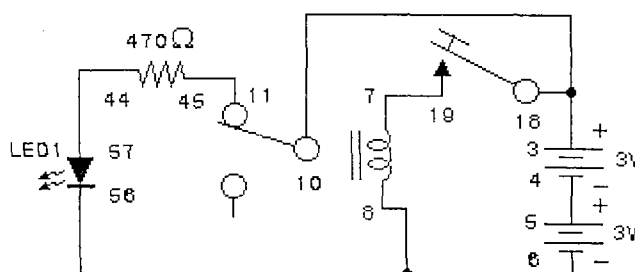


วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $470\ \Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
3. รีเลย์ (RELAY) ขนาด 6 V	1	ตัว
4. สายไฟ	8	เส้น
5. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	4	ก้อน
6. สวิตช์แบบกด (KEY)	1	ตัว
7. สวิตช์แบบเลื่อน	1	ตัว

ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 44 (ขาของตัวต้านทาน $470\ \Omega$)
3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 45 (ขาของตัวต้านทาน $470\ \Omega$) ไปยังตำแหน่งที่ 11- (ขาของสวิตช์ รีเลย์)

4. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 10 (ขาของสวิตช์รีเลย์) ไปยังตำแหน่งที่ 18 (สวิตช์ KEY) แล้วต่อจากขาของสวิตช์ KEY ไปยังตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
5. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 7 (ขาของรีเลย์) ไปยังตำแหน่งที่ 19 (สวิตช์ KEY)
6. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 8 (ขาของรีเลย์) แล้วต่อไปยังตำแหน่งที่ 6 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) จากนั้นเชื่อมต่อวงจรที่ตำแหน่ง 4 และ 5 ด้วยสายไฟ
7. เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว สังเกตการเปลี่ยนแปลงในวงจร บันทึกผล
8. กด - ปลดสวิตช์ KEY สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล



ผลการทดลอง



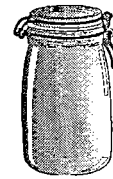
เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว LED1 กดสวิตช์ KEY ลง จะได้ยินเสียงดังคลิก LED1 ก็ดับ แต่เมื่อปลดสวิตช์ KEY ก็จะได้ยินเสียงดังคลิก และ LED1 ก็สว่างอีกครั้ง



สรุป

จากการทดลองเมื่อเราต่อวงจร LED1 จะเชื่อมต่อกับสวิตช์ของรีเลย์ที่ตำแหน่ง 11 ซึ่งตำแหน่ง 11 จะเชื่อมต่อกับตำแหน่ง 10 ถ้ารีเลย์ไม่ถูกกระตุ้น เรียกจุดเชื่อมที่ตำแหน่ง 11 ว่า “ปกติปิด” (NORMALLY CLOSES ; NC) แต่ถ้าเรากดสวิตช์ KEY สวิตช์รีเลย์จะถูกกระตุ้น ทำให้จุด 10 เชื่อมต่อกับจุด 9 เรียกจุดเชื่อมนี้ว่า “ปกติเปิด” (NORMALLY OPEN ; NO)

แนวการตอบคำถาม

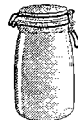


1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง

ตอบ ไดโอดเปล่งแสง (LED), ตัวต้านทาน ขนาด $470\ \Omega$, รีเลย์ ขนาด 6 V, สายไฟ, ถ่านไฟฉาย, สวิตช์แบบกด (KEY) และสวิตช์แบบเลื่อน

2. LED จะสว่างเมื่อใด จงอธิบาย

ตอบ ต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว LED จะสว่าง เพราะกระแสอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่จากขั้วลบของแบตเตอรี่ผ่าน LED ผ่านตัวต้านทาน ผ่านจุดสัมผัสของสวิตช์รีเลย์ที่ตำแหน่ง 11 - 10 กลับมายังขั้วบวกของแบตเตอรี่ ทำให้ LED สว่าง



3. เมื่อกดสวิตช์ KEY เกิดอะไรขึ้น จงอธิบาย

ตอบ เมื่อกดสวิตช์ KEY LED จะดับ เพราะรีเลย์จะถูกกระตุ้น เกิดการเปลี่ยนตำแหน่งของจุดสัมผัสจากตำแหน่ง 11 เป็น 9 ทำให้กระแสอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านจุดสัมผัสรีเลย์ที่ตำแหน่ง 9 และ 10 LED จึงดับ

4. รีเลย์มีหน้าที่อย่างไร

ตอบ เป็นสวิตช์แม่เหล็กไฟฟ้า ทำงานโดยอาศัยหลักการของแม่เหล็กไฟฟ้า

5. วงจรนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์อะไรได้บ้าง

ตอบ ใช้ทำวงจรป้องกันตู้নিরภัย, สัญญาณป้องกันการขโมย

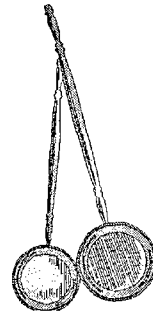


ความรู้เพิ่มเติม

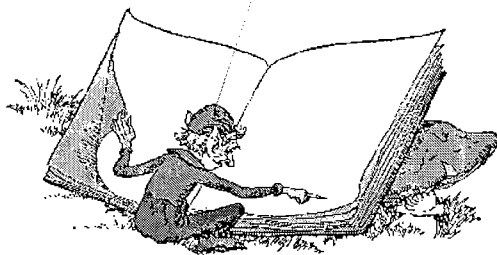


ในการทดลองนี้ โดยปกติสวิตช์ของรีเลย์ที่ตำแหน่ง 11 จะเชื่อมต่อกับตำแหน่ง 10 ถ้ารีเลย์ไม่ถูกกระตุ้น เรียกจุดเชื่อมที่ตำแหน่ง 11 ว่า “ปกติปิด” (NORMALLY CLOSES ; NC) แต่ถ้าเรากดสวิตช์ KEY สวิตช์รีเลย์จะถูกกระตุ้น ทำให้จุด 10 เชื่อมต่อกับจุด 9 เรียกจุดเชื่อมนี้ว่า “ปกติเปิด” (NORMALLY OPEN ; NO)

สวิตช์ KEY ที่อยู่ในวงจรนี้เป็นชนิดปกติเปิด (NORMALLY OPEN ; NO) เพราะตามปกติถ้าเราไม่กดสวิตช์ลง ก็จะเป็นวงจรเปิด



✂รีเลย์บางชนิด .. จะมีไดโอดอยู่ในตัวเพื่อป้องกัน
ความเสียหาย ...✂



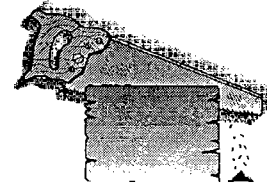
การทดลองที่ 16 วงจรเปิดค้าง

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. อธิบายการทำงานของรีเลย์ในวงจรได้
2. บอกประโยชน์ในการนำวงจรนี้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

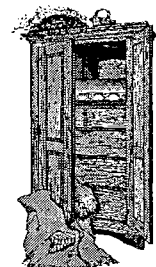
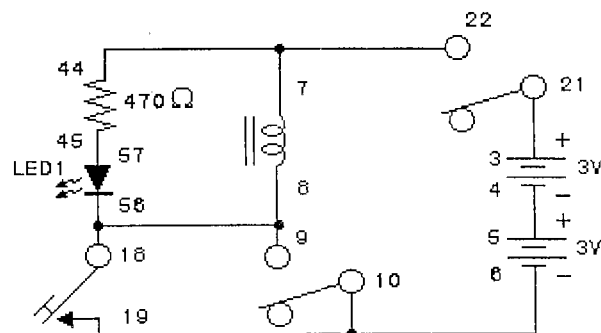


วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $470\ \Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
3. รีเลย์ (RELAY) ขนาด 6 V	1	ตัว
4. สายไฟ	10	เส้น
5. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	4	ก้อน
6. สวิตช์แบบกด (KEY)	1	ตัว
7. สวิตช์แบบเลื่อน	1	ตัว

ขั้นตอนการทดลอง

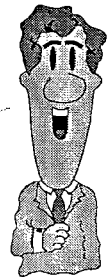
1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 45 (ขาของตัวต้านทาน $470\ \Omega$)
3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 44 (ขาของตัวต้านทาน $470\ \Omega$) ไปยังตำแหน่งที่ 7—(ขาของรีเลย์) จากนั้นต่อสายไฟจากขาของรีเลย์ไปยังตำแหน่ง 22 (ขาของสวิตช์)

4. ต่อดวงจรถูกต่อจากตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 18 (สวิตช์ KEY) แล้วต่อจากขาของสวิตช์ KEY ไปยังตำแหน่งที่ 8 (ขาของรีเลย์) จากนั้นต่อสายไฟไปยังตำแหน่งที่ 9 (สวิตช์ของรีเลย์)
5. ต่อดวงจรถูกต่อจากตำแหน่งที่ 19 (สวิตช์ KEY) ไปยังตำแหน่งที่ 10 (สวิตช์ของรีเลย์) แล้วต่อสายไฟไปยังตำแหน่งที่ 6 (ขั้วลบของแบตเตอรี่)
6. ต่อดวงจรถูกต่อจากตำแหน่งที่ 21 (ขาของสวิตช์) ไปยังตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่) จากนั้นเชื่อมต่อวงจรที่ตำแหน่ง 4 และ 5
7. เลื่อนสวิตช์ลง สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผล
8. จากนั้นกดสวิตช์ KEY สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล
9. ปลดสวิตช์ KEY สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล

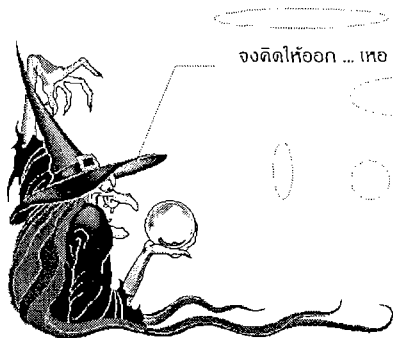
รีเลย์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ไฟฟ้า ..



ผลการทดลอง



เลื่อนสวิตช์ลง ยังไม่มีอะไรเกิดขึ้น วงจรมีแสงยังไม่สมบูรณ์ LED1 ยังไม่สว่าง เพราะสวิตช์ KEY และรีเลย์ยังเป็นวงจรเปิด เมื่อกดสวิตช์ KEY ลง วงจรจะปิด กระแสอิเล็กทรอนิกส์จะเคลื่อนที่ผ่านตัวควบคุมที่จุดสัมผัสของสวิตช์รีเลย์ ทำให้รีเลย์ถูกกระตุ้น LED1 จะสว่าง ปลดสวิตช์ KEY LED1 ยังคงสว่างค้างอยู่



จงคิดให้ออก ... เทอ ๗ ๗

สรุป

เมื่อกดสวิตช์ KEY ลง วงจรปิด กระแสอิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่ผ่านตัวควบคุมที่จุดสัมผัสของรีเลย์ ทำให้รีเลย์ถูกกระตุ้น LED1 จึงสว่าง เมื่อปลดสวิตช์ KEY วงจรมีแสงยังไม่สมบูรณ์ เพราะเมื่อรีเลย์ถูกกระตุ้นมันจะเชื่อมต่อจุดปลายที่ตำแหน่ง 9 และ 10 ถ้าต้องการปิด LED1 จะต้องเลื่อนสวิตช์ขึ้น วงจรนี้สามารถนำไปใช้ในระบบเตือนภัย เมื่อมีผู้บุกรุกเข้ามาและปิดประตู

แนวการตอบคำถาม



1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง

ตอบ ไดโอดเปล่งแสง (LED), ตัวต้านทาน ขนาด $470\ \Omega$, รีเลย์ ขนาด 6 V, สายไฟ, ถ่านไฟฉาย, สวิตช์แบบกด (KEY) และสวิตช์แบบเลื่อน

2. จากการทดลอง เมื่อเลื่อนสวิตช์ลง เกิดอะไรขึ้น เพราะเหตุใด

ตอบ ไม่มีอะไรเกิดขึ้น เพราะวงจรไม่สมบูรณ์ สวิตช์ KEY และรีเลย์ยังเป็นวงจรเปิด

3. เมื่อเลื่อนสวิตช์ลงและกดสวิตช์ KEY มีอะไรเกิดขึ้น เพราะเหตุใด

ตอบ เมื่อกดสวิตช์ KEY ลง วงจรจะปิด กระแสไฟฟ้าจะเคลื่อนที่ผ่านตัวควบคุมจุดสัมผัสของรีเลย์ กระตุ้นให้สวิตช์รีเลย์ เชื่อมต่อที่ตำแหน่ง 9 และ 10 ทำให้ LED1 สว่าง ถึงแม้ว่าจะปล่อยมือจากสวิตช์ KEY แล้วก็ตาม

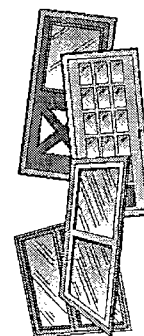


4. จงอธิบายการทำงานของรีเลย์ในวงจร

ตอบ รีเลย์ เป็นสวิตช์แม่เหล็กไฟฟ้า จะทำงานเมื่อได้รับแรงดันไฟฟ้า กดสวิตช์ KEY ลง วงจรปิด กระแสไฟฟ้าจะเคลื่อนที่ผ่านตัวควบคุมที่จุดสัมผัสของรีเลย์ ทำให้รีเลย์ถูกกระตุ้น LED1 จึงสว่าง เมื่อปล่อยสวิตช์ KEY วงจรก็ยังคงสมบูรณ์ เพราะเมื่อรีเลย์ถูกกระตุ้นมันจะเชื่อมต่อจุดปลายที่ตำแหน่ง 9 และ 10 ถ้าต้องการปิด LED1 จะต้องเลื่อนสวิตช์ขึ้น

5. นักเรียนคิดว่าสามารถนำวงจรนี้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้หรือไม่ ยกตัวอย่าง

ตอบ ได้ เช่น ระบบเตือนภัย เมื่อมีผู้บุกรุกเข้ามาและปิดประตู

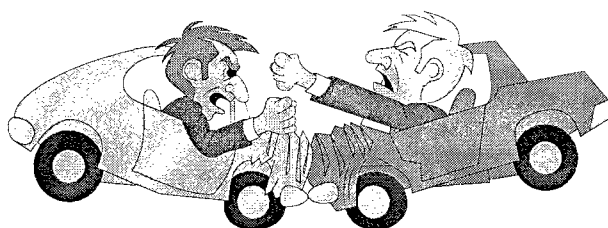


ความรู้เพิ่มเติม

รีเลย์ เป็นสวิตช์แม่เหล็กไฟฟ้า จะทำงานเมื่อได้รับแรงดันไฟฟ้า ในการทดลองเมื่อกดสวิตช์ KEY ลง วงจรจะปิด ทำให้กระแสอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านตัวควบคุมที่จุดสัมผัสของรีเลย์ รีเลย์ถูกกระตุ้น LED1 จึงสว่าง เมื่อปล่อยสวิตช์ KEY วงจรก็ยังคงสมบูรณ์ เพราะเมื่อรีเลย์ถูกกระตุ้นมันจะเชื่อมต่อจุดปลายที่ตำแหน่ง 9 และ 10 ถ้าต้องการปิด LED1 จะต้องเลื่อนสวิตช์ขึ้น (วงจรเปิด)



วงจรสัญญาณเตือนการบุกรุก สัญญาณกันขโมยในรถยนต์ วงจรเหล่านี้เมื่อทำงานแล้วมันจะทำงานค้างตลอดจนกว่าจะตัดไฟออกจากวงจร ดังนั้นเมื่อทำเป็นป้องกันขโมยอาจนำสวิตช์ที่ยึดไว้ที่ประตู เมื่อเปิดประตูรถสวิตช์ก็จะต้องวงจรให้วงจรทำงาน และถึงจะปิดประตูกลับคืนวงจรก็ยังคงทำงานค้างตลอด ซึ่งสามารถเปลี่ยน LED เป็นเสียงไซเรน เสียงออด หรือกระดิ่งตามต้องการ



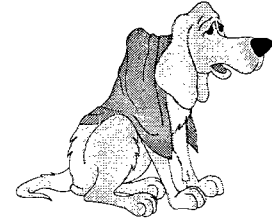
การทดลองที่ 17 วงจรปิดค้าง

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. อธิบายการทำงานของรีเลย์ในวงจรได้
2. บอกประโยชน์ในการนำวงจรนี้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

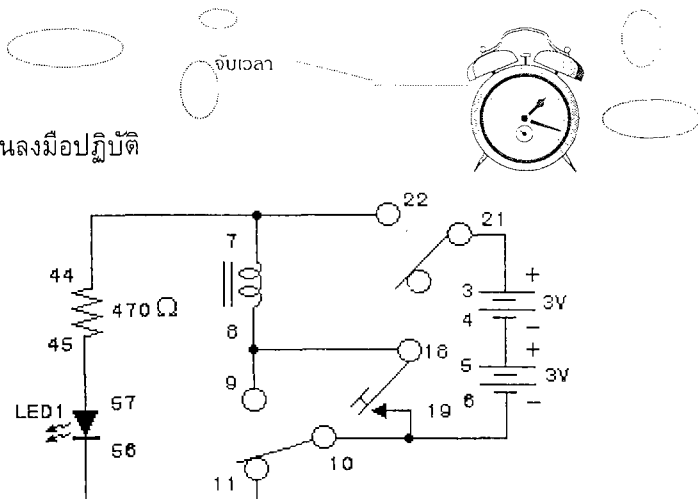


วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $470\ \Omega\ \frac{1}{4}\ W$	1	ตัว
3. รีเลย์ (RELAY) ขนาด 6 V	1	ตัว
4. สายไฟ	10	เส้น
5. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	4	ก้อน
6. สวิตช์แบบกด (KEY)	1	ตัว
7. สวิตช์แบบเลื่อน	1	ตัว

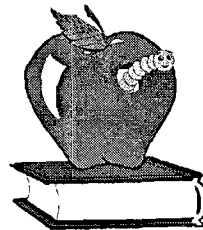
ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 11 (สวิตช์ของรีเลย์)
3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 45 (ขาของตัวต้านทาน $470\ \Omega$)
4. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 44 (ขาของตัวต้านทาน $470\ \Omega$) ไปยังตำแหน่งที่ 7 (ขาของรีเลย์) แล้วต่อจากขาของรีเลย์ไปยังตำแหน่งที่ 22 (ขาของสวิตช์)

5. ต่อดวงจรจากตำแหน่งที่ 8 (ขาของรีเลย์) ไปยังตำแหน่งที่ 9 (สวิตช์ของรีเลย์) แล้วต่อสายไฟไปยังตำแหน่งที่ 18 (สวิตช์ KEY)
6. ต่อดวงจรจากตำแหน่งที่ 10 (สวิตช์ของรีเลย์) ไปยังตำแหน่งที่ 19 (สวิตช์ KEY) แล้วต่อจากสวิตช์ KEY ไปที่ตำแหน่งที่ 6 (ขั้วลบของแบตเตอรี่)
7. จากนั้นต่อดวงจรตำแหน่งที่ 21 (ขาของสวิตช์) ไปที่ตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่) จากนั้นเชื่อมต่อดวงจรที่ตำแหน่ง 4 และ 5 ด้วยสายไฟ
8. เลื่อนสวิตช์ลง สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บนที่กผล
9. กดสวิตช์ KEY สังเกตการเปลี่ยนแปลง บนที่กผล
10. ปลดสวิตช์ KEY สังเกตการเปลี่ยนแปลง บนที่กผล



ผลการทดลอง



เลื่อนสวิตช์ลง LED1 จะสว่าง เมื่อกดสวิตช์ KEY รีเลย์จะถูกกระตุ้น จะมีเสียงดังคลิก และ LED1 ก็ดับ ปลดสวิตช์ KEY LED1 ก็ยังคงดับ



สรุป

เลื่อนสวิตช์ลง ปรากฏว่า LED1 จะสว่าง เมื่อกดสวิตช์ KEY ลง รีเลย์จะถูกกระตุ้น หน้าสัมผัสของสวิตช์ที่ตำแหน่ง 9 และ 10 เชื่อมต่อกัน หน้าสัมผัสของสวิตช์รีเลย์ที่ตำแหน่ง 10 และ 11 แยกออกจากกัน จะมีเสียงดังคลิก LED1 ก็ดับ เมื่อปลดสวิตช์ KEY รีเลย์ก็ยังไม่มีการเคลื่อนไหว LED1 ก็ยังคงดับ ถ้าต้องการให้ LED1 สว่างอีกครั้ง ก็ต้องปิดสวิตช์ (เลื่อนสวิตช์ขึ้น) จากนั้นก็เปิดสวิตช์ใหม่ (เลื่อนสวิตช์ลง) LED1 จึงจะสว่าง



แนวการตอบคำถาม



1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง

ตอบ ไดโอดเปล่งแสง (LED), ตัวต้านทาน ขนาด $470\ \Omega$, รีเลย์ ขนาด 6 V, สายไฟ, ถ่านไฟฉาย, สวิตช์แบบกด (KEY) และสวิตช์แบบเลื่อน

2. จากการทดลอง เมื่อเลื่อนสวิตช์ลง เกิดอะไรขึ้น เพราะเหตุใด

ตอบ LED1 สว่าง เพราะกระแสอิเล็กทรอนิกส์ที่จากขั้วลบของแบตเตอรี่ ผ่านตัวต้านทานมายังขั้วบวกของแบตเตอรี่ กระแสเคลื่อนที่ครบวงจร LED1 จึงสว่าง

3. เมื่อกดสวิตช์ KEY แล้ว เกิดอะไรขึ้น อธิบาย

ตอบ จะมีเสียงดังคลิก LED1 จะดับ เพราะสวิตช์รีเลย์ได้รับการกระตุ้น ทำให้สวิตช์ที่ตำแหน่ง 10 และ 11 แยกออกจากกัน มาเชื่อมต่อที่ตำแหน่ง 9 แทน ทำให้กระแสอิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่ผ่าน LED1 ทำให้ LED1 ดับ

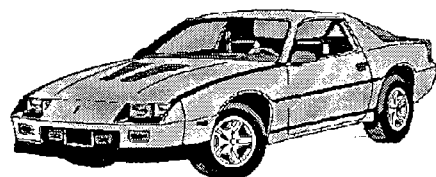


4. จงอธิบายการทำงานของรีเลย์ในวงจร

ตอบ เมื่อกดสวิตช์ KEY ลง รีเลย์จะถูกกระตุ้น สวิตช์ที่ตำแหน่ง 9 และ 10 เชื่อมต่อกัน หน้าสัมผัสของสวิตช์รีเลย์ที่ตำแหน่ง 10 และ 11 แยกออกจากกัน จะมีเสียงดังคลิก LED1 ก็ดับ เมื่อปล่อยสวิตช์ KEY รีเลย์ก็ยังไม่มีการเคลื่อนไหว LED1 ก็ยังคงดับ ถ้าต้องการให้ LED1 สว่างอีกครั้ง ก็ต้องปิดวงจร (เลื่อนสวิตช์ขึ้น) จากนั้นก็เปิดวงจรใหม่ (เลื่อนสวิตช์ลง) LED1 จึงจะสว่าง

5. นักเรียนคิดว่าสามารถนำวงจรนี้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้หรือไม่ ยกตัวอย่าง

ตอบ ได้ เช่น ระบบเตือนภัยในรถยนต์

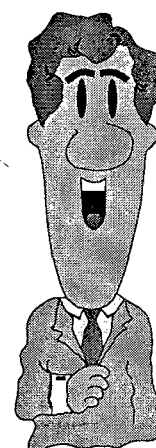


ความรู้เพิ่มเติม

ในการทดลองนี้จะคล้ายกันกับการทดลองที่ 16 แต่วงจรนี้เป็นวงจรปิดค้าง จากการทดลองเมื่อเลื่อนสวิตช์ลง ปรากฏว่า LED1 จะสว่าง จากนั้นกดสวิตช์ KEY ลง รีเลย์จะถูกกระตุ้น ทำให้สวิตช์ที่ตำแหน่ง 9 และ 10 เชื่อมต่อกัน หน้าสัมผัสของสวิตช์รีเลย์ที่ตำแหน่ง 10 และ 11 แยกออกจากกัน เกิดการเหนี่ยวนำมีเสียงดังคลิก LED1 ก็ดับ ปลอยสวิตช์ KEY รีเลย์ก็ยังไม่มีการเคลื่อนไหว แสดงว่าวงจรปิดค้างไว้ LED1 ก็ยังคงดับ ถ้าต้องการให้ LED1 สว่างอีกครั้ง ก็ต้องปิดวงจร (เลื่อนสวิตช์ขึ้น) จากนั้นก็เปิดวงจรใหม่ (เลื่อนสวิตช์ลง) LED1 จึงจะสว่าง



คุณจะได้ยินเสียงดังคลิก .. เมื่อรีเลย์ถูกกระตุ้น
เพราะมันสามารถเหนี่ยวนำได้ด้วยตัวเอง ...



การทดลองที่ 18 ทรานซิสเตอร์ทำงานอย่างไร

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

- เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ
1. บอกหลักการทำงานของทรานซิสเตอร์ได้
 2. บอกชื่อของทรานซิสเตอร์ในวงจรได้

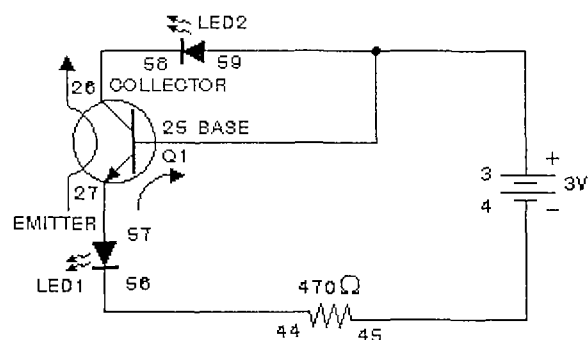


วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	2	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $470\ \Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
3. ทรานซิสเตอร์	1	ตัว
4. สายไฟ	6	เส้น
5. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	2	ก้อน

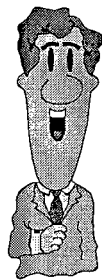
ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 44 (ขาของตัวต้านทาน $470\ \Omega$)
3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 45 (ขาของตัวต้านทาน $470\ \Omega$) ไปยังตำแหน่งที่ 4 (ขั้วลบของ แบตเตอรี่)

4. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 27 (ขา EMITTER)
5. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 26 (ขา COLLECTOR) ไปยังตำแหน่งที่ 58 (ขาของ LED2)
6. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 59 (ขาของ LED2) ไปยังตำแหน่งที่ 25 (ขา BASE) แล้วต่อไปที่ตำแหน่ง 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
7. สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผล



เจอกันอีกแล้วนะครับ สุนัขโหม ..



ผลการทดลอง

จากการทดลอง เมื่อต่อดวงจรถูกเรียบร้อยแล้ว LED1 จะสว่าง แต่ LED2 ไม่สว่าง



สรุป

ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่คล้ายกับไดโอด คือ ให้กระแสไหลผ่านได้ทางเดียว จากการทดลอง เมื่อต่อดวงจรถูกเรียบร้อยแล้ว LED1 จะสว่าง เพราะมีกระแสอิเล็กตรอนไหลจากอิมิตเตอร์ (EMITTER) ไปยังเบส (BASE) และอีกส่วนหนึ่งไหลจากอิมิตเตอร์ (EMITTER) ไปยังคอลเลคเตอร์ (COLLECTOR) แต่มีน้อยมาก ทำให้ LED2 ไม่สว่าง



แนวการตอบคำถาม



1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง

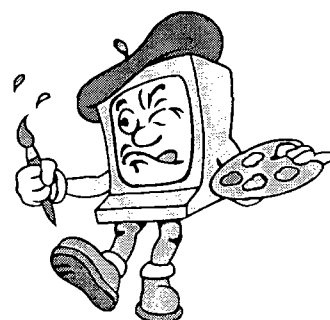
ตอบ ไดโอดเปล่งแสง (LED), ตัวต้านทาน ขนาด 470 Ω , ทรานซิสเตอร์, สายไฟ และถ่านไฟฉาย

2. จากการทดลอง นักเรียนบอกได้หรือไม่ว่าทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่คล้ายกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดใด

ตอบ ไดโอด

3. ทรานซิสเตอร์มีขั้วกี่ขั้ว อะไรบ้าง

ตอบ 3 ขั้ว ได้แก่ เบส, อิมิตเตอร์ และคอลเลคเตอร์

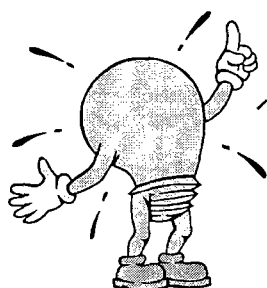


4. ให้นักเรียนทดลองสลับสายไฟที่ตำแหน่ง 25 และ 27 เกิดอะไรขึ้น อธิบาย

ตอบ LED ทั้งสองตัวไม่สว่าง เพราะไม่มีกระแสอิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่ผ่านทรานซิสเตอร์จากเบสไปยังอิมิตเตอร์

5. ในวงจรนี้ ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่อะไร

ตอบ ควบคุมกระแสอิเล็กทรอนิกส์ให้เคลื่อนที่ในวงจรทิศทางเดียว



ทรานซิสเตอร์ตัวแรก ผลิตขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1947



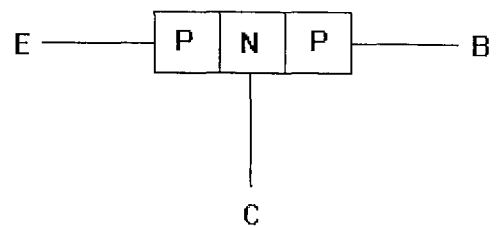
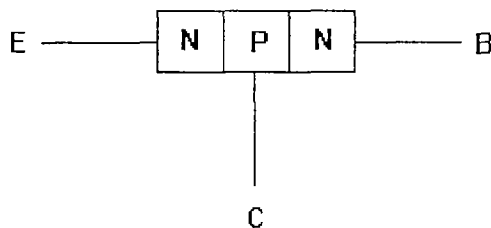
ความรู้เพิ่มเติม

ทรานซิสเตอร์

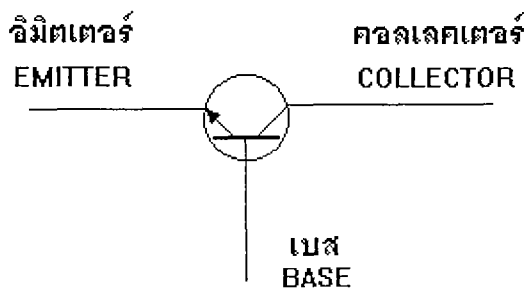
ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่คล้ายกับไดโอดเป็นสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ แต่ทรานซิสเตอร์สามารถควบคุมการไหลของกระแสได้ โดยควบคุมที่ขาเบส (Base) ซึ่งต่างจากไดโอดเพราะไดโอดไม่สามารถควบคุมกระแสได้ เพียงแต่ต่อให้ถูกขั้วก็นำกระแสได้แล้ว

โครงสร้างของทรานซิสเตอร์

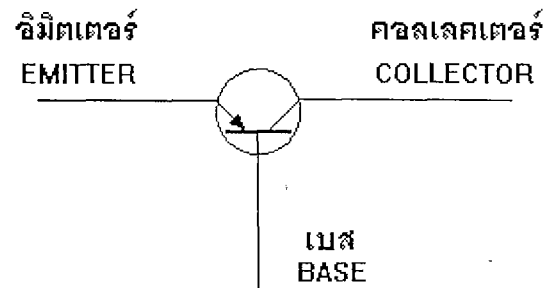
โครงสร้างของทรานซิสเตอร์จะประกอบด้วยสารชนิด N และ P ดังรูป



สัญลักษณ์



ทรานซิสเตอร์แบบ NPN



ทรานซิสเตอร์แบบ PNP

ทรานซิสเตอร์มี 2 ชนิด คือ ชนิด NPN และ PNP ซึ่งทรานซิสเตอร์ทั้งสองชนิดนี้ มี 3 ขั้ว คือ อิมิตเตอร์ (EMITTER) เบส (BASE) และ คอลเลคเตอร์ (COLLECTOR) แต่ละขั้วหน้าที่เฉพาะการใช้งานตามปกติจาก อิมิตเตอร์ไปเบส จะต่อแบบเตอเรียแบบ ฟอเวิสไบอัส และจาก คอลเลคเตอร์ไปเบส จะต่อแบบเตอเรียแบบ รีเวิสไบอัส

ความแตกต่างของสัญลักษณ์แบบ NPN และ PNP คือ หัวลูกศรที่ขั้วอิมิตเตอร์ NPN หัวลูกศรชี้ออก แต่ PNP หัวลูกศรชี้เข้า ในการทดลองนี้ใช้ชนิด NPN

เวลาทำงานจะมีกระแสไหลระหว่างคอลเลคเตอร์และอิมิตเตอร์ แบบ NPN อิเล็กตรอนจะไหลจากอิมิตเตอร์ไปยังคอลเลคเตอร์ (สวนทางกับทิศหัวลูกศร) แบบ PNP อิเล็กตรอนจะไหลจากคอลเลคเตอร์ไปยังอิมิตเตอร์ (สวนทิศกับหัวลูกศรเช่นกัน) สรุปได้ว่ากระแสจะไหลผ่านทรานซิสเตอร์แต่ละแบบในทิศทางสวนกับทิศทางของหัวลูกศรของขั้วอิมิตเตอร์เสมอ



ต้องใช้ทรานซิสเตอร์อย่างระวัง เพราะมันชำรุดง่าย

หลักการใช้ทรานซิสเตอร์ในวงจร

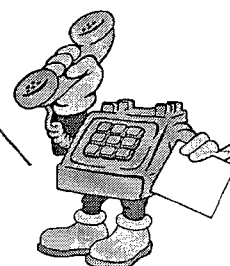
ทรานซิสเตอร์แบบ NPN ที่ขั้วทั้ง 3 ขั้ว จะต้องจัดให้มีขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้า ในลักษณะต่อไปนี้

1. ขั้วอิมิตเตอร์เป็นลบ เมื่อเปรียบเทียบกับขั้วเบสและขั้วคอลเลคเตอร์
2. ขั้วคอลเลคเตอร์เป็นบวก เมื่อเปรียบเทียบกับอิมิตเตอร์และเบส

ทรานซิสเตอร์แบบ PNP จะมีหลักตรงข้ามกับแบบ NPN คือ

1. ขั้วอิมิตเตอร์เป็นบวก เมื่อเปรียบเทียบกับคอลเลคเตอร์และเบส
2. ขั้วคอลเลคเตอร์เป็นลบ เมื่อเปรียบเทียบกับอิมิตเตอร์และเบส

ทรานซิสเตอร์ที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นแบบ NPN



การทดลองที่ 19 ทรานซิสเตอร์ทำงานแบบสวิตช์

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

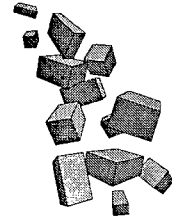
จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. อธิบายได้ว่าทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ปิด - เปิดวงจร
2. ต่อทรานซิสเตอร์ในวงจรเพื่อให้ทรานซิสเตอร์นำกระแสอิเล็กทรอนิกส์ได้

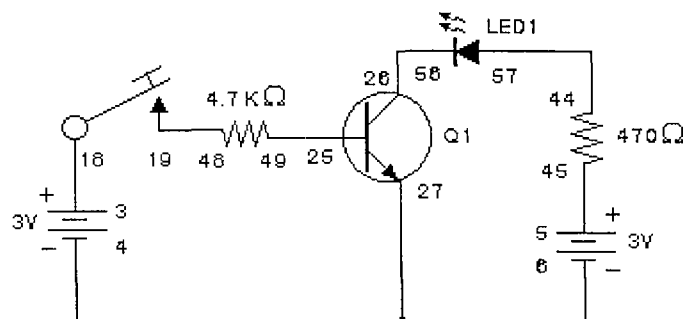
วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $470\ \Omega$ $\frac{1}{4}\ W$	1	ตัว
3. ตัวต้านทาน ขนาด $4.7\ K\Omega$ $\frac{1}{4}\ W$	1	ตัว
4. ทรานซิสเตอร์	1	ตัว
4. สายไฟ	8	เส้น
5. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	4	ก้อน
6. สวิตช์แบบกด (KEY)	1	ตัว



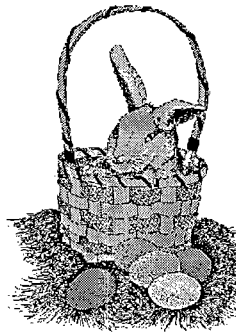
ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 26 (ขา COLLECTOR)
3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 44 (ขาของตัวต้านทาน $470\ \Omega$)
4. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 45 (ขาของตัวต้านทาน $470\ \Omega$) ไปยังตำแหน่งที่ 5 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)

5. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 48 (ขาของตัวต้านทาน $4.7\text{ K}\Omega$) ไปยังตำแหน่งที่ 19 (สวิตช์ KEY)
6. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 49 (ขาของตัวต้านทาน $4.7\text{ K}\Omega$) ไปยังตำแหน่งที่ 25 (ขา BASE)
7. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 27 (ขา EMITTER) ไปยังตำแหน่งที่ 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) แล้วต่อไปตำแหน่งที่ 6 (ขั้วลบของแบตเตอรี่)
8. จากตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่) ต่อไปที่ตำแหน่ง 18 (สวิตช์ KEY)
9. สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว บันทึกผล
10. จากนั้นกดสวิตช์ KEY สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล



ผลการทดลอง



เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว ยังไม่มีอะไรเกิดขึ้น แต่ถ้ากดสวิตช์ KEY ลง LED1 จะสว่าง

สรุป



ในการทดลองนี้ตัวทรานซิสเตอร์ ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ ปิด - เปิด ให้กระแสอิเล็กทรอนิกส์ไหลผ่านจากอิมิตเตอร์ไปยังเบส หรือให้กระแสอิเล็กทรอนิกส์ไหลจากอิมิตเตอร์ไปยังคอลเลคเตอร์ ส่วนของอิมิตเตอร์ไปยังเบสจะทำหน้าที่เป็นสวิตช์เปิดส่วนของอิมิตเตอร์ - คอลเลคเตอร์



แนวการตอบคำถาม



1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง

ตอบ ไดโอดเปล่งแสง (LED), ตัวต้านทาน ขนาด 470 Ω , ตัวต้านทาน ขนาด 4.7 K Ω ,
ทรานซิสเตอร์, สายไฟ, ถ่านไฟฉาย และสวิตช์แบบกด

2. เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว กดสวิตช์ KEY ให้นักเรียนอธิบายการเคลื่อนที่ของกระแสอิเล็กตรอนในวงจร

ตอบ ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ปิด - เปิด ให้กระแสอิเล็กตรอนไหลจากอิมิตเตอร์ไปยังเบสหรือให้กระแสอิเล็กตรอนไหลจากอิมิตเตอร์ไปยังคอลเลคเตอร์
เมื่อกดสวิตช์ KEY ลง LED จะสว่าง เพราะมีกระแสอิเล็กตรอนไหลผ่าน LED ถึงแม้ว่า LED จะไม่ได้เป็นส่วนเดียวกันกับวงจรของสวิตช์ KEY เกิดจากการที่กระแสอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านวงจร INPUT แล้วเคลื่อนไปตามวงจร OUTPUT เมื่อปล่อยสวิตช์ KEY กระแสอิเล็กตรอนจะหยุดไหล ไม่มีกระแสอิเล็กตรอนไหลผ่านวงจร INPUT และทำให้ไม่มีกระแสอิเล็กตรอนในวงจร OUTPUT ด้วย



3. นักเรียนคิดว่าในการทดลองนี้มีกี่วงจร จงอธิบายการทำงานของแต่ละวงจร

ตอบ 2 วงจร

วงจรที่ 1 กระแสอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่จากขั้วลบของแบตเตอรี่ ผ่านอิมิตเตอร์ เบส

ตัวต้านทาน สวิตช์ KEY แล้วกลับมายังขั้วบวก วงจรนี้เรียกว่า "วงจร INPUT"

วงจรที่ 2 กระแสอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ผ่านขั้วลบของแบตเตอรี่อีกชุดหนึ่ง ผ่านอิมิตเตอร์

คอลเลคเตอร์ ผ่าน LED ผ่านตัวต้านทาน แล้วกลับมายังขั้วบวกของแบตเตอรี่

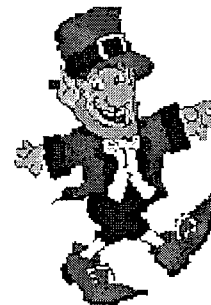
วงจรนี้ เรียกว่า "วงจร OUTPUT"

4. เมื่อกดสวิตช์ KEY เกิดอะไรขึ้น

ตอบ LED1 สว่าง

5. เมื่อปล่อยสวิตช์ KEY เกิดอะไรขึ้น

ตอบ LED1 จะดับ



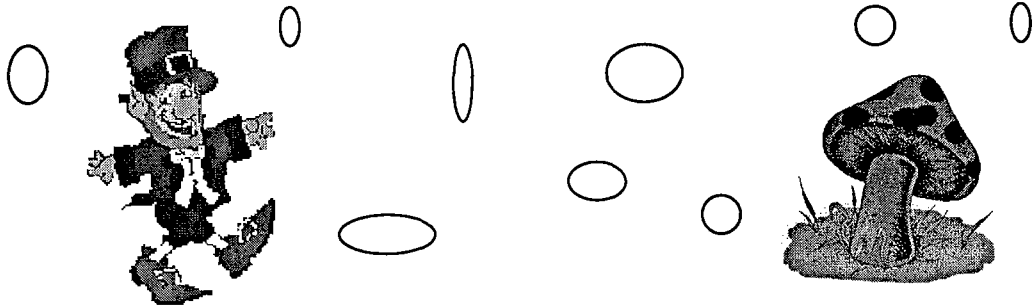
ความรู้เพิ่มเติม



ทรานซิสเตอร์ทำงานอย่างไร

ทรานซิสเตอร์สามารถทำหน้าที่เป็นสวิตช์ปิด - เปิดวงจรได้ โดยให้กระแสเพียงเล็กน้อยที่ขั้วเบสของทรานซิสเตอร์ ถ้าไม่มีกระแสที่ขั้วเบส จะไม่มีกระแสไหลระหว่างขั้วคอลเลคเตอร์และอีมิเตอร์ เพราะทรานซิสเตอร์จะไม่ทำงาน

กระแสเพียงเล็กน้อยที่ขั้วเบสทำให้ทรานซิสเตอร์สามารถนำกระแสจากคอลเลคเตอร์ไปยังอีมิเตอร์ มีกระแสปริมาณมากไหลผ่านทรานซิสเตอร์ ทรานซิสเตอร์จะทำงาน ซึ่งจะทำให้กระแสไหลผ่านตัวต้านทานและไดโอดเปล่งแสง ไดโอดเปล่งแสงจะสว่าง เพราะทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์

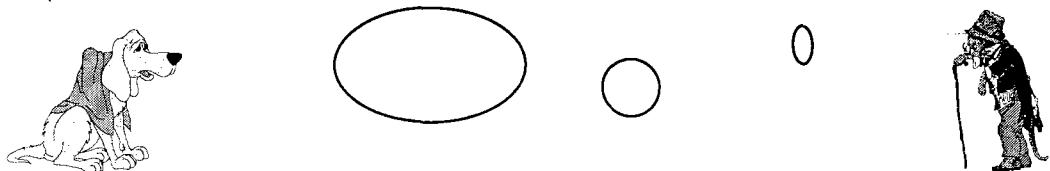


การทดลองนี้เราแยกชุดแบตเตอรี่ในวงจร INPUT และ วงจร OUTPUT ทำให้มี 2 วงจร คือ

วงจรที่ 1 กระแสอิเล็กทรอนิกส์จะเคลื่อนที่จากขั้วลบของแบตเตอรี่ ผ่านขั้วอีมิเตอร์ของทรานซิสเตอร์ไปยังขั้วเบส ตัวต้านทานและสวิตช์ KEY กลับมายังขั้วบวกของแบตเตอรี่ เรียกวงจรนี้ว่า "วงจร INPUT"

วงจรที่ 2 กระแสอิเล็กทรอนิกส์จะเคลื่อนที่ผ่านขั้วลบของแบตเตอรี่อีกชุดหนึ่งผ่านขั้วอีมิเตอร์ของทรานซิสเตอร์ไปยังคอลเลคเตอร์ ผ่าน LED และตัวต้านทาน จากนั้นกลับมายังขั้วบวกของแบตเตอรี่ วงจรนี้เรียกว่า "วงจร OUTPUT"

จะเห็นว่า LED จะสว่างเมื่อกดสวิตช์ KEY ทั้งๆ ที่ LED และสวิตช์ KEY ต่างก็แยกวงจรกัน ซึ่งเป็นผลมาจากวงจร INPUT นั่นเอง เพราะเมื่อกระแสอิเล็กทรอนิกส์ไหลผ่านวงจร INPUT ก็จะมีกระแสอิเล็กทรอนิกส์ไหลไปตามวงจร OUTPUT LED ก็สว่างขึ้น เมื่อปล่อยสวิตช์ KEY กระแสอิเล็กทรอนิกส์หยุดไหล ไม่มีกระแสผ่านวงจร INPUT ทำให้ในวงจร OUTPUT ไม่มีกระแสไหลผ่านเช่นกัน



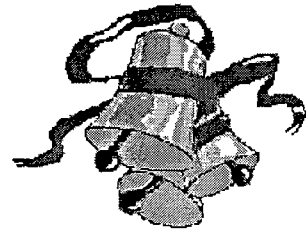
การทดลองที่ 20 วงจรกำเนิดเสียงไซเรน

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. บอกหลักการทำงานของวงจรกำเนิดเสียงไซเรนได้
2. บอกงานที่เกี่ยวข้องกับวงจรกำเนิดเสียงไซเรนได้



วัสดุอุปกรณ์

1. ตัวต้านทาน ขนาด $470\text{ K}\Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $100\text{ K}\Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
3. ตัวเก็บประจุ ขนาด $0.0022\text{ }\mu\text{F}$	1	ตัว
4. ตัวเก็บประจุ ขนาด $0.022\text{ }\mu\text{F}$	1	ตัว
5. ทรานซิสเตอร์	2	ตัว
6. ออกไฟฟ้า	1	ตัว

7. หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)	1	ตัว
8. สายไฟ	15	เส้น
9. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	2	ก้อน
10. สวิตช์ แบบกด (KEY)	1	ตัว

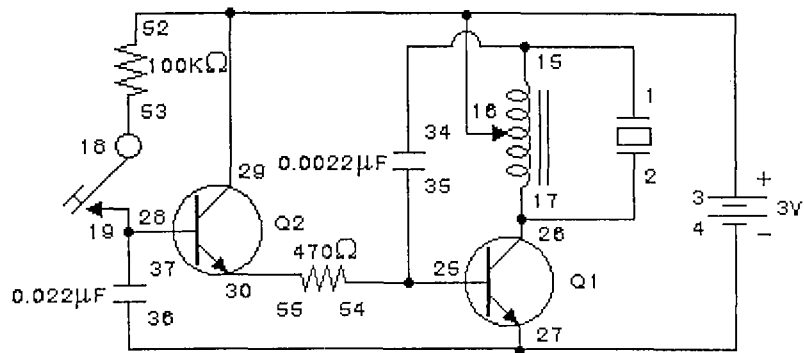


พักก่อนนะ

ขั้นตอนการทดลอง



1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 52 (ขาของตัวต้านทาน 100 K Ω) ไปยังตำแหน่งที่ 29 (ขา COLLECTOR) จากขาของคอลเลคเตอร์ต่อไปที่ตำแหน่ง 16 (ขาของทรานส์ฟอเมอร์) แล้วต่อไปยังตำแหน่งที่ 3 ขั้วบวกของแบตเตอรี่

3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 53 (ขาของตัวต้านทาน 100 K Ω) ไปยังตำแหน่งที่ 18 (สวิตช์ KEY)
4. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 19 (สวิตช์ KEY) ไปยังตำแหน่งที่ 28 (ขา BASE) แล้วต่อไปที่ตำแหน่ง 37 (ขาของตัวเก็บประจุ ขนาด 0.022 ไมโครฟารัด)
5. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 34 (ขาของตัวเก็บประจุ ขนาด 0.0022 ไมโครฟารัด) ไปยังตำแหน่งที่ 15 (ขาของทรานส์ฟอเมอร์) แล้วต่อไปยังตำแหน่งที่ 1 (ขาของออกไฟฟ้า)
6. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 54 (ขาของตัวต้านทาน 470 K Ω) ไปยังตำแหน่งที่ 35 (ขาของตัวเก็บประจุ ขนาด 0.0022 ไมโครฟารัด) แล้วต่อสายไฟไปที่ตำแหน่ง 25 (ขา BASE)
7. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 55 (ขาของตัวต้านทาน 470 K Ω) ไปยังตำแหน่งที่ 30 (ขา EMITTER)
8. จากตำแหน่งที่ 26 (ขา COLLECTOR) ไปที่ตำแหน่ง 17 (ขาของทรานส์ฟอเมอร์) แล้วจากขาของทรานส์ฟอเมอร์ต่อไปที่ตำแหน่ง 2 (ขาของออกไฟฟ้า)
9. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 36 (ขาของตัวเก็บประจุ ขนาด 0.022 ไมโครฟารัด) ไปยังตำแหน่งที่ 27 (ขา EMITTER) แล้วต่อจากขา EMITTER ไปที่ตำแหน่ง 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่)
10. สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว บันทึกผล
11. จากนั้นกดสวิตช์ KEY สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล



ผลการทดลอง



เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว เสียงออดิโอเล็กทรอนิกส์จะดัง เมื่อกดสวิตช์ KEY โทน (tone) เสียงของออดจะเปลี่ยนไปเป็นเสียงสูง เมื่อปล่อยสวิตช์ KEY โทนเสียงจะต่ำ

สรุป



วงจรนี้เป็นวงจรกำเนิดเสียง โดยอาศัยหลักการออสซิลเลตของทรานซิสเตอร์ ขดลวด และตัวเก็บประจุประกอบกัน สามารถเปลี่ยนโทนเสียงของวงจรได้ โดยการเพิ่ม - ลดค่าของตัวเก็บประจุ การประจุ - คายประจุของตัวเก็บประจุ ซึ่งจะมีผลต่อโทนเสียงเช่นกัน นอกจากนี้การเปลี่ยนค่าตัวต้านทาน ก็มีผลต่อเสียงเช่นกัน



แนวการตอบคำถาม

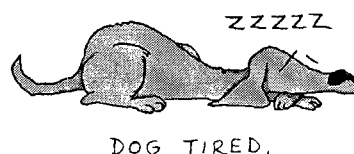


1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง

ตอบ ตัวต้านทาน ขนาด 470 K Ω , ตัวต้านทาน ขนาด 100 K Ω , ตัวเก็บประจุ ขนาด 0.0022 μ F, ตัวเก็บประจุ ขนาด 0.022 μ F, ทรานซิสเตอร์, ออดิโอเล็กทรอนิกส์, หม้อแปลงไฟฟ้า, สายไฟ, ถ่านไฟฉาย และสวิตช์แบบกด (KEY)

2. เมื่อกดสวิตช์ KEY เกิดอะไรขึ้น อธิบาย

ตอบ โทนเสียงของออดจะเปลี่ยนไป มีเสียงสูงขึ้น เพราะตัวเก็บประจุขนาด 0.022 ไมโครฟารัด จะเก็บประจุ ทำให้ทรานซิสเตอร์ตัวแรกทำงาน จะมีกระแสอิเล็กทรอนิกส์ไหลในวงจรออสซิลเลเตอร์ ทำให้เกิดเสียงสูง





3. เมื่อปล่อยสวิตช์ KEY เกิดอะไรขึ้น อธิบาย

ตอบ โทนเสียงของออดจะต่ำลง เพราะตัวเก็บประจุจะไม่มีประจุ กระแสอิเล็กทรอนิกส์ที่เคลื่อนที่ผ่านทรานซิสเตอร์จะลดลง ทำให้การสั่นเปลี่ยนไป ออสซิลเลเตอร์ทำงานช้าลง

4. จงอธิบายการทำงานของวงจรกำเนิดไซเรน

ตอบ วงจรกำเนิดเสียง (ไซเรน) อาศัยหลักการออสซิลเลตของทรานซิสเตอร์ ขดลวด และตัวเก็บประจุประกอบกัน สามารถเปลี่ยนโทนเสียงของวงจรได้ โดยการเพิ่ม - ลดค่าของตัวเก็บประจุ การประจุ - คายประจุของตัวเก็บประจุ ซึ่งจะมีผลต่อโทนเสียงเช่นกัน นอกจากนี้การเปลี่ยนค่าตัวต้านทานก็มีผลต่อเสียงเช่นกัน

5. วงจรกำเนิดไซเรนสามารถนำไปใช้ประโยชน์อะไรได้บ้าง

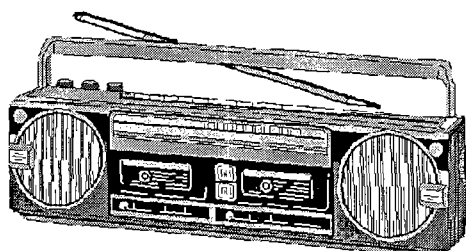
ตอบ สัญญาณเสียงของรถพยาบาล, รถตำรวจ, สัญญาณเตือนไฟไหม้



ความรู้เพิ่มเติม



วงจรออสซิลเลเตอร์เป็นวงจรที่ใช้กันมากในเครื่องรับ - เครื่องส่งวิทยุ เพื่อสร้างความถี่ขึ้นมาใช้งาน นอกจากนี้ยังทำเป็นวงจรกำเนิดเสียงต่างๆ หรือเลียนเสียงจากธรรมชาติ เช่น เสียงกลอง เสียงนก เป็นต้น ที่เห็นชัดเจนและมีวงจรคล้ายๆ กัน คือ วงจรเสียงไซเรน

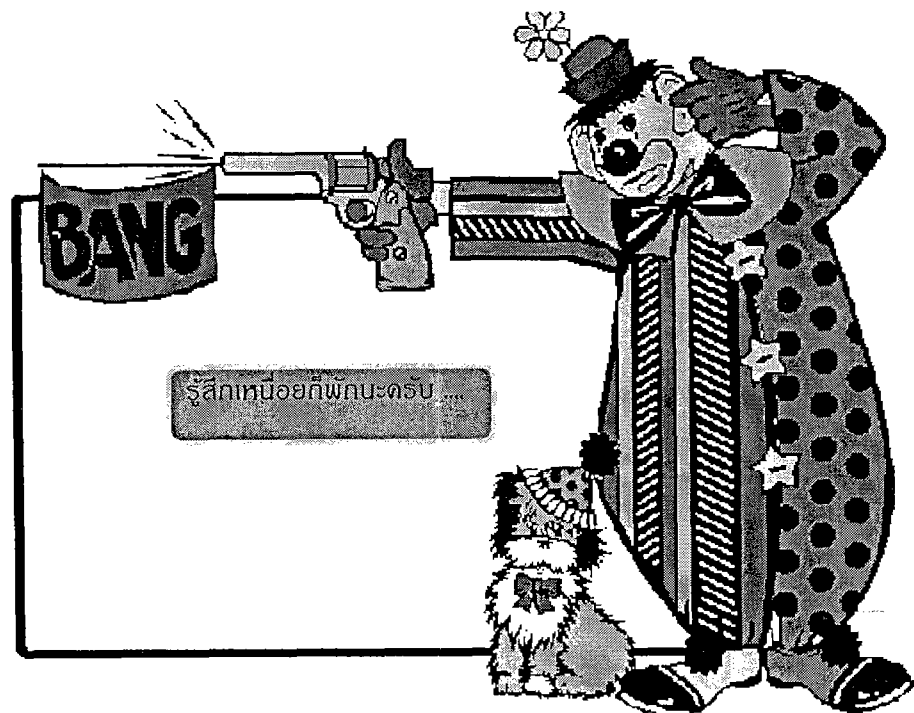
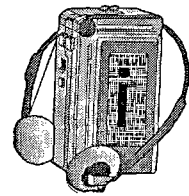


วงจรออสซิลเลเตอร์เป็นอย่างไร ?

หลักการสำคัญของออสซิลเลเตอร์ คือ สร้างคลื่นให้มีความถี่ตามที่ต้องการ และรักษาขนาดความถี่นี้ไว้ให้คงที่ตลอดเวลา อุปกรณ์จึงประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนควบคุมความถี่คลื่น และส่วนรักษาสภาพของคลื่นให้คงอยู่

อุปกรณ์ควบคุมความถี่ในทางอิเล็กทรอนิกส์มีหลายประเภท ได้แก่ ขดลวด และตัวเก็บประจุ การต่อขดลวดและตัวเก็บประจุเข้าด้วยกันจะสามารถควบคุมความถี่ได้ขนาดหนึ่ง ซึ่งเมื่อค่าของขดลวดหรือตัวเก็บประจุเปลี่ยนแปลง ความถี่จะถูกเปลี่ยนไปด้วย

ส่วนที่จะรักษาสภาพคลื่นให้คงอยู่นั้น ใช้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวควบคุม เพราะทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่ขยายสัญญาณได้ ทรานซิสเตอร์จะขยายความถี่ที่สร้างขึ้นให้มีกำลังแรงแล้วแบ่งส่วนหนึ่งของสัญญาณป้อนกลับเข้าในวงจรอีกครั้งหนึ่ง สัญญาณความถี่เดิมจะถูกขยายขึ้นใหม่ มีลักษณะเหมือนสัญญาณเดิม ดังนั้นความถี่ของคลื่นที่สร้างขึ้นจึงยังคงที่และมีสภาพเดิมอยู่ตลอดเวลา



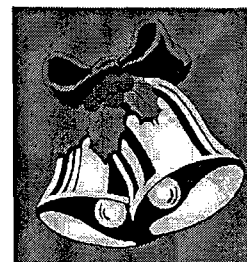
การทดลองที่ 21 ออกไฟฟ้า

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. อธิบายการทำงานของตัวเก็บประจุในวงจรได้
2. บอกได้ว่าตัวเก็บประจุสามารถควบคุมความถี่ของออสซิลเลเตอร์ (Oscillator)



วัสดุอุปกรณ์

1. ตัวต้านทาน ขนาด $470\text{ K}\Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
2. ตัวเก็บประจุ ขนาด $0.022\text{ }\mu\text{F}$	1	ตัว
3. ตัวเก็บประจุ ขนาด $47\text{ }\mu\text{F}$	1	ตัว
4. ทรานซิสเตอร์	1	ตัว
5. ออกไฟฟ้า	1	ตัว

6. หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)	1	ตัว
7. สายไฟ	12	เส้น
8. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	2	ก้อน
9. สวิตช์แบบกด (KEY)	1	ตัว

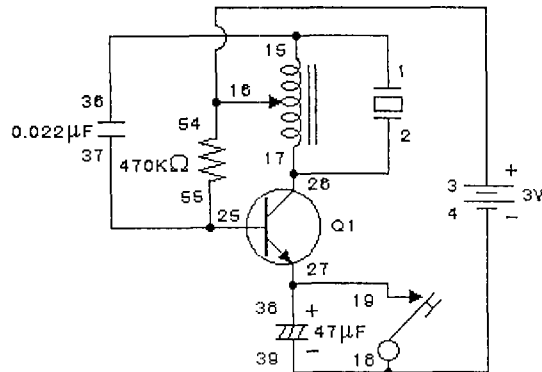


การเรียนมันไม่ลำบากหรอกครับ

ขั้นตอนการทดลอง



1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 36 (ขาของตัวเก็บประจุ ขนาด 0.022 ไมโครฟารัด) ไปยังตำแหน่งที่ 15 (ขาของทรานส์ฟอเมอร์) จากขาของทรานส์ฟอเมอร์ต่อไปที่ตำแหน่ง 1 (ขาของออกไฟฟ้า)

3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 54 (ขาของตัวต้านทาน 470 กิโลโอห์ม) ไปยังตำแหน่งที่ 16 (ขาของทรานส์ฟอเมอร์) แล้วต่อไปที่ตำแหน่ง 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)

4. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 37 (ขาของตัวเก็บประจุ ขนาด 0.022 ไมโครฟารัด) ไปยังตำแหน่งที่ 55 (ขาของตัวต้านทานขนาด 470 กิโลโอห์ม) แล้วต่อสายไฟไปที่ตำแหน่ง 25 (ขา BASE)

5. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 17 (ขาของทรานส์ฟอเมอร์) ไปที่ตำแหน่ง 26 (ขา COLLECTOR) แล้วจากขาของ COLLECTOR ไปที่ตำแหน่ง 2 (ขาของออกไฟฟ้า)

6. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 27 (ขา EMITER) ไปยังตำแหน่งที่ 38 (ขาของตัวเก็บประจุ ขนาด 47 ไมโครฟารัด) แล้วต่อสายไฟไปที่ตำแหน่ง 19 (สวิตช์ KEY)

7. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 39 (ขาของตัวเก็บประจุ ขนาด 47 ไมโครฟารัด) ไปยังตำแหน่งที่ 18 (สวิตช์ KEY) แล้วต่อจากสวิตช์ KEY ไปที่ตำแหน่ง 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่)

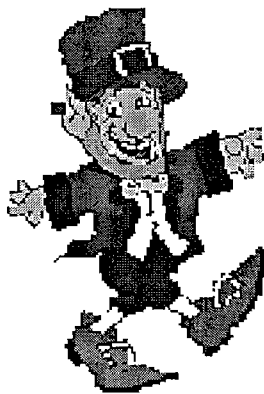
8. สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว บันทึกผล

9. จากนั้นกด - ปล่อยสวิตช์ KEY สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล



10. ทดลองเปลี่ยนตัวเก็บประจุ ขนาด 47 ไมโครฟารัด เป็นขนาด 470 ไมโครฟารัด ทำตามข้อ 9 สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล

11. แล้วเปลี่ยนตัวเก็บประจุ ขนาด 0.022 ไมโครฟารัด เป็นขนาด 0.0022 ไมโครฟารัด ทำตามข้อ 9 สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล



สังเกตสิ่งที่เปลี่ยนแปลงให้ดีๆ

ผลการทดลอง



ต่อวงจรเรียบร้อยแล้วยังไม่มียังอะไรเกิดขึ้น กดสวิตช์ KEY ลงจะได้ยินเสียงออดดัง จากนั้นปล่อยมือออกเสียงของออดจะค่อยๆ เบาลงจนจางหายไป เมื่อเปลี่ยนตัวเก็บประจุขนาด 47 ไมโครฟารัด เป็นขนาด 470 ไมโครฟารัด แล้วกดสวิตช์ KEY ลง จะได้ยินเสียงออดนานกว่าต่อวงจรกับตัวเก็บประจุขนาด 47 ไมโครฟารัด จากนั้นทดลองเปลี่ยนขนาดของตัวเก็บประจุจาก 0.022 ไมโครฟารัด เป็น 0.0022 ไมโครฟารัด ปรากฏว่าเสียงของออดมีโทนเสียงสูงมากกว่าเดิม

สรุป



ตัวเก็บประจุจะเป็นตัวควบคุมการปล่อยกระแสให้แก่ทรานซิสเตอร์ เชื่อมต่อวงจรและกดสวิตช์ KEY จะได้ยินเสียงออดดัง เมื่อปล่อยสวิตช์ KEY เสียงของออดจะค่อยๆ จางหายไป ถ้าเปลี่ยนตัวเก็บประจุให้มีขนาดใหญ่ขึ้น จะสามารถเก็บประจุได้มาก เสียงออดก็จะดังได้นานกว่าเดิม ถ้าทดลองเปลี่ยนขนาดของตัวเก็บประจุจาก 0.022 ไมโครฟารัด เป็น 0.0022 ไมโครฟารัด โทนเสียงของออดก็จะสูงขึ้น จากการทดลองนี้ตัวเก็บประจุสามารถทำหน้าที่ควบคุมความถี่ของออสซิลเลเตอร์ (Oscillator) ได้ด้วย

แนวการตอบคำถาม



1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง

ตอบ ตัวต้านทาน ขนาด $470\text{ K}\Omega$, ตัวเก็บประจุ ขนาด $0.022\text{ }\mu\text{F}$, ตัวเก็บประจุ ขนาด $47\text{ }\mu\text{F}$, ทรานซิสเตอร์, ออกติเล็คทรอนิกส์, หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer), สายไฟ, ถ่านไฟฉาย และสวิตช์แบบกด (KEY)

2. เมื่อนักเรียนต่อวงจรแล้วกดสวิตช์ KEY เกิดอะไรขึ้น

ตอบ เมื่อกดสวิตช์ KEY เสียงออกจะดังขึ้น



3. จากการทดลอง เมื่อปล่อยสวิตช์ KEY เกิดอะไรขึ้น

ตอบ เมื่อปล่อยสวิตช์ KEY เสียงออกที่ดังจะค่อยๆ จางหายไป จนกระทั่งเงียบ



4. ให้นักเรียนทดลองแทนที่ตัวเก็บประจุ ขนาด 47 ไมโครฟารัด ด้วยตัวเก็บประจุ ขนาด 470 ไมโครฟารัด จากนั้นกด - ปล่อยสวิตช์ KEY เกิดอะไรขึ้น จงอธิบาย

ตอบ หลังจากปล่อยสวิตช์ KEY เสียงออกจะดังนานกว่าเดิม จากนั้นจึงค่อยๆ จางหายเงียบไป

5. ให้นักเรียนทดลองเปลี่ยนค่าตัวเก็บประจุ ขนาด 0.022 ไมโครฟารัด เป็นขนาด 0.0022 ไมโครฟารัด เกิดอะไรขึ้น อธิบาย

ตอบ ถ้าทดลองเปลี่ยนขนาดของตัวเก็บประจุจาก 0.022 ไมโครฟารัด เป็น 0.0022 ไมโครฟารัด เสียงของออกจะมีโทนเสียงสูงกว่าเดิม



ความรู้เพิ่มเติม



การทดลองนี้ใช้ตัวเก็บประจุในการควบคุมทรานซิสเตอร์ เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว กดสวิตช์ KEY จะได้ยินเสียงฮอต เมื่อปล่อยสวิตช์ KEY เสียงฮอตจะค่อยๆ เบาลง จนกระทั่งจางหายไป

จากการทดลองเมื่อเปลี่ยนตัวเก็บประจุขนาด 47 ไมโครฟารัด เป็น 470 ไมโครฟารัด แล้วกดสวิตช์ KEY จะได้ยินเสียงฮอต เมื่อปล่อยสวิตช์ KEY ปรากฏว่าเสียงจะค่อยๆ เบาลง แต่ใช้เวลานานกว่าตัวเก็บประจุขนาด 47 ไมโครฟารัด แสดงว่าเมื่อใช้ตัวเก็บประจุขนาดใหญ่ขึ้น จะเก็บประจุได้มากกว่า และเมื่อลองเปลี่ยนตัวเก็บประจุขนาด 0.022 ไมโครฟารัด เป็นตัวเก็บประจุขนาด 0.0022 ไมโครฟารัด เสียงของฮอตจะมีโทนเสียงสูงกว่าเดิม เพราะตัวเก็บประจุสามารถควบคุมความถี่ของออสซิลเลเตอร์



การทดลองที่ 22 สนุกกับการทำสวิตช์หน่วงเวลา

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. อธิบายการทำงานของตัวเก็บประจุและตัวต้านทานในวงจรได้
2. สร้างวงจรสวิตช์หน่วงเวลาได้

วัสดุอุปกรณ์

1. ตัวต้านทาน ขนาด 470 Ω $\frac{1}{4}$ W	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด 4.7 K Ω $\frac{1}{4}$ W	1	ตัว
3. ตัวต้านทาน ขนาด 10 K Ω $\frac{1}{4}$ W	1	ตัว
4. ตัวเก็บประจุ ขนาด 470 μ F	1	ตัว
5. ทรานซิสเตอร์	1	ตัว
6. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	1	ตัว



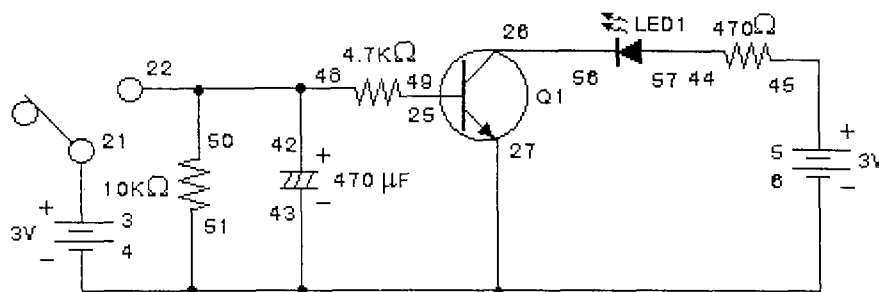
7. สายไฟ	12	เส้น
8. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	4	ก้อน
9. สวิตช์ แบบเลื่อน	1	ตัว

ตัวเก็บประจุ ทำหน้าที่เก็บและคายประจุ



ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่) ไปยังตำแหน่งที่ 21 (สวิตช์)
3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 22 (สวิตช์) ไปยังตำแหน่งที่ 50 (ขาของตัวต้านทาน 10 กิโลโอห์ม) แล้วต่อไปที่ตำแหน่ง 42 (ขาของตัวเก็บประจุ ขนาด 470 ไมโครฟารัด) ไปที่ตำแหน่ง 48 (ขาของตัวต้านทาน 4.7 กิโลโอห์ม)



4. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) ไปยังตำแหน่งที่ 51 (ขาของตัวต้านทานขนาด 10 กิโลโอห์ม) แล้วต่อสายไฟไปที่ตำแหน่ง 43 (ขาของตัวเก็บประจุ ขนาด 470 ไมโครฟารัด) จากนั้นต่อจากขาของตัวเก็บประจุไปที่ตำแหน่ง 27 (ขา EMITTER) จากขา EMITTER ไปที่ตำแหน่ง 6 (ขั้วลบของแบตเตอรี่)
5. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 49 (ขาของตัวต้านทาน 4.7 กิโลโอห์ม) ไปที่ตำแหน่ง 25 (ขา BASE)
6. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 26 (ขา COLLECTOR) ไปยังตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1)
7. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 44 (ขาของตัวต้านทาน 470 กิโลโอห์ม)
8. จากตำแหน่งที่ 45 (ขาของตัวต้านทาน 470 กิโลโอห์ม) ไปที่ตำแหน่ง 5 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
9. จากนั้นเลื่อนสวิตช์ลง สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผล
10. เลื่อนสวิตช์ขึ้น สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล



ผลการทดลอง



เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้วไม่มีอะไรเกิดขึ้น เมื่อเลื่อนสวิตช์ลง (วงจรปิด) จะทำให้ LED สว่าง และเมื่อเลื่อนสวิตช์ขึ้น (วงจรเปิด) LED จะสว่างสักครู่จึงดับ ทดลองเปลี่ยนค่าความต้านทานเป็นตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทานมากขึ้น เวลาที่ใช้ในการหน่วงเวลาปิดจะนานขึ้น และถ้าตัวต้านทานมีค่าความต้านทานน้อย เวลาที่ใช้หน่วงเวลาปิดจะเร็วขึ้น

สรุป

การทดลองนี้เป็นวงจรหน่วงเวลาปิดวงจร สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้า หรือ หน่วงเวลาเข้า - ออก สำหรับวงจรกันขโมยรถยนต์ เมื่อทดลองเปลี่ยนค่าความต้านทานเป็นตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทานมากขึ้น เวลาที่ใช้ในการหน่วงเวลาปิดจะนาน และถ้าตัวต้านทานมีค่าความต้านทานน้อย เวลาที่ใช้หน่วงเวลาปิดจะเร็วขึ้น



แนวการตอบคำถาม



1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง

ตอบ ตัวต้านทาน ขนาด $470\ \Omega$, ตัวต้านทาน ขนาด $4.7\ \text{K}\Omega$, ตัวต้านทาน ขนาด $10\ \text{K}\Omega$, ตัวเก็บประจุ ขนาด $470\ \mu\text{F}$, ทรานซิสเตอร์ และไดโอดเปล่งแสง

2. เมื่อต่อวงจรเสร็จเรียบร้อยแล้ว เลื่อนสวิตช์ลง มีอะไรเกิดขึ้น

ตอบ LED สว่าง

3. ถ้านักเรียนลองเปลี่ยนตัวเก็บประจุ ขนาด $470\ \mu\text{F}$ ไมโครฟารัด เป็นขนาด $47\ \mu\text{F}$ ไมโครฟารัด มีอะไรเกิดขึ้น

ตอบ LED จะใช้เวลาในการหน่วงเวลาปิดเร็วขึ้น



4. ให้นักเรียนทดลองเปลี่ยนตัวต้านทานเป็นขนาดต่างๆ แล้วสังเกตว่ามีข้อแตกต่างกันอย่างไร

ตอบ ทดลองเปลี่ยนค่าความต้านทานเป็นขนาดต่างๆ ปรากฏว่าตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทานมาก เวลาที่ใช้ในการหน่วงเวลาปิดจะนานและถ้าตัวต้านทานมีค่าความต้านทานน้อย เวลาที่ใช้หน่วงเวลาปิดจะเร็ว

5. จงอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวเก็บประจุกับตัวต้านทานในวงจร

ตอบ ตัวต้านทานเป็นตัวต้านการไหลของกระแส ถ้าไม่มีตัวต้านทานจะทำให้เวลาในการเก็บและคายประจุของตัวเก็บประจุเร็วขึ้น



ความรู้เพิ่มเติม

ตัวต้านทานที่ต่ออนุกรมเข้ากับตัวเก็บประจุ จะทำให้เวลาในการเก็บและคายประจุของตัวเก็บประจุมากขึ้น เพราะตัวต้านทานเป็นตัวต้านการไหลของกระแส ถ้าไม่มีตัวต้านทานจะทำให้เวลาในการเก็บและคายประจุของตัวเก็บประจุเร็วขึ้น

ตัวต้านทานเป็นตัวต้านการไหลของกระแส ...



ในการทดลองถ้าเปลี่ยนค่าความต้านทานเป็นตัวอื่น จะพบว่าเวลาที่ใช้ในการหน่วงเวลาปิดจะเปลี่ยนแปลง เพราะการเก็บและคายประจุของตัวเก็บประจุขึ้นอยู่กับค่าของตัวต้านทาน ตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทานมาก จะใช้เวลาในการเก็บและคายประจุมากกว่าตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทานน้อย เวลาที่ใช้ในการหน่วงเวลาปิดก็ขึ้นอยู่กับค่าของตัวต้านทานด้วย

✿ เวลาที่ใช้ในการหน่วงจะนานหรือเร็ว
อยู่กับค่าของตัวเก็บประจุและตัวต้านทาน ..

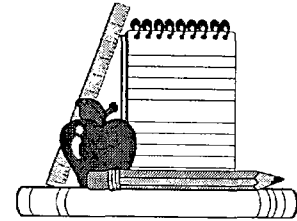


การทดลองที่ 23 วงจรอินเวอร์เตอร์

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

- เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ
1. อธิบายการทำงานของวงจรอินเวอร์เตอร์ได้
 2. บอกความสำคัญของวงจรอินเวอร์เตอร์ได้

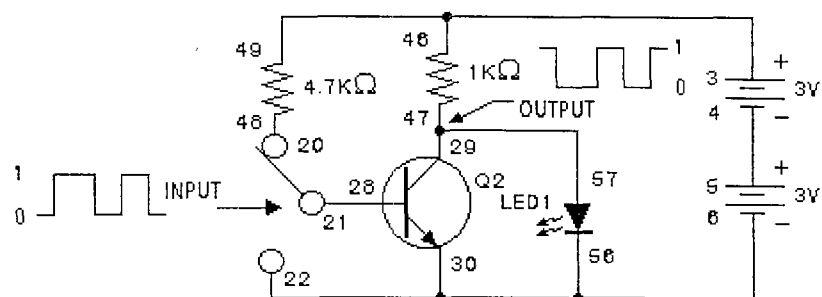


วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $1\text{ K}\Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
3. ตัวต้านทาน ขนาด $4.7\text{ K}\Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
4. ทรานซิสเตอร์	1	ตัว
5. สายไฟ	10	เส้น
6. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	4	ก้อน
7. สวิตช์แบบเลื่อน	1	ตัว

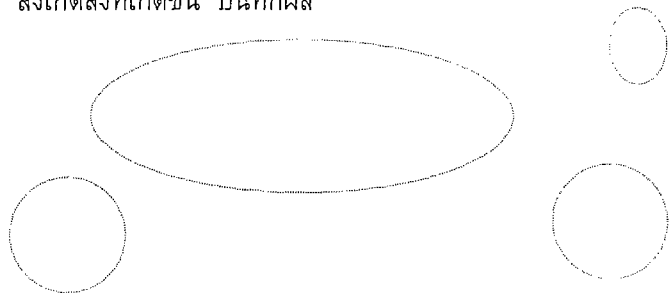
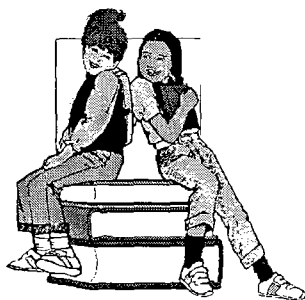
ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 20 (สวิตช์) ไปยังตำแหน่งที่ 48 (ขาของตัวต้านทาน $4.7\text{ K}\Omega$)
3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 49 (ขาของตัวต้านทาน $4.7\text{ K}\Omega$) ไปยังตำแหน่งที่ 46 (ขาของตัวต้านทาน $1\text{ K}\Omega$) จากนั้นต่อสายไฟไปยังตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)

4. ต่อดวงจรรวมจากตำแหน่งที่ 21 (สวิตช์) ไปยังตำแหน่งที่ 28 (ขา BASE)
5. ต่อดวงจรรวมจากตำแหน่งที่ 29 (ขา COLLECTOR) ไปยังตำแหน่งที่ 47 (ขาของตัวต้านทาน $1\text{ k}\Omega$) แล้วต่อสายไฟไปยังตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1)
6. ต่อดวงจรรวมจากตำแหน่งที่ 22 (สวิตช์) ไปที่ตำแหน่ง 30 (ขา EMITTER) แล้วต่อดวงจรรวมจากขา EMITTER ไปที่ตำแหน่ง 56 (ขาของ LED1) จากนั้นต่อสายไปจากขาของ LED1 ไปที่ตำแหน่ง 6 (ขั้วลบของแบตเตอรี่)
7. ต่อดวงจรรวมจากตำแหน่งที่ 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) ไปยังตำแหน่งที่ 5 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
8. เลื่อนสวิตช์ขึ้น - ลง สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผล



ผลการทดลอง

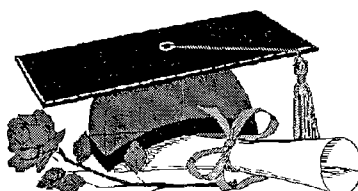


เมื่อต่อดวงจรรียบร้อยแล้ว LED1 ยังไม่สว่าง เลื่อนสวิตช์ลง LED1 สว่าง

สรุป



อินเวอร์เตอร์ คือ ส่วนของวงจรทางด้านลอจิกที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณลอจิก “0” ให้เป็นลอจิก “1” โดยเมื่ออินพุตเป็นลอจิก “0” เอาท์พุทจะเป็นลอจิก “1” ถ้าอินพุตเป็นลอจิก “1” เอาท์พุทจะเป็นลอจิก “0”



แนวการตอบคำถาม



1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง

ตอบ ไดโอดเปล่งแสง, ตัวต้านทาน ขนาด $1\text{ K}\Omega$, ตัวต้านทาน ขนาด $4.7\text{ K}\Omega$, ทรานซิสเตอร์, สายไฟ, ถ่านไฟฉาย และสวิตช์แบบเลื่อน

2. จากการทดลอง เมื่อเลื่อนสวิตช์ขึ้น - ลง เกิดอะไรขึ้น อธิบาย

ตอบ LED ติด - ดับ สลับกัน ตามอินพุตที่ป้อน ถ้าให้อินพุต "1" LED จะดับ และถ้าให้อินพุต "0" LED จะติด

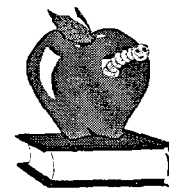
3. LED ในวงจรนี้ทำหน้าที่อะไร

ตอบ แสดงผลเอาต์พุต (OUTPUT) ของวงจร



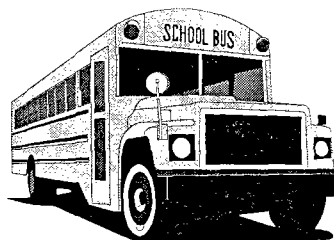
4. ในวงจรนี้สวิตช์ (SWITCH) ทำหน้าที่อะไร

ตอบ ควบคุมอินพุต (INPUT)



5. นักเรียนคิดว่าวงจรอินเวอร์เตอร์มีความสำคัญอย่างไร

ตอบ อินเวอร์เตอร์จะทำหน้าที่กลับผลของเอาต์พุต (OUTPUT) จากเกต (GATE) ตัวอื่น





ความรู้เพิ่มเติม

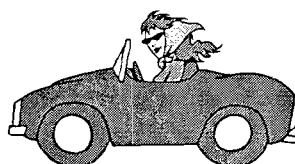
ดิจิตอล มีความหมายในเชิงตัวเลขหรือเกี่ยวกับตัวเลข ดิจิตอลในทางความหมายของสัญญาณไฟฟ้าเป็นการบอกระดับสัญญาณไฟฟ้าเพียง 2 ระดับ โดยการนำระดับสัญญาณไฟฟ้าทั้งสองนี้เข้าแทนรหัสตัวเลขที่เรียกว่า “ไบนารี” (ระบบเลขฐานสอง ; BINARY NUMBER SYSTEM) หรือตัวเลข “0” และ “1” การแทนระดับตัวเลขนี้ ถ้าเป็นระดับแรงดันสูง (HI) อาจแทนด้วย “1” และระดับแรงดันต่ำ (LO) อาจแทนด้วย “0” โดยทั่วไปจะใช้ตัวเลข “0” และ “1” แทนสถานะของสวิตช์ “OFF” และ “ON” ตามลำดับ



น็อต เกท (NOT GATE)

ในสภาพปกติหลอดไฟจะติด เมื่อเปิดสวิตช์ และเมื่อต้องการให้หลอดไฟดับ จะต้องกดสวิตช์ปิด ซึ่งน็อต เกท จะทำงานกลับทางกับสวิตช์ธรรมดา น็อต เกท หรือเรียกอีกอย่างว่า “อินเวอร์เตอร์” (INVERTER) ตารางสรุปการทำงานของอินเวอร์เตอร์

INPUT	OUTPUT
OFF	ติด
ON	ดับ



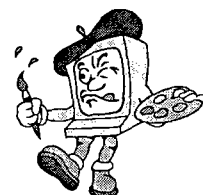
การทดลองที่ 24 วงจรออร์ เกท

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. อธิบายการทำงานของวงจร ออร์ เกท ได้
2. บอกหน้าที่ของเกทได้

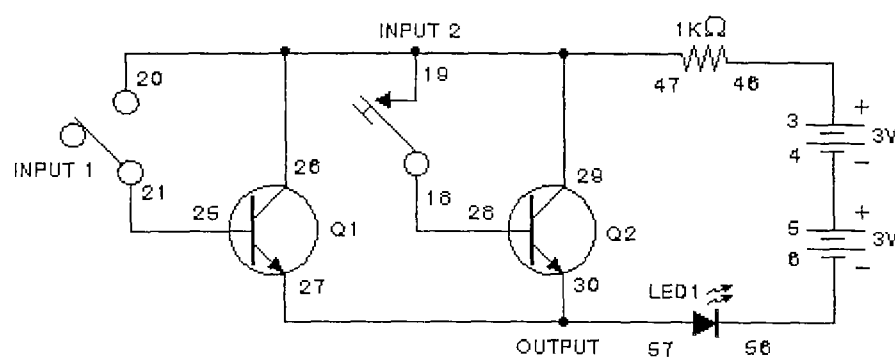


วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $1\text{ K}\Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
3. ทรานซิสเตอร์	2	ตัว
4. สายไฟ	11	เส้น
5. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	4	ก้อน
6. สวิตช์แบบกด (KEY)	1	ตัว
7. สวิตช์แบบเลื่อน	1	ตัว

ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 46 (ขาของตัวต้านทาน $1\text{ K}\Omega$) ไปยังตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)

3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 47 (ขาของตัวต้านทาน $1\text{ K}\Omega$) ไปยังตำแหน่งที่ 29 (ขา COLLECTOR) จากขาของ COLLECTOR ต่อไปที่ตำแหน่ง 19 (สวิตช์ KEY) แล้วต่อวงจรจากสวิตช์ KEY ไปที่ตำแหน่ง 26 (ขา COLLECTOR) จากตำแหน่งขา COLLECTOR ต่อวงจรเข้ากับสวิตช์ที่ตำแหน่ง 20

4. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 21 (สวิตช์) ไปยังตำแหน่งที่ 25 (ขา BASE)

5. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 18 (สวิตช์ KEY) ไปยังตำแหน่งที่ 28 (ขา BASE)

6. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 27 (ขา EMITTER) ไปยังตำแหน่งที่ 30 (ขา EMITTER) แล้วต่อจากขา EMITTER ไปที่ตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED 1)

7. ต่อวงจรที่ตำแหน่ง 56 (ขาของ LED1) ไปที่ตำแหน่งที่ 6 (ขั้วลบของแบตเตอรี่)

8. ต่อวงจรที่ตำแหน่ง 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) ไปที่ตำแหน่งที่ 5 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)

9. เลื่อนสวิตช์ลง โดยไม่ต้องกดสวิตช์ KEY สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผล

10. กดสวิตช์ KEY สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล

11. กด KEY ไว้ พร้อมทั้งเลื่อนสวิตช์ขึ้น สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผล

12. ปล่อยสวิตช์ KEY สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล

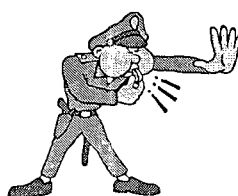


ผลการทดลอง

เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว LED1 ยังไม่สว่าง เลื่อนสวิตช์ลง (วงจรปิด) LED1 จะสว่าง กดสวิตช์ KEY ค้างไว้ แล้วเลื่อนสวิตช์ขึ้น LED1 ก็สว่าง ปล่อยสวิตช์ KEY LED1 ก็ยังคงสว่างเช่นกัน

สรุป

วงจรนี้เป็นวงจรที่ควบคุม LED ได้ 2 จุด คือ จะใช้สวิตช์เลื่อนหรือสวิตช์ KEY ก็ได้ สามารถทำให้ LED ติดได้เช่นกัน



แนวการตอบคำถาม



1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง

ตอบ ไดโอดเปล่งแสง (LED), ตัวต้านทาน ขนาด 1 K Ω , ทรานซิสเตอร์, สายไฟ, ถ่านไฟฉาย, สวิตช์แบบกด (KEY) และสวิตช์แบบเลื่อน

2. จากการทดลอง เมื่อเลื่อนสวิตช์ลง (วงจรปิด) เกิดอะไรขึ้น เพราะเหตุใด

ตอบ LED สว่าง



3. จากการทดลอง เมื่อเลื่อนสวิตช์ลง พร้อมทั้งกด KEY เกิดอะไรขึ้น เพราะเหตุใด

ตอบ LED สว่าง

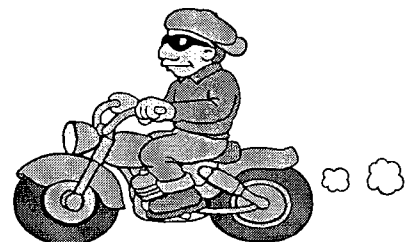
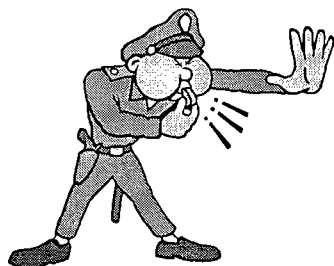


4. ในวงจรนี้อุปกรณ์ชนิดใดทำหน้าที่ควบคุมสัญญาณเข้า (INPUT)

ตอบ สวิตช์และ KEY ทำหน้าที่ควบคุมสัญญาณเข้า (INPUT)

5. จงอธิบายหน้าที่ของเกต (GATE)

ตอบ เกต (GATE ; ประตู) เป็นสวิตช์ควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจะทำงานในสถานะเปิด (ON) หรือปิด (OFF) เท่านั้น



ความรู้เพิ่มเติม



วงจรเกทพื้นฐานที่ใช้ทางด้านดิจิตอลประกอบด้วยเกทหลักๆ เพียงไม่กี่แบบ เกทพื้นฐานประกอบด้วยออร์ เกท แอนด์ เกท นอร์ เกท แนนด์ เกท เกทเหล่านี้ประกอบกันเข้าสามารถใช้งานได้มากมาย

ลักษณะของลอจิกออร์ สามารถแทนได้ด้วยสวิตช์ หรือรีเลย์

วงจรออร์ เกท (OR GATE) เป็นวงจรที่ใช้ในเรื่องของการคำนวณ ประมวลผลของเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งในการใช้งานจะมีอินพุตมากกว่านี้

ในเครื่องคอมพิวเตอร์ จะประกอบด้วยเกทมากมาย สัญญาณหรือรหัสควบคุมเกท คือ สัญญาณ “0” กับ “1”



ออร์ เกท (OR GATE)

จากการทดลอง LED จะติดเมื่อเลื่อนสวิตช์ลง (ปิดวงจร) หรือกดสวิตช์ KEY หรือให้สวิตช์ทั้งสองทำงานพร้อมกัน LED ก็จะมีติด ซึ่งสวิตช์ทั้งสองจะทำหน้าที่เป็นเกททางด้านเข้า ตารางการทำงานมีดังนี้

INPUT		OUTPUT
KEY	SWITCH	
OFF	OFF	ดับ
OFF	ON	ติด
ON	OFF	ติด
ON	ON	ติด



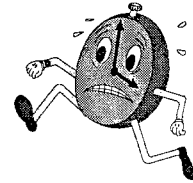
การทดลองที่ 25 วงจรแอนด์ เกท

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

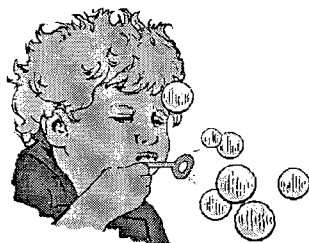
1. อธิบายการทำงานของแอนด์ เกท ได้
2. สรุปการทำงานของแอนด์ เกท ได้



วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	2	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $1\text{ K}\Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
3. ตัวต้านทาน ขนาด $4.7\text{ K}\Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
4. ตัวต้านทาน ขนาด $100\text{ K}\Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
5. ทรานซิสเตอร์	2	ตัว

6. สายไฟ	12	เส้น
7. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	4	ก้อน
8. สวิตช์แบบกด (KEY)	1	ตัว
9. สวิตช์แบบเลื่อน	1	ตัว

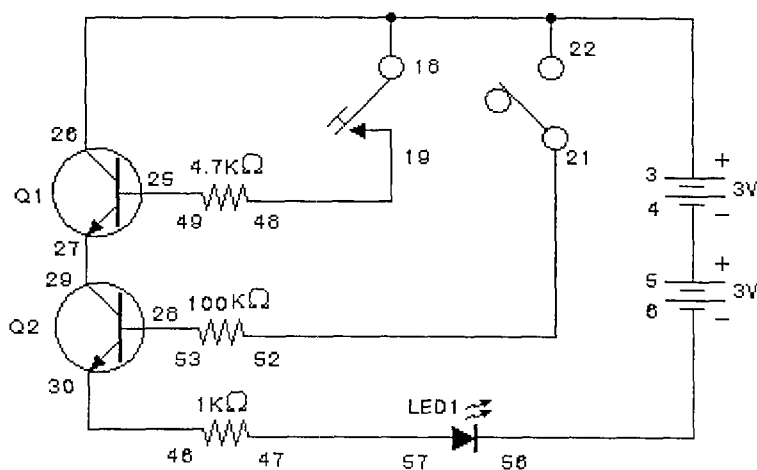


AND ก็คือ ... และ ทั้งหมด

ขั้นตอนการทดลอง



1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่) ไปยังตำแหน่งที่ 22 (สวิตช์) แล้วจากสวิตช์ต่อวงจรไปตำแหน่งที่ 18 (KEY) จากสวิตช์ KEY ต่อวงจรไปที่ตำแหน่ง 26 (ขา COLLECTOR)

3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 19 (สวิตช์ KEY) ไปยังตำแหน่งที่ 48 (ขาของตัวต้านทาน 4.7 กิโลโอห์ม)

4. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 49 (ขาของตัวต้านทาน 4.7 กิโลโอห์ม) ไปที่ตำแหน่ง 25 (ขา BASE)

5. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 27 (ขา EMITTER) ไปยังตำแหน่งที่ 29 (ขา COLLECTOR)

6. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 21 (สวิตช์) ไปยังตำแหน่งที่ 52 (ขาของตัวต้านทาน 100 กิโลโอห์ม)

7. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 53 (ขาของตัวต้านทาน 100 กิโลโอห์ม) ไปตำแหน่งที่ 28 (ขา BASE)

8. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 30 (ขา EMITTER) ไปยังตำแหน่งที่ 46 (ตัวต้านทาน 1 กิโลโอห์ม)

9. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 47 (ขาของตัวต้านทาน 1 กิโลโอห์ม) ไปยังตำแหน่งที่ 57 (ขา LED1)

10. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 56 (ขา LED1) ไปที่ขั้วลบของแบตเตอรี่ตำแหน่ง 6

11. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) ไปขั้วบวกของแบตเตอรี่ที่ตำแหน่ง 5

12. สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผล

13. จากนั้นทดลองเลื่อนสวิตช์ลง และกดสวิตช์ KEY สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล

14. เลื่อนสวิตช์ขึ้น พร้อมทั้งกดสวิตช์ KEY สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผล

ผลการทดลอง



เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว LED ยังไม่ติด และเมื่อกดสวิตช์ KEY หรือเลื่อนสวิตช์ อย่งใด อย่งหนึ่ง LED ก็ยังไม่ติด แต่เมื่อกดสวิตช์ KEY และเลื่อนสวิตช์ ปิดวงจรพร้อมๆ กัน LED ถึงจะติด และเมื่อปล่อยสวิตช์ KEY หรือเลื่อนสวิตช์ขึ้น (วงจรเปิด) LED ก็ดับทันที

สรุป

LED จะติดได้ก็ต่อเมื่อทำให้ทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวทำงานพร้อมกัน



แนวการตอบคำถาม



1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง

ตอบ ไดโอดเปล่งแสง (LED), ตัวต้านทาน ขนาด 1 K Ω , ตัวต้านทาน ขนาด 4.7 K Ω , ตัวต้านทาน ขนาด 100 K Ω , ทรานซิสเตอร์, สายไฟ, ถ่านไฟฉาย, สวิตช์แบบกด (KEY) และสวิตช์แบบเลื่อน



2. เมื่อนักเรียนทดลองเลื่อนสวิตช์ลง (วงจรปิด) และกด KEY เกิดอะไรขึ้น

ตอบ LED จะติด



3. แอนท์ เกท (AND GATE) เป็นวงจรลอจิกแบบใด

ตอบ เป็นลอจิกแบบอนุกรม



4. จงอธิบายการทำงานของวงจรแอนด์ เกท (AND GATE)

ตอบ เป็นวงจรที่เหมือนสวิตช์ 2 ตัว ต่ออนุกรมกัน

5. จงสรุปการทำงานของแอนด์ เกท (AND GATE)

ตอบ เป็นวงจรที่ต้องป้อนลอจิกให้เป็น "1" ทั้งหมด จึงจะได้เอาต์พุตเป็น "1"



ความรู้เพิ่มเติม



วงจรแอนด์ เกท (AND GATE)

เอาต์พุตจะได้ "1" ก็ต่อเมื่ออินพุตทั้งสองต้องเป็นลอจิก "1" ถ้าหากว่าอินพุตใดอินพุตหนึ่งเป็น "0" LED ก็จะดับ ตารางการทำงานมีดังนี้

INPUT		OUTPUT
KEY	SWITCH	
OFF	OFF	ดับ
OFF	ON	ดับ
ON	OFF	ดับ
ON	ON	ติด

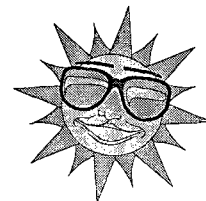
การทดลองที่ 28 วงจรเก็บแล้วปล่อยออกมาดูเล่น

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. บอกหลักการทำงานของตัวเก็บประจุในวงจรได้
2. บอกได้ว่าตัวต้านทานมีผลต่อการเก็บและคายประจุของตัวเก็บประจุ



วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $1\text{ K}\Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
3. ตัวต้านทาน ขนาด $100\text{ K}\Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
4. ตัวต้านทาน ขนาด $470\text{ K}\Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
5. ตัวเก็บประจุ ขนาด $470\text{ }\mu\text{F}$ 16 V	1	ตัว

6. ทรานซิสเตอร์	2	ตัว
7. สายไฟ	15	เส้น
8. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	4	ก้อน
9. สวิตช์แบบเลื่อน	1	ตัว

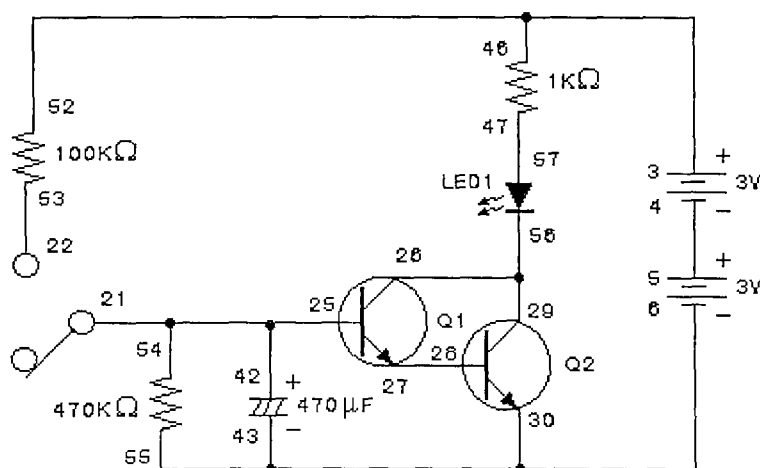


เก็บสะสมความรู้ทุก ๆ วัน นะครับ

ขั้นตอนการทดลอง

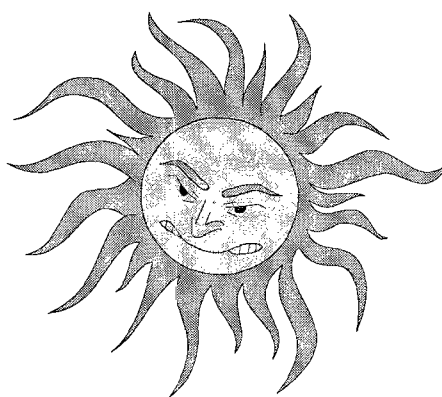


1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 52 (ขาของตัวต้านทาน 100 กิโลโอห์ม) ไปยังตำแหน่งที่ 46 (ขาของตัวต้านทาน 1 กิโลโอห์ม) แล้วต่อจากขาตัวต้านทานไปที่ตำแหน่ง 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 53 (ขาของตัวต้านทาน 100 กิโลโอห์ม) ไปยังตำแหน่งที่ 22 (สวิตช์)
4. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 21 (สวิตช์) ไปยังตำแหน่งที่ 54 (ขาของตัวต้านทาน 470 กิโลโอห์ม) จากตำแหน่งที่ 54 ต่อวงจรไปที่ 42 (ตัวเก็บประจุ ขนาด 470 ไมโครฟารัด) แล้วต่อไปที่ขา BASE ที่ตำแหน่ง 25
5. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 47 (ขาของตัวต้านทาน 1 KΩ) ไปยังตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1)
6. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 26 (ขา EMITTER) ไปยังตำแหน่งที่ 29 (ขา COLLECTOR) แล้วต่อไปที่ตำแหน่ง 56 (ขาของ LED1)
7. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 27 (ขาของ EMITTER) ไปยังตำแหน่งที่ 28 (ขา BASE)
8. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 55 (ขาของตัวต้านทาน 470 กิโลโอห์ม) ไปที่ตำแหน่ง 43 (ขาของตัวเก็บประจุ ขนาด 470 ไมโครฟารัด) ต่อไปยังขาของ EMITTER ที่ตำแหน่ง 30 แล้วต่อวงจรไปตำแหน่งที่ 6 (ขั้วลบของแบตเตอรี่)
9. จากตำแหน่งที่ 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) ต่อวงจรไปตำแหน่งที่ 5 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)

10. เลื่อนสวิตช์ลง สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผล
11. เลื่อนสวิตช์ขึ้น สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล
12. ทดลองเปลี่ยนค่าตัวต้านทานจาก 100 กิโลโอห์ม เป็นขนาด 10 กิโลโอห์ม สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผล



ผลการทดลอง



เมื่อเลื่อนสวิตช์ลง LED1 จะค่อยๆ สว่างขึ้น แต่เมื่อปิดสวิตช์ (เลื่อนสวิตช์ขึ้น) LED1 จะค่อยๆ สลัวลง จนกระทั่งดับ

ทดลองเปลี่ยนค่าตัวต้านทานจาก 100 กิโลโอห์ม เป็น 10 กิโลโอห์ม ปรากฏว่า LED1 สว่างขึ้นอย่างรวดเร็ว



สรุป

ตัวเก็บประจุสามารถทำหน้าที่เก็บและคายประจุได้ แต่ถ้ามีตัวต้านทานต่ออนุกรมในวงจรจะช่วย Drop กระแสอิเล็กทรอนิกส์ให้ช้าลง เมื่อเลื่อนสวิตช์ลง ตัวเก็บประจุจะทำหน้าที่เก็บประจุ ทรานซิสเตอร์ได้รับกระแสอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้ LED1 สว่าง แต่เมื่อเลื่อนสวิตช์ขึ้นตัวเก็บประจุคายประจุ กระแสอิเล็กทรอนิกส์ลดลง ทรานซิสเตอร์ไม่มีกระแสอิเล็กทรอนิกส์ไหลผ่าน LED1 จึงดับ เพราะทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ปิด - เปิด



แนวการตอบคำถาม



1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง

ตอบ ไดโอดเปล่งแสง (LED), ตัวต้านทาน ขนาด 1 K Ω , ตัวต้านทาน ขนาด 100 K Ω , ตัวต้านทาน ขนาด 470 K Ω , ตัวเก็บประจุ ขนาด 470 μ F, ทรานซิสเตอร์, สายไฟ, ถ่านไฟฉาย และสวิตช์แบบเลื่อน

2. จงอธิบายการทำงานของตัวเก็บประจุในวงจรนี้

ตอบ เก็บประจุขณะปิดสวิตช์ (เลื่อนสวิตช์ขึ้น) และคายประจุขณะเปิดสวิตช์ (เลื่อนสวิตช์ลง)

3. จากการทดลองเลื่อนสวิตช์ลง เกิดอะไรขึ้น

ตอบ LED จะค่อยๆ สว่างขึ้น



4. เมื่อเลื่อนสวิตช์ขึ้น เกิดอะไรขึ้น

ตอบ LED จะค่อยๆ สว่างน้อยลง แล้วก็ดับ

5. เมื่อทดลองเปลี่ยนค่าตัวต้านทานจาก 100 กิโลโอห์ม เป็นขนาด 10 กิโลโอห์ม เกิดอะไรขึ้น เมื่อเลื่อนสวิตช์ขึ้น

ตอบ LED สว่างเร็วขึ้น



ความรู้เพิ่มเติม

วงจรนี้สามารถดัดแปลงเป็นวงจรหน่วงเวลาได้ สามารถนำไปใช้ควบคุมอุปกรณ์บางอย่างที่ต้องการให้ทำงาน หลังจากกดสวิตช์ไปแล้ว 1 - 2 หรือ ... วินาที (ตามค่าของตัวเก็บประจุ) หรือทำเป็นวงจรหรีไฟ หลังจากปิดสวิตช์แล้ว เพื่อให้สามารถทำอะไรได้สักระยะหนึ่งก่อนที่ไฟจะดับ



เหิน้อยก็พักผ่อนก่อนนะจ๊ะ ...

การทดลองที่ 27 วงจรกำเนิดสัญญาณเตือน

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. บอกหลักการทำงานของวงจรมกำเนิดสัญญาณเตือนได้
2. นำวงจรมกำเนิดสัญญาณเตือนไปประยุกต์ใช้งานได้

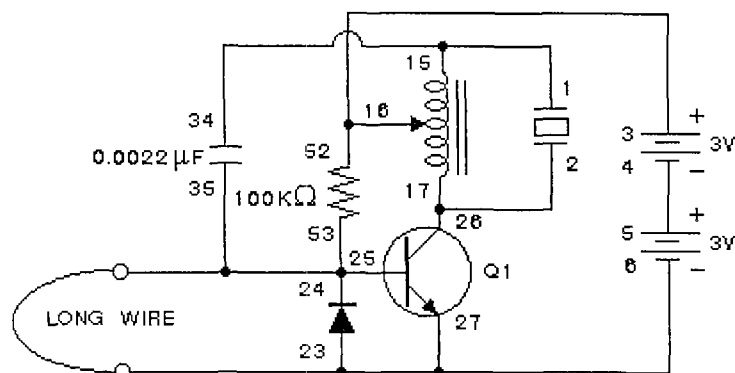
วัสดุอุปกรณ์

1. ไดโอด เบอร์ 1N60	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $100\text{ K}\Omega$ $\frac{1}{4}\text{ W}$	1	ตัว
3. ตัวเก็บประจุ ขนาด $0.022\text{ }\mu\text{F}$	1	ตัว
4. ทรานซิสเตอร์	1	ตัว
5. สายไฟ	14	เส้น
6. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	4	ก้อน
7. ออกไฟฟ้า	1	ตัว
8. หม้อแปลงไฟฟ้า	1	ตัว



ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 34 (ขาของตัวเก็บประจุ ขนาด $0.0022\text{ }\mu\text{F}$ ไมโครฟารัด) ไปยังตำแหน่งที่ 15 (ขาของทรานส์ฟอเมอร์) แล้วต่อไปที่ตำแหน่ง 1 (ออกดีเล็กทรอนิกส์)

3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 52 (ขาของตัวต้านทาน 100 กิโลโอห์ม) ไปยังตำแหน่งที่ 16 (ขาของทรานซิสเตอร์) แล้วต่อไปยังขั้วบวกของแบตเตอรี่ที่ตำแหน่ง 3
4. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 35 (ขาของตัวเก็บประจุ ขนาด 0.0022 ไมโครฟารัด) ไปยังตำแหน่งที่ 53 (ขาของตัวต้านทาน 100 กิโลโอห์ม) แล้วต่อไปยังตำแหน่งที่ 24 (ขาของไดโอด) จากนั้นต่อวงจรไปที่ขา BASE ที่ตำแหน่ง 25 และที่ขา BASE ต่อวงจรด้วยสายไฟเส้นยาว
5. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 26 (ขา COLLECTOR) ไปยังตำแหน่งที่ 17 (ขาของทรานซิสเตอร์) แล้วต่อไปที่ตำแหน่ง 2 (ออกอิล็กทรอนิกส์)
6. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 6 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) ไปยังตำแหน่งที่ 23 (ขาของไดโอด) แล้วต่อไปที่ตำแหน่ง 27 ขา EMITTER และต่อวงจรเข้าด้วยสายไฟยาวในข้อ 4
7. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) ไปยังตำแหน่งที่ 5 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
8. สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว บันทึกผล
9. ทดลองเอาสายไฟเส้นยาวที่เชื่อมวงจรที่ตำแหน่ง 25 และ 27 ออก สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล



ผลการทดลอง



เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว ไม่มีอะไรเกิดขึ้น แต่เมื่อเอาสายไฟเส้นยาวที่เชื่อมต่อที่ตำแหน่ง 25 และ 27 ออก เสียงของออดก็ดังไม่หยุด จนกว่าจะเชื่อมต่อที่ตำแหน่ง 25 และ 27 อีกครั้ง

สรุป



ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ปิด - เปิด และกระตุ้นออสซิลเลเตอร์ (Oscillator) เมื่อกระแสอิเล็กทรอนิกส์ผ่านอิมิตเตอร์ไปเบส ทรานซิสเตอร์จะทำงาน ออดจะดัง



แนวการตอบคำถาม



1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง

ตอบ ไดโอด เบอร์ 1N60, ตัวต้านทาน ขนาด 100 K Ω , ตัวเก็บประจุ ขนาด 0.0022 μ F, ทรานซิสเตอร์, สายไฟ, ถ่านไฟฉาย, ออดิโอมิเตอร์ และหม้อแปลงไฟฟ้า

2. เมื่อเชื่อมต่อวงจรตามที่กำหนด เกิดอะไรขึ้น อธิบาย

ตอบ ไม่มีอะไรเกิดขึ้น เพราะไม่มีกระแสไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านทรานซิสเตอร์ ทรานซิสเตอร์จึงไม่ทำงาน

3. สัญญาณเตือนจะดังขึ้นเมื่อใด

ตอบ สัญญาณเตือนจะดังขึ้นเมื่อไม่มีการเชื่อมต่อวงจรที่ตำแหน่ง 25 และ 27

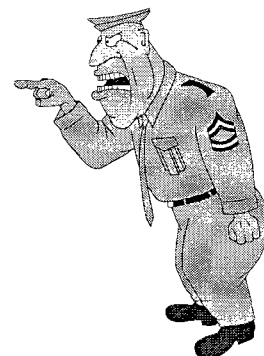


4. จงอธิบายการทำงานของวงจรกำเนิดสัญญาณเตือน

ตอบ สัญญาณเตือนจะดังตลอดเวลา เมื่อสายไฟยาวที่ตำแหน่ง 25 และ 27 ไม่เชื่อมต่อกัน เหมือนกับสวิตช์แม่เหล็กถูกเปิดหรือแถบโลหะที่ติดไว้บริเวณหน้าต่างหรือประตูขาด

5. นักเรียนคิดว่าสามารถนำวงจรกำเนิดสัญญาณเตือนไปประยุกต์ใช้กับงานอะไรได้บ้าง

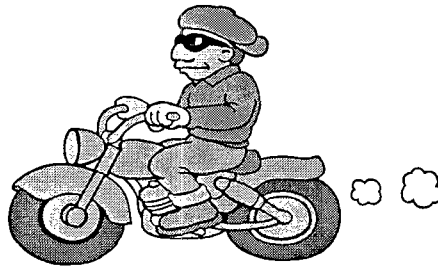
ตอบ สัญญาณกันขโมย



ความรู้เพิ่มเติม

วงจรนี้สามารถเปิดวงจรได้โดยไม่ต้องเชื่อมต่อสายไฟที่ตำแหน่ง 25 และ 27 เพราะถ้าหากว่าเชื่อมต่อวงจรที่ตำแหน่ง 25 และ 27 เสียงสัญญาณก็จะไม่ดัง ซึ่งเหมือนกับวงจรสัญญาณกันขโมย

จากการทดลองสัญญาณเตือนภัยจะเงียบเสียง เมื่อเชื่อมต่อวงจรที่ตำแหน่ง 25 และ 27 เพราะไม่มีกระแสไหลผ่านทรานซิสเตอร์ ทรานซิสเตอร์จึงไม่ทำงาน แต่เมื่อจุดเชื่อมวงจรขาด มีกระแสอิเล็กทรอนิกส์ไหลผ่านขามิตเตอร์ไปยังเบส ทรานซิสเตอร์จะทำงานเสียงสัญญาณเตือนภัยจะดัง ซึ่งทรานซิสเตอร์ในวงจรนี้เป็นสวิตช์เปิดและกระตุ้นออสซิลเลเตอร์



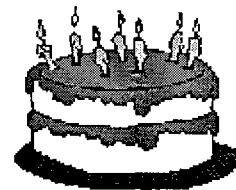
การทดลองที่ 28 สนุกกับเทียนวันเกิดอิเล็กทรอนิกส์

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

1. อธิบายการทำงานของทรานซิสเตอร์ในวงจรได้
2. สร้างวงจรเทียนวันเกิดอิเล็กทรอนิกส์ได้



วัสดุอุปกรณ์

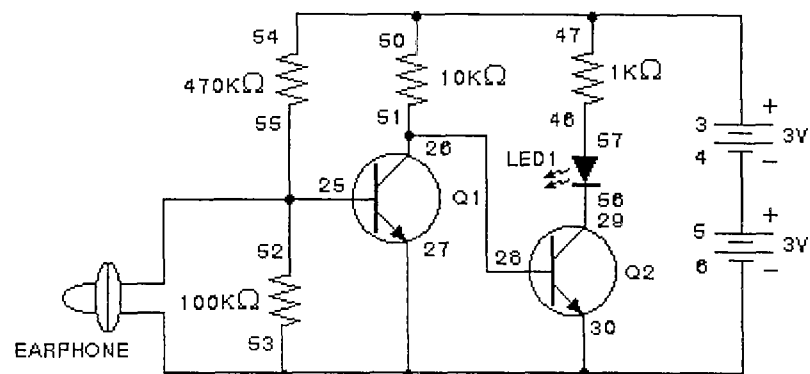
1. ตัวต้านทาน	ขนาด	1 K Ω	$\frac{1}{4}$ W	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน	ขนาด	10 K Ω	$\frac{1}{4}$ W	1	ตัว
3. ตัวต้านทาน	ขนาด	100 K Ω	$\frac{1}{4}$ W	1	ตัว
4. ตัวต้านทาน	ขนาด	470 K Ω	$\frac{1}{4}$ W	1	ตัว
5. ทรานซิสเตอร์				2	ตัว

6. ไดโอดเปล่งแสง (LED)	1	ตัว
7. หูฟัง (EARPHONE)	1	ตัว
8. สายไฟ	15	เส้น
9. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	4	ก้อน

Happy
Birthday!

ขั้นตอนการทดลอง

- ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



- นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 54 (ขาของตัวต้านทาน $470\text{ K}\Omega$) ไปยังตำแหน่งที่ 50 (ขาของตัวต้านทาน $10\text{ K}\Omega$) จากขาของตัวต้านทานต่อไปที่ตำแหน่ง 47 (ขาของตัวต้านทาน $1\text{ K}\Omega$) แล้วต่อไปยังตำแหน่งที่ 3 ขั้วบวกของแบตเตอรี่

3. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 55 (ขาของตัวต้านทาน 470 K Ω) ไปยังตำแหน่งที่ 25 (ขา BASE) ไปยังตำแหน่งที่ 52 (ขาของตัวต้านทาน 100 K Ω) แล้วต่อเข้ากับปลายข้างหนึ่งของหูฟัง (EARPHONE)
4. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 51 (ขาของตัวต้านทาน 10 K Ω) ไปยังตำแหน่งที่ 26 (ขา COLLECTOR) แล้วต่อไปที่ตำแหน่ง 28 (ขา BASE)
5. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 46 (ขาของตัวต้านทาน 1 K Ω) ไปยังตำแหน่งที่ 57 (ขาของ LED1)
6. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 56 (ขาของ LED1) ไปยังตำแหน่งที่ 29 (ขา COLLECTOR)
7. นำปลายข้างที่เหลือของหูฟัง (EARPHONE) ต่อเข้ากับวงจรที่ตำแหน่ง 53 (ขาตัวต้านทาน 100 กิโลโอห์ม) ไปยังตำแหน่งที่ 27 (ขา EMITTER) แล้วไปยังตำแหน่งที่ 30 (ขา EMITTER) ต่อสายไฟจากขา EMITTER ไปที่ตำแหน่ง 6 (ขั้วลบของแบตเตอรี่)
8. ต่อดวงจรถูกตำแหน่ง 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่) ไปที่ตำแหน่ง 5 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
9. เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว เป่าลมไปที่หูฟัง (EARPHONE) สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผล



ผลการทดลอง

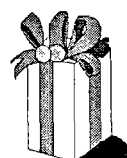


เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว เป่าลมไปที่หูฟัง LED1 ก็จะสว่าง ซึ่งความสว่างจะนานเท่ากับการเป่าลมเข้าไปที่หูฟัง

สรุป



หูฟังจะทำหน้าที่แทนไมโครโฟน ทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวเป็นตัวย้ายสัญญาณ เมื่อเป่าลมเข้าไป หูฟังจะเปลี่ยนพลังงานการสั่นของอากาศที่เป่าเป็นพลังงานไฟฟ้าส่งเข้าสู่ทรานซิสเตอร์ตัวที่ 1 (Q1) ซึ่งทำหน้าที่ขยายสัญญาณไฟฟ้าที่ได้ไปควบคุมให้ทรานซิสเตอร์ตัวที่ 1 (Q2) ทำงาน ทำให้ LED สว่าง



แนวการตอบคำถาม



1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง

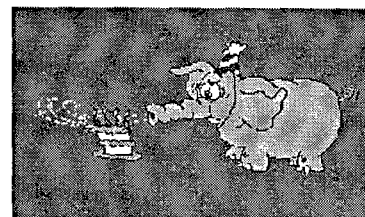
ตอบ ตัวต้านทาน ขนาด 1 K Ω , ตัวต้านทาน ขนาด 10 K Ω , ตัวต้านทาน ขนาด 100 K Ω , ตัวต้านทาน ขนาด 470 K Ω , ทรานซิสเตอร์, ไดโอดเปล่งแสง (LED), หูฟัง (EARPHONE), สายไฟ และถ่านไฟฉาย

2. LED สว่างได้อย่างไร

ตอบ เป่าลมไปที่หูฟัง จะทำให้ LED1 สว่าง

3. อุปกรณ์ชนิดใดในวงจรนี้ทำหน้าที่เป็นเครื่องขยายสัญญาณ

ตอบ ทรานซิสเตอร์

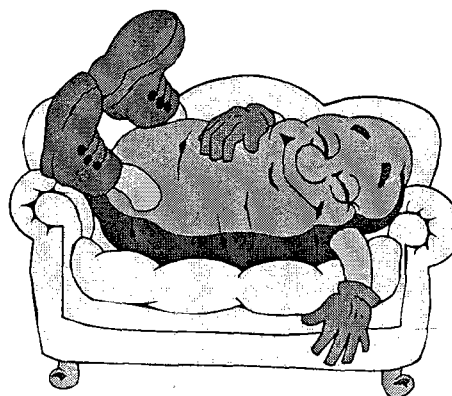


4. ในวงจรนี้ ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่อย่างไร อธิบาย

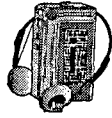
ตอบ ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่เป็นตัวขยายสัญญาณ ขยายสัญญาณขนาดเล็กๆ จากหูฟัง ทำให้ LED สว่าง

5. หูฟังทำหน้าที่แทนอะไร

ตอบ ไมโครโฟน

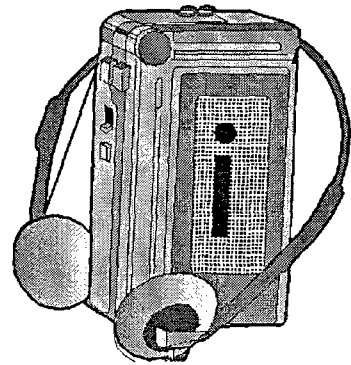


ความรู้เพิ่มเติม



เครื่องขยายเสียง (Amplifier)

เครื่องขยายเสียง (Amplifier) คือ วงจรไฟฟ้าที่ทำให้สัญญาณไฟฟ้าขนาดเล็กขยายใหญ่ขึ้น เครื่องใช้ไฟฟ้าทุกชนิดที่ใช้เสียงจะต้องมีเครื่องขยายเสียงจึงจะใช้งานได้ ตัวทรานซิสเตอร์จะทำหน้าที่ขยายกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในวงจรการขยายเสียง (amplifier circuit)



การทดลองที่ 29 สนุกกับรหัสมอร์ส

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

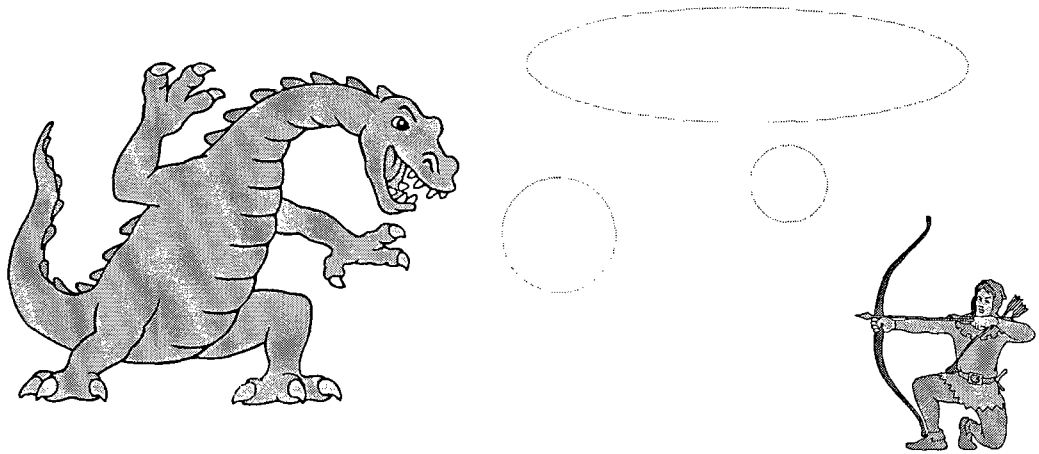
1. บอกหน้าที่ของออดิโอเลกทรอนิกส์ (Piezo buzzer) ได้
2. ใช้วงจรสนุกกับรหัสมอร์สในการศึกษารหัสมอร์สได้



วัสดุอุปกรณ์

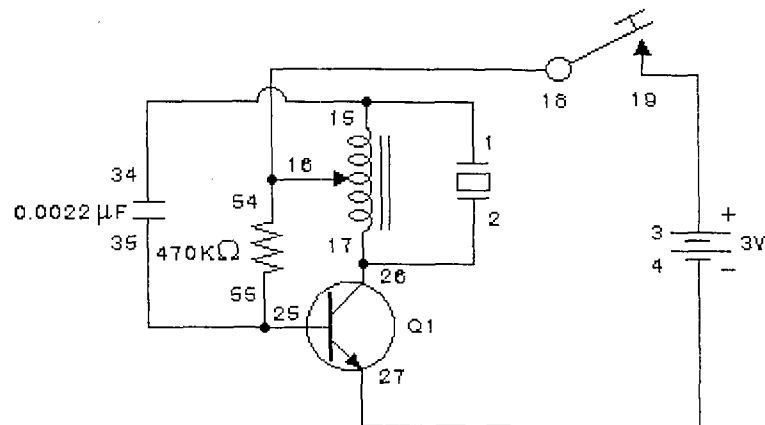
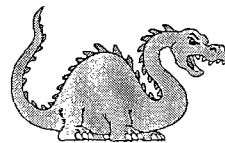
1. ตัวต้านทาน ขนาด 470Ω $\frac{1}{4} W$	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด $470 K\Omega$ $\frac{1}{4} W$	1	ตัว
3. ตัวเก็บประจุ ขนาด $0.0022 \mu F$	1	ตัว
4. ทรานซิสเตอร์	1	ตัว
5. ออดิโอเลกทรอนิกส์	1	ตัว

6. หม้อแปลงไฟฟ้า	1	ตัว
7. สายไฟ	11	เส้น
8. ถ่านไฟฉาย ขนาด 1.5 V	2	ก้อน
9. สวิตช์แบบกด (KEY)	1	ตัว



ขั้นตอนการทดลอง

- ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ

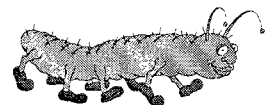


- นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 18 (สวิตช์ KEY) ไปยังตำแหน่งที่ 54 (ขาของตัวต้านทาน 470 กิโลโอห์ม) แล้วต่อไปยังตำแหน่งที่ 16 (ขาของทรานส์ฟอร์มเมอร์)

3. ต่อดวงจรมายังตำแหน่งที่ 34 (ขาของตัวเก็บประจุ ขนาด 0.0022 ไมโครฟารัด) ไปยังตำแหน่งที่ 15 (ขาของทรานซิสเตอร์) แล้วต่อไปที่ตำแหน่ง 1 (ออดิโอเลกทอนิกส์)
4. ต่อดวงจรมายังตำแหน่งที่ 35 (ขาของตัวเก็บประจุ ขนาด 0.022 ไมโครฟารัด) ไปยังตำแหน่งที่ 55 (ขาของตัวต้านทานขนาด 470 กิโลโอห์ม) แล้วต่อสายไฟไปที่ตำแหน่ง 25 (ขา BASE)
5. ต่อดวงจรมายังตำแหน่งที่ 26 (ขา COLLECTOR) ไปที่ตำแหน่ง 17 (ขาของทรานซิสเตอร์) แล้วจากขาของทรานซิสเตอร์ ไปที่ตำแหน่ง 2 (ออดิโอเลกทอนิกส์)
6. ต่อดวงจรมายังตำแหน่งที่ 27 (ขา BASE) ไปยังตำแหน่งที่ 4 (ขั้วลบของแบตเตอรี่)
7. ต่อดวงจรมายังตำแหน่งที่ 19 (สวิทช์ KEY) ไปที่ตำแหน่ง 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)
8. กดสวิทช์ KEY สังเกตการเปลี่ยนแปลง บนที่กผล
9. จากนั้นให้นักเรียนฝึกสื่อสารกันด้วยรหัสมอร์ส ตามที่กำหนด



MORSE CODE CHART



A ● —	K — ● —	U ● ● —	4 ● ● ● ● —
B — ● ● ●	L ● — ● ●	V ● ● ● —	5 ● ● ● ● ●
C — ● — ●	M — —	W ● — —	6 — ● ● ● ●
D — ● ●	N — ●	X — ● ● —	7 — — ● ● ●
E ●	O — — —	Y — ● — —	8 — — — ● ●
F ● ● — ●	P ● — — ●	Z — — ● ●	9 — — — — ●
G — — — ●	Q — — — ● —		0 — — — — —
H ● ● ● ●	R ● — ●	1 ● — — — —	· ● — ● — —
I ● ●	S ● ● ●	2 ● ● — — —	, — — — ● ● —
J ● — — — —	T —	3 ● ● ● — —	? ● ● — — ● ●

ผลการทดลอง



เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว กดสวิตช์ KEY ลง จะได้ยินเสียงจากออก ถ้ากดสวิตช์ KEY ค้างไว้นาน จะได้ยินเสียงยาว แต่ถ้ากดสวิตช์ KEY แล้วปล่อย จะได้ยินเสียงสั้น

สรุป



รหัสมอร์ส คือ การส่งข้อความทางอิเล็กทรอนิกส์เป็นครั้งแรก โดยทางโทรเลขและวิทยุ



แนวการตอบคำถาม



1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง

ตอบ ตัวต้านทาน ขนาด $470\ \Omega$, ตัวต้านทาน ขนาด $470\ K\Omega$, ตัวเก็บประจุ ขนาด $0.0022\ \mu F$, ทรานซิสเตอร์, ออดิโอเล็คทรอนิกส์, หม้อแปลงไฟฟ้า, สายไฟ, ถ่านไฟฉาย และสวิตช์แบบกด

2. จงบอกความหมายของรหัสมอร์ส

ตอบ เป็นการส่งข้อความทางอิเล็กทรอนิกส์

3. ออดิโอเล็คทรอนิกส์ (PIEZO BUZZER) ทำหน้าที่อะไรในวงจร

ตอบ ลำโพง



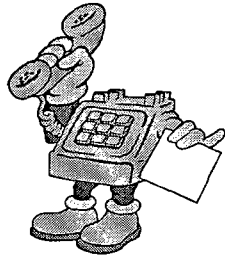
4. จาก MORSE CODE CHART นักเรียนคิดว่า

• แทนสัญญาณเสียงแบบใด ตอบ เสียงสั้น

— แทนสัญญาณเสียงแบบใด ตอบ เสียงยาว

5. จงบอกประโยชน์ของการศึกษารหัสมอร์ส

ตอบ สามารถใช้ในการติดต่อสื่อสารกันได้ เช่น โทรเลข และวิทยุ



ความรู้เพิ่มเติม

รหัสมอร์สเป็นการส่งข้อความทางอิเล็กทรอนิกส์เป็นครั้งแรก เช่น โทรเลข และวิทยุ ซึ่งยังมี
การใช้โอเปอร์เรเตอร์ติดต่อวิทยุทั่วโลก การเรียนรู้เกี่ยวกับรหัสมอร์สสามารถเรียนรู้ได้จากการจดจำรหัส
สัญญาณของตัวอักษรต่างๆ จะทำให้สนุกกับการส่งข่าวสารถึงเพื่อน



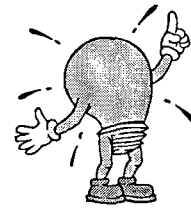
การทดลองที่ 30 เปลี่ยนเสียงให้เป็นแสง

เวลาที่ใช้ทดลอง 20 นาที

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อทำการทดลองแล้ว นักเรียนจะสามารถ

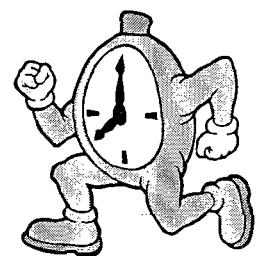
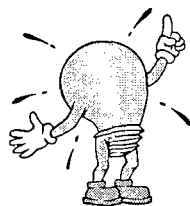
1. บอกหลักการทำงานของทรานซิสเตอร์และตัวเก็บประจุในวงจรได้
2. บอกหน้าที่ของตัวเก็บประจุในวงจรได้



วัสดุอุปกรณ์

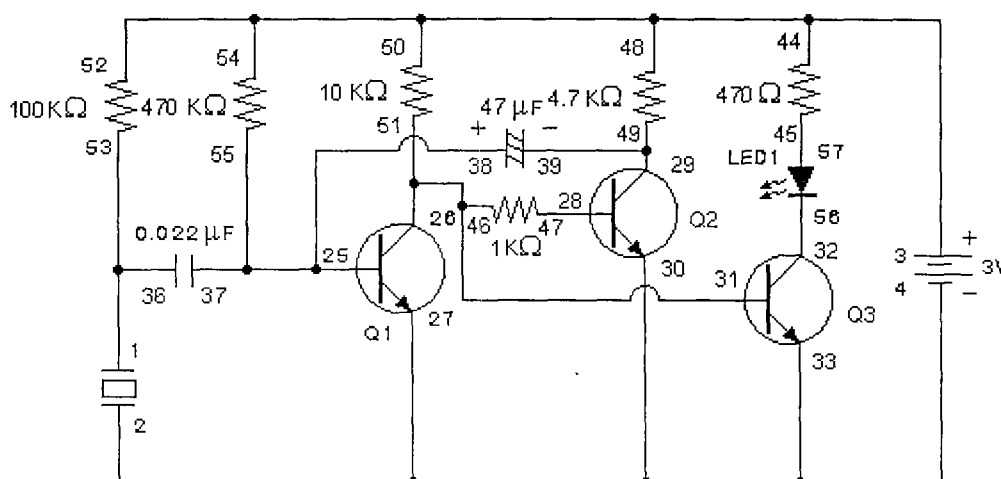
1. ตัวต้านทาน ขนาด	470 Ω	$\frac{1}{4}$ W	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน ขนาด	1 K Ω	$\frac{1}{4}$ W	1	ตัว
3. ตัวต้านทาน ขนาด	4.7 K Ω	$\frac{1}{4}$ W	1	ตัว
4. ตัวต้านทาน ขนาด	10 K Ω	$\frac{1}{4}$ W	1	ตัว
5. ตัวต้านทาน ขนาด	100 K Ω	$\frac{1}{4}$ W	1	ตัว

6. ตัวต้านทาน ขนาด	470 K Ω	$\frac{1}{4}$ W	1	ตัว
7. ตัวเก็บประจุ ขนาด	0.022 μ F		1	ตัว
8. ตัวเก็บประจุ ขนาด	47 μ F		1	ตัว
9. ทรานซิสเตอร์			3	ตัว
10. ไดโอดเปล่งแสง (LED)			1	ตัว
11. ออดิโออิเล็กทรอนิกส์ (Piezo buzzer)			1	ตัว
12. สายไฟ			22	เส้น
13. ถ่านไฟฉาย ขนาด	1.5 V		2	ก้อน



ขั้นตอนการทดลอง

1. ศึกษาวงจรก่อนลงมือปฏิบัติ



2. นำสายไฟต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 52 (ขาของตัวต้านทาน 100 กิโลโอห์ม) ไปยังตำแหน่งที่ 54 (ขาของตัวต้านทาน 470 กิโลโอห์ม) จากขาของตัวต้านทาน 470 กิโลโอห์ม เชื่อมต่อไปยังตำแหน่งที่ 50 (ขาของตัวต้านทาน 10 กิโลโอห์ม) แล้วต่อไปยังขาของตัวต้านทาน 4.7 กิโลโอห์ม ที่ตำแหน่ง 48 จากนั้นเชื่อมต่อสายไฟไปยังตำแหน่งที่ 44 (ขาของตัวต้านทาน 470 โอห์ม) ไปยังตำแหน่งที่ 3 (ขั้วบวกของแบตเตอรี่)

3. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 53 (ขาของตัวต้านทาน 100 กิโลโอห์ม) ไปยังตำแหน่งที่ 36 (ขาของตัวเก็บประจุ ขนาด 0.022 ไมโครฟารัด) จากนั้นเชื่อมต่อสายไฟไปที่ตำแหน่ง 1 (ออกติเล็กทรอนิกส์)

4. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 55 (ขาของตัวต้านทาน 470 กิโลโอห์ม) ไปยังขาของตัวเก็บประจุ ขนาด 0.022 ไมโครฟารัด ที่ตำแหน่ง 37 แล้วต่อไปยังขาเบส (BASE) ของทรานซิสเตอร์ (Q_1) ที่ตำแหน่ง 25 จากนั้นต่อไปยังขาของตัวเก็บประจุ ขนาด 47 ไมโครฟารัด ที่ตำแหน่ง 38

5. ต่อวงจรจากตำแหน่งที่ 51 (ขาของตัวต้านทาน 10 กิโลโอห์ม) ไปยังตำแหน่งที่ 26 (ขา COLLECTOR) ของตัวทรานซิสเตอร์ (Q_1) จากนั้นเชื่อมต่อสายไฟไปยังตำแหน่งที่ 46 (ขาของตัวต้านทาน 1 กิโลโอห์ม) แล้วต่อไปยังตำแหน่งที่ 31 (ขา BASE) ของตัวทรานซิสเตอร์ (Q_3)

6. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 49 (ขาของตัวต้านทาน 4.7 กิโลโอห์ม) ไปยังตำแหน่งที่ 39 (ขาของตัวเก็บประจุ 47 ไมโครฟารัด) แล้วเชื่อมต่อดวงจรไปที่ขา COLLECTOR ของตัวทรานซิสเตอร์ (Q_2) ที่ตำแหน่ง 29

7. เชื่อมต่อสายไฟที่ตำแหน่ง 47 (ขาของตัวต้านทาน 1 กิโลโอห์ม) เข้ากับขาเบส (BASE) ของทรานซิสเตอร์ (Q_2) ที่ตำแหน่ง 28

8. ต่อดวงจรที่ตำแหน่ง 45 (ขาของตัวต้านทาน 470 โอห์ม) ไปยัง LED1 ที่ตำแหน่ง 57

9. จาก LED1 ที่ตำแหน่ง 56 ต่อดวงจรไปยังขา COLLECTOR ของตัวทรานซิสเตอร์ (Q_3) ที่ตำแหน่ง 32

10. ต่อดวงจรถูกตำแหน่งที่ 2 (ออดิโอเล็กทรอนิกส์) ไปยังขา EMITTER ของตัวทรานซิสเตอร์ (Q_1) ที่ตำแหน่ง 27 ต่อสายไฟไปที่ตำแหน่ง 30 ขา COLLECTOR ของตัวทรานซิสเตอร์ (Q_2) แล้วต่อไปยังขา EMITTER ของตัวทรานซิสเตอร์ (Q_3) ที่ตำแหน่ง 33 จากนั้นเชื่อมต่อเข้ากับขั้วลบของแบตเตอรี่ที่ตำแหน่ง 4

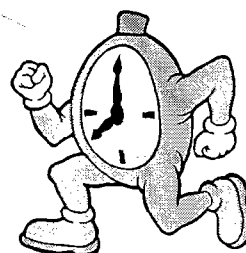


11. สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผลการทดลอง

12. ทดลองปรบมือใกล้ๆ กับออดิโอเล็กทรอนิกส์ (Piezo buzzer) สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผลการทดลอง

13. ทดลองเปลี่ยนตัวเก็บประจุจากขนาด 47 ไมโครฟารัด เป็นขนาด 470 ไมโครฟารัด สังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น บันทึกผลการทดลอง

วิ่งตามเทคโนโลยี .. มั่นหมั่น



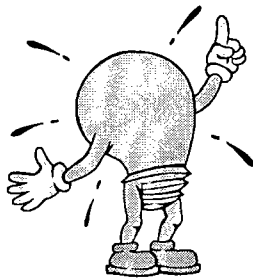
ผลการทดลอง



เมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว ทดลองปรบมือใกล้ๆ กับออด (piezo buzzer) ปรากฏว่า LED จะสว่างขึ้น ประมาณ 20 วินาที มันก็จะดับ

เปลี่ยนตัวเก็บประจุจากขนาด 47 ไมโครฟารัด เป็นขนาด 470 ไมโครฟารัด LED จะสว่างได้นานมากกว่า 2 นาที

สรุป



ทรานซิสเตอร์จะทำหน้าที่เป็นสวิตช์ปิด - เปิดวงจร และตัวเก็บประจุจะทำหน้าที่เก็บและคายประจุให้ผ่านทรานซิสเตอร์ ทำให้ LED สว่าง

แนวการตอบคำถาม



1. ในการทดลองนี้มีอุปกรณ์อะไรบ้าง

ตอบ ไดโอดเปล่งแสง, ตัวต้านทาน, ตัวเก็บประจุ, ทรานซิสเตอร์, ออดอิเล็กทรอนิกส์ (Piezo buzzer), สายไฟ และถ่านไฟฉาย

2. เมื่อปรบมือใกล้ๆ กับออดอิเล็กทรอนิกส์ เกิดอะไรขึ้น

ตอบ LED จะสว่าง

3. จงอธิบายการทำงานของทรานซิสเตอร์ในวงจรนี้

ตอบ ทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์ปิด - เปิดวงจร เมื่อตัวเก็บประจุเก็บและคายประจุให้กับทรานซิสเตอร์ ซึ่งทรานซิสเตอร์ทั้งสามตัวทำงานไม่พร้อมกัน



4. ทดลองเปลี่ยนตัวเก็บประจุจากขนาด 47 ไมโครฟารัด เป็นขนาด 470 ไมโครฟารัด เกิดอะไรขึ้น
 ตอบ LED จะสว่างได้นานมากกว่า 2 นาที
5. ตัวเก็บประจุในวงจรนี้ทำหน้าที่อะไร
 ตอบ เก็บและคายประจุไฟฟ้า

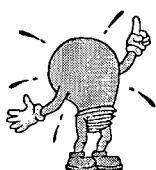


ความรู้เพิ่มเติม



จากการทดลองเมื่อตัวเก็บประจุขนาด 47 ไมโครฟารัด เก็บประจุผ่านตัวต้านทานขนาด 470 กิโลโอห์ม ทรานซิสเตอร์ตัวที่ 1 (Q1) เริ่มทำงาน ในขณะที่ทรานซิสเตอร์อีก 2 ตัว ยังไม่ทำงาน และเมื่อปรบมือใกล้ๆ กับออก ทรานซิสเตอร์ตัวที่ 1 (Q1) จะหยุดทำงาน จากนั้นทรานซิสเตอร์อีก 2 ตัวจะเริ่มทำงาน ทรานซิสเตอร์ตัวที่ 3 (Q3) จะได้รับกระแสอิเล็กทรอนิกส์แล้วไปควบคุมให้ LED สว่าง ส่วนทรานซิสเตอร์ตัวที่ 2 (Q2) จะทำงานเมื่อตัวเก็บประจุขนาด 47 ไมโครฟารัด เริ่มต้นเก็บประจุ และเมื่อตัวเก็บประจุเก็บประจุได้เพียงพอ (ประมาณ 20 วินาที) มีแรงดันสูงพอที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์ตัวที่ 1 (Q1) ทำงานได้ ทรานซิสเตอร์ตัวที่ 2 (Q2) และ 3 (Q3) จะหยุดทำงาน LED ก็ดับ





เอกสารอ้างอิง



พิษณุ วิทยศิลป์ และมังกร หริรักษ์. สู่โลกอิเล็กทรอนิกส์, กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2539.

ยีน ภูววรรณ. ทฤษฎีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์ เล่ม 1, กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2538.

สมคิด วิริยะประสิทธิ์ชัยและอรรณพล มณีโชติ. การสร้างโครงงานอิเล็กทรอนิกส์, กรุงเทพฯ :

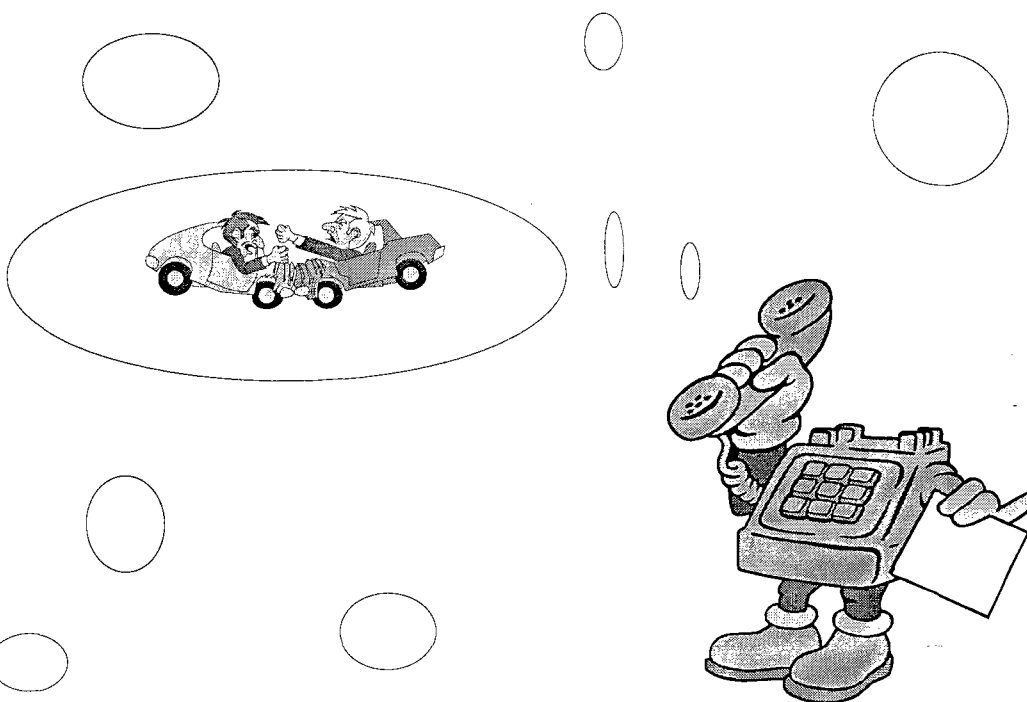
ฟิสิกส์เซนเตอร์, มปป.

สุนทร มโนพญา. เปิดประตูสู่อิเล็กทรอนิกส์, กรุงเทพฯ : โปรดัคทีฟบุ๊ค, 2537.

ศึกษาธิการ, กระทรวง. หนังสือเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ว 016 สนุกกับอิเล็กทรอนิกส์ ระดับมัธยมศึกษา

ตอนต้น พุทธศักราช 2521, พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2536.

นุ - กุล กระจ่าย, แอ่งเกลียว. วงจรอิเล็กทรอนิกส์ 2, พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สุวีริยาสาส์น, 2525.



ภาคผนวก ง

แบบประเมินคุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์
แบบประเมินดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ของการทดลองกับ
เนื้อหาการทดลองของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์
แบบสอบถามเจตคติต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

แบบประเมินคุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

แบบประเมินชุดนี้เป็นแบบทดสอบความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางด้านไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์ เกี่ยวกับคุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

คำชี้แจง แบบประเมินชุดนี้แบ่งออกเป็น 4 ตอน

ตอนที่ 1 วัตถุประสงค์ของแบบประเมิน

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญทางด้านไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์ ประกอบด้วยคำถาม 4 ข้อ

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางด้านไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์ เกี่ยวกับคุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 20 ข้อ

1. ลักษณะทางกายภาพทั่วไป	5 ข้อ
2. ลักษณะการใช้งาน	6 ข้อ
3. การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม	4 ข้อ
4. ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน	5 ข้อ

ตอนที่ 4 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญด้านไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์

ตอนที่ 1 วัตถุประสงค์ของแบบประเมิน

แบบประเมินชุดนี้สร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือในการวิจัย มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์ เกี่ยวกับคุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น

แบบประเมินชุดนี้ แบ่งการประเมินออกเป็น 4 ด้าน ดังนี้

1. ลักษณะกายภาพทั่วไป
2. ลักษณะการใช้งาน
3. การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม
4. ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญด้านไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์

กรุณาเขียนเครื่องหมาย ☒ ลงในกรอบ ☐ หน้าข้อความที่ตรงกับความเป็นจริง และเติมข้อความลงในช่องว่าง

1. ชื่อ นามสกุล
2. ระดับการศึกษา
 - ☐ ปริญญาตรี
 - ☐ ปริญญาโท
 - ☐ ปริญญาเอก
 - ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ)
3. ประสบการณ์การทำงานที่เกี่ยวข้องกับงานด้านไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์ ปี
4. ตำแหน่งงานในปัจจุบัน
 - ตำแหน่ง
 - สังกัด

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญด้านไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์ ในการทดสอบและประเมินผลชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ข้อแนะนำในการตอบแบบประเมิน

1. แบบประเมินในตอนี่ 3 มีทั้งหมด 20 ข้อ
2. โปรดเขียนเครื่องหมาย ☒ ลงในช่องมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ ตามความคิดเห็นของท่าน หลังจากทดสอบชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์แล้ว
3. ค่าระดับคะแนนกำหนดไว้ดังนี้

ผลการประเมินในระดับดีมาก	หมายถึง	4
ผลการประเมินในระดับดี	หมายถึง	3
ผลการประเมินในระดับพอใช้	หมายถึง	2
ผลการประเมินในระดับต้องปรับปรุง	หมายถึง	1
ผลการประเมินในระดับใช้ไม่ได้	หมายถึง	0

ตารางการประเมินผลโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์

ข้อที่	รายละเอียด	ระดับการประเมิน				
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง	ใช้ไม่ได้
	1. ลักษณะทางกายภาพทั่วไป					
1.	มีความแข็งแรง ทนทาน .....	.....	.....	.....	.....	.....
2.	การออกแบบชิ้นส่วน สามารถประกอบได้ง่าย .....	.....	.....	.....	.....	.....
3.	การติดตั้งอุปกรณ์มีความมั่นคง .....	.....	.....	.....	.....	.....
4.	มีขนาดกระทัดรัด และออกแบบได้เหมาะสม .....	.....	.....	.....	.....	.....
5.	ประกอบด้วยวงจรย่อยๆ หลายวงจร .....	.....	.....	.....	.....	.....
	2. ลักษณะการใช้งาน					
1.	การเตรียมอุปกรณ์การทดลองทำได้สะดวก .....	.....	.....	.....	.....	.....
2.	มีความคล่องตัวในการใช้และปฏิบัติการทดลอง ไม่เกะกะ .....	.....	.....	.....	.....	.....
3.	การเชื่อมต่อวงจร ทำได้สะดวกรวดเร็ว สามารถทำงานได้ทุกวงจร .....	.....	.....	.....	.....	.....
4.	มีประสิทธิภาพในการทดลอง ผลการทดลองเชื่อถือได้ มีข้อผิดพลาดเพียงเล็กน้อย .....	.....	.....	.....	.....	.....
5.	แบตเตอรี่ที่ใช้ในวงจรประหยัด สามารถใช้งานได้นาน .....	.....	.....	.....	.....	.....
6.	ปลอดภัยในขณะที่ปฏิบัติการทดลอง .....	.....	.....	.....	.....	.....
	3. การบำรุงรักษาและการซ่อมแซม					
1.	การบำรุงรักษาทำได้ง่าย สะดวกในการใช้และเก็บรักษา .....	.....	.....	.....	.....	.....
2.	การจัดหาเครื่องมือซ่อมแซมทำได้สะดวก .....	.....	.....	.....	.....	.....
3.	อุปกรณ์ประกอบมีราคาถูก หาซื้อได้ง่าย .....	.....	.....	.....	.....	.....
4.	การซ่อมแซมไม่ทำให้อุปกรณ์อื่นเสียหาย .....	.....	.....	.....	.....	.....

ข้อที่	รายละเอียด	ระดับการประเมิน				
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง	ใช้ไม่ได้
	4. ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้ประกอบ การเรียนการสอน					
1.	สามารถผ่อนแรงครูผู้สอนในการเตรียมอุปกรณ์ การเรียนการสอน .....	.....	.....	.....	.....	.....
2.	เคลื่อนย้ายสะดวก และสามารถนำไปใช้นอกห้อง ปฏิบัติการได้ .....	.....	.....	.....	.....	.....
3.	ใช้เวลาในการทดลองน้อย และได้ความรู้เพิ่มขึ้น ...	.....	.....	.....	.....	.....
4.	ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ง่าย เป็นการให้ ประสบการณ์ตรง .....	.....	.....	.....	.....	.....
5.	ผู้เรียนสามารถใช้เรียนรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มได้...	.....	.....	.....	.....	.....

ตอนที่ 4 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญทางด้านไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์
เกี่ยวกับคุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขอขอบพระคุณ.

แบบประเมินดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ของการทดลองกับเนื้อหาการทดลอง
ของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ช่วยสอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

คำชี้แจง ให้ท่านพิจารณาว่าจุดประสงค์ของการทดลองแต่ละข้อต่อไปนี้มีความสอดคล้อง
สัมพันธ์กับการทดลองที่สร้างขึ้น จริงหรือไม่ ให้ท่านพิจารณาให้คะแนนดังต่อไปนี้
+ 1 ถ้าท่านแน่ใจว่าจุดประสงค์ของการทดลองมีความสอดคล้องกับการทดลอง
0 ถ้าท่านไม่แน่ใจว่าจุดประสงค์ของการทดลองมีความสอดคล้องกับการทดลอง
- 1 ถ้าท่านแน่ใจว่าจุดประสงค์ของการทดลองไม่มีความสอดคล้องกับการทดลอง
โปรดตอบโดยเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคะแนน + 1 , 0 หรือ - 1 แล้วแต่กรณี

การทดลอง	จุดประสงค์ของการทดลอง	คะแนน			ข้อเสนอแนะ
		+ 1	0	- 1	
การทดลองที่ 1 : มาต่องจรไฟฟ้า กันและ	1. สามารถอธิบายหลักการทำงานของ วงจรไฟฟ้าและต่อวงจรไฟฟ้าได้ .....	.....	.....	.....	
	2. สามารถบอกความหมายของวงจรปิด และวงจรเปิดได้ .....	.....	.....	.....	
การทดลองที่ 2 : สนุกกับไดโอด	1. สามารถบอกหลักการทำงานของไดโอด ได้ .....	.....	.....	.....	
	2. สามารถบอกลักษณะการต่อขั้วของ ไดโอดกับถ่านไฟฉายได้ .....	.....	.....	.....	
การทดลองที่ 3 : การต่อวงจร แบบอนุกรม	1. สามารถอธิบายการทำงานของวงจร อนุกรมได้.....	.....	.....	.....	
	2. สามารถบอกได้ว่าเมื่อต่อวงจรแบบ อนุกรม ความสว่างของ LED ทั้งสอง เท่ากัน .....	.....	.....	.....	

การทดลอง	จุดประสงค์ของการทดลอง	คะแนน			ข้อเสนอแนะ
		+ 1	0	- 1	
การทดลองที่ 4 : การต่อวงจร แบบขนาน	1. สามารถอธิบายการทำงานของวงจร แบบขนานได้				
	2. สามารถเปรียบเทียบการทำงานของ การต่อวงจรแบบขนานกับอนุกรมได้ ....	....	....	....	
การทดลองที่ 5 : มารู้จักกับ ตัวต้านทาน	1. สามารถอธิบายการทำงานของ ตัวต้านทาน เมื่อนำมาต่อแบบอนุกรม ได้ .....	....	....	....	
	2. สามารถอ่านค่าแถบสีตัวต้านทานได้ .....	....	....	....	
การทดลองที่ 6 : การต่อ ตัวต้านทาน แบบขนาน	1. สามารถอธิบายการทำงานของ ตัวต้านทาน เมื่อนำมาต่อวงจร แบบขนานได้ .....	....	....	....	
	2. สามารถบอกได้ว่าเมื่อต่อตัวต้านทาน แบบขนาน ค่าความต้านทานรวมของ วงจรมีค่าน้อยกว่าค่าความต้านทาน ของตัวต้านทานที่มีค่าน้อยที่สุด .....	....	....	....	
การทดลองที่ 7 : วงจรปรับค่าความ ต่างศักย์ไฟฟ้า	1. สามารถอธิบายการทำงานของวงจร เมื่อ เปลี่ยนแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้ .....	....	....	....	
	2. สามารถบอกค่าของกระแสในวงจรได้ ....	....	....	....	
การทดลองที่ 8 : สนุกกับการทำ วงจรไฟหรี	1. สามารถเปลี่ยนค่าความต้านทานของ กระแสเล็กทรอนิกส์ โดยใช้ตัวต้านทาน ปรับค่าได้ .....	....	....	....	
	2. สามารถบอกได้ว่าตัวต้านทานที่ต่อใน วงจรเป็นแบบอนุกรม .....	....	....	....	

การทดลอง	จุดประสงค์ของการทดลอง	คะแนน			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	- 1	
การทดลองที่ 9 : ตัวเก็บประจุ	1. สามารถบอกหลักการทำงานของ ตัวเก็บประจุในวงจรได้ 2. สามารถบอกได้ว่าตัวเก็บประจุ สามารถเก็บประจุและคายประจุ ไฟฟ้าได้ .....	.....	.....	.....	
การทดลองที่ 10 : การต่อวงจรตัวเก็บ ประจุแบบขนาน	1. สามารถบอกหลักการทำงานของ ตัวเก็บประจุ เมื่อนำมาต่อแบบขนาน ได้ 2. สามารถบอกได้ว่าความจุรวมของ ตัวเก็บประจุเพิ่มขึ้นเมื่อนำมาต่อวงจร แบบขนานได้ .....	.....	.....	.....	
การทดลองที่ 11 : ควบคุมกระแสไม่ให้ ไหลผ่านมาก	1. สามารถบอกได้ว่ากระแสอิเล็กทรอนิกส์ จะเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีค่าความ ต้านทานต่ำได้มาก 2. สามารถบอกความสำคัญของ ตัวต้านทานได้.....	.....	.....	.....	
การทดลองที่ 12 : สนุกกับการ ควบคุมไฟ	1. สามารถอธิบายการทำงานของตัว ต้านทานปรับค่าได้ 2. สามารถบอกหน้าที่ของตัวต้านทาน ปรับค่าได้ในวงจรได้ .....	.....	.....	.....	
การทดลองที่ 13 : มาทำไฟกระพริบกัน เถอะ	1. สามารถอธิบายการทำงานของวงจรได้ 2. สามารถสร้างวงจรไฟกระพริบได้.....	.....	.....	.....	

การทดลอง	จุดประสงค์ของการทดลอง	คะแนน			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	- 1	
การทดลองที่ 14 : วงจรกดติดปล่อยดับ	1. สามารถอธิบายการทำงานของรีเลย์ใน วงจรได้ .....	.....	.....	.....	
	2. สามารถต่อวงจรกดติดปล่อยดับได้ .....	.....	.....	.....	
การทดลองที่ 15 : วงจรกดดับปล่อยติด	1. สามารถอธิบายการทำงานของรีเลย์ใน วงจรได้ .....	.....	.....	.....	
	2. สามารถบอกหน้าที่ของรีเลย์ได้ .....	.....	.....	.....	
การทดลองที่ 16 : วงจรเปิดค้าง	1. สามารถอธิบายการทำงานของรีเลย์ใน วงจรได้ .....	.....	.....	.....	
	2. สามารถบอกประโยชน์ในการนำวงจรนี้ ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ .....	.....	.....	.....	
การทดลองที่ 17 : วงจรปิดค้าง	1. สามารถอธิบายการทำงานของรีเลย์ใน วงจรได้ .....	.....	.....	.....	
	2. สามารถบอกประโยชน์ในการนำวงจรนี้ ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ .....	.....	.....	.....	
การทดลองที่ 18 : ทรานซิสเตอร์ ทำงานอย่างไร	1. สามารถบอกหลักการทำงานของ ทรานซิสเตอร์ได้ .....	.....	.....	.....	
	2. สามารถบอกขั้วของทรานซิสเตอร์ใน วงจรได้ .....	.....	.....	.....	
การทดลองที่ 19 : ทรานซิสเตอร์ ทำงานแบบสวิตช์	1. สามารถอธิบายได้ว่าทรานซิสเตอร์ ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ปิด - เปิดวงจร .....	.....	.....	.....	
	2. สามารถต่อทรานซิสเตอร์ในวงจร เพื่อให้ทรานซิสเตอร์นำกระแส อิเล็กทรอนิกส์ได้.. .....	.....	.....	.....	

การทดลอง	จุดประสงค์ของการทดลอง	คะแนน			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	- 1	
การทดลองที่ 20 : วงจรกำเนิดเสียง ไซเรน	1. สามารถอธิบายการทำงานของวงจร กำเนิดเสียงไซเรนได้ 2. สามารถบอกงานที่เกี่ยวข้องกับวงจร กำเนิดเสียงไซเรนได้ .....	.....	.....	.....	
การทดลองที่ 21 : ออดไฟฟ้า	1. สามารถอธิบายการทำงานของ ตัวเก็บประจุในวงจรได้ 2. สามารถบอกได้ว่าตัวเก็บประจุ สามารถควบคุมความถี่ของ ออสซิลเลเตอร์ (Oscillator) .....	.....	.....	.....	
การทดลองที่ 22 : สนุกกับการทำ สวิตช์หน่วงเวลา	1. สามารถอธิบายการทำงานของ ตัวเก็บประจุและตัวต้านทานในวงจรได้ 2. สามารถสร้างวงจรสวิตช์หน่วงเวลาได้ .....	.....	.....	.....	
การทดลองที่ 23 : วงจร อินเวอร์เตอร์	1. สามารถอธิบายการทำงานของวงจร อินเวอร์เตอร์ได้ 2. สามารถบอกความสำคัญของวงจร อินเวอร์เตอร์ได้ .....	.....	.....	.....	
การทดลองที่ 24 : วงจรออร์ เกท	1. สามารถอธิบายการทำงานของวงจร ออร์ เกท ได้ 2. สามารถบอกหน้าที่ของเกทได้ .....	.....	.....	.....	
การทดลองที่ 25 : วงจรแอนด์ เกท	1. สามารถอธิบายการทำงานของวงจร แอนด์ เกท ได้ 2. สามารถสรุปการทำงานของวงจร แอนด์ เกท ได้ .....	.....	.....	.....	

การทดลอง	จุดประสงค์ของการทดลอง	คะแนน			ข้อเสนอแนะ
		+1	0	- 1	
การทดลองที่ 26 : วงจรเก็บแล้วปล่อย ออกมาดูเล่น	1. สามารถบอกหลักการทำงานของ ตัวเก็บประจุในวงจรได้ 2. สามารถบอกได้ว่าตัวต้านทานมีผลต่อ การเก็บและคายประจุของตัวเก็บประจุ..	.....	.....	.....	
การทดลองที่ 27 : วงจรกำเนิด สัญญาณเตือน	1. สามารถบอกหลักการทำงานของวงจร กำเนิดสัญญาณเตือนได้ 2. สามารถนำวงจรกำเนิดสัญญาณเตือน ไปประยุกต์ใช้งานได้ .....	.....	.....	.....	
การทดลองที่ 28 : สนุกกับเทียน วันเกิด อิเล็กทรอนิกส์	1. สามารถบอกการทำงานของ ทรานซิสเตอร์ในวงจรได้ 2. สามารถสร้างวงจร เทียนวันเกิดอิเล็กทรอนิกส์ได้ .....	.....	.....	.....	
การทดลองที่ 29 : สนุกกับรหัสมอร์ส	1. สามารถบอกหน้าที่ของ ออดิโออิเล็กทรอนิกส์ (Piezo buzzer) ได้. 2. สามารถใช้วงจรสนุกกับรหัสมอร์ส ในการศึกษารหัสมอร์สได้ .....	.....	.....	.....	
การทดลองที่ 30 : เปลี่ยนเสียงให้เป็น แสง	1. สามารถบอกหลักการทำงานของ ทรานซิสเตอร์ และตัวเก็บประจุใน วงจรได้ 2. สามารถบอกหน้าที่ของตัวเก็บประจุใน วงจรนี้ได้ .....	.....	.....	.....	

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

ขอขอบพระคุณ.

แบบสอบถามเจตคติต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

คำชี้แจง แบบสอบถามฉบับนี้ ต้องการถามความคิดเห็น หรือความรู้สึกของผู้ตอบแบบสอบถาม ที่มีต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ขอให้ผู้ตอบแบบสอบถามอ่านข้อความแต่ละข้ออย่างละเอียด เพื่อพิจารณาตามความคิดเห็นว่ามีความรู้สึกอย่างไร ให้เขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็น เพียงคำตอบเดียว

ข้อที่	ข้อความ	ความคิดเห็นหรือความรู้สึก				
		เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
1.	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้เกิดความสนใจที่จะเรียนรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์ .....	.....	.....	.....	.....	.....
2.	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ไม่น่าสนใจ .....	.....	.....	.....	.....	.....
3.	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน .....	.....	.....	.....	.....	.....
4.	อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ สามารถจดจำได้ง่าย .....	.....	.....	.....	.....	.....
5.	ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์มีความแข็งแรงทนทาน .....	.....	.....	.....	.....	.....
6.	รู้สึกสนุกสนาน เพลิดเพลิน ในขณะที่ทำการทดลองชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ .....	.....	.....	.....	.....	.....
7.	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทำให้เกิดความกังวลใจ .....	.....	.....	.....	.....	.....
8.	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซ้ำซาก น่าเบื่อหน่าย .....	.....	.....	.....	.....	.....
9.	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ยากเกินไป .....	.....	.....	.....	.....	.....

ข้อที่	ข้อความ	ความคิดเห็นหรือความรู้สึก				
		เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
10.	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์แต่ละการทดลองใช้เวลาพอเหมาะ .....	.....	.....	.....	.....	.....
11.	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ไม่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้ความสามารถของตนเอง .....	.....	.....	.....	.....	.....
12.	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้และค้นคว้าหาคำตอบด้วยตนเอง .....	.....	.....	.....	.....	.....
13.	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาเกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์เพิ่มขึ้น .....	.....	.....	.....	.....	.....
14.	ขณะที่ทำการทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ รู้สึกไม่เคร่งเครียด .....	.....	.....	.....	.....	.....
15.	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ มีความยาก – ง่ายพอเหมาะกับความสามารถของผู้เรียน .....	.....	.....	.....	.....	.....
16.	การเรียนการสอนโดยใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้จดจำเนื้อหาได้ดี .....	.....	.....	.....	.....	.....
17.	ความรู้ที่ได้จากการทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาได้ .....	.....	.....	.....	.....	.....
18.	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้ได้รับการฝึก การใช้ความคิดของตนเอง .....	.....	.....	.....	.....	.....
19.	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ทำให้รู้สึกตื่นเต้น .....	.....	.....	.....	.....	.....
20.	ความรู้ที่ได้จากการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ช่วยให้สามารถประดิษฐ์วงจรขนาดเล็กๆ ได้ .....	.....	.....	.....	.....	.....

ข้อที่	ข้อความ	ความคิดเห็นหรือความรู้สึก				
		เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง
21.	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ช่วย ให้จำกันควำหาความรู้ด้วยตนเอง .....	.....	.....	.....	.....	.....
22.	การทดลองของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เหมาะสมกับเนื้อหาของการทดลอง .....	.....	.....	.....	.....	.....
23.	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ช่วย ให้เกิดความรู้สึกกระตือรือร้นในการเรียน ...	.....	.....	.....	.....	.....
24.	ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ช่วยให้ผู้เรียนเกิด ความรักในการเรียนอิเล็กทรอนิกส์ .....	.....	.....	.....	.....	.....
25.	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ช่วย ให้กล้าแสดงความคิดเห็น .....	.....	.....	.....	.....	.....
26.	การเรียนโดยใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เสีย เวลาโดยเปล่าประโยชน์ .....	.....	.....	.....	.....	.....
27.	ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์กระตุ้นให้เกิดความ คิดแก้ปัญหาตลอดเวลา .....	.....	.....	.....	.....	.....
28.	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ช่วย ให้เกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ .....	.....	.....	.....	.....	.....
29.	ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เป็นการให้ ประสบการณ์ตรง .....	.....	.....	.....	.....	.....
30.	รู้สึกปลอดภัยขณะปฏิบัติการทดลองใน ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ .....	.....	.....	.....	.....	.....
31.	การทดลองในชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ช่วย ให้มีโอกาสใช้ความสามารถที่มีอยู่ .....	.....	.....	.....	.....	.....
32.	ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ช่วยให้ผู้เรียน สามารถสรุปผลการทดลองได้ด้วยตนเอง...	.....	.....	.....	.....	.....

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

ขอขอบพระคุณ.

ภาคผนวก จ

ค่าสถิติเกี่ยวกับการวิเคราะห์คุณภาพของเครื่องมือการวิจัย

ตารางแสดงค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์ของการทดลองกับเนื้อหาของการทดลองของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

การทดลอง	จุดประสงค์ของการทดลอง	การพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ					ค่า IC
		1	2	3	4	5	
การทดลองที่ 1 : มาต่อวงจรไฟฟ้ากันเถอะ	1. สามารถอธิบายหลักการทำงานของวงจรไฟฟ้าและต่อวงจรไฟฟ้าได้	1	1	1	1	1	1.00
	2. สามารถบอกความหมายของวงจรปิดและวงจรเปิดได้	1	1	1	1	0	0.80
การทดลองที่ 2 : สนุกกับไดโอด	1. สามารถบอกหลักการทำงานของไดโอดได้	1	1	1	1	1	1.00
	2. สามารถบอกลักษณะการต่อขั้วของไดโอดกับถ่านไฟฉายได้	1	1	1	1	1	1.00
การทดลองที่ 3 : การต่อวงจรแบบอนุกรม	1. สามารถอธิบายการทำงานของวงจรอนุกรมได้.....	0	1	1	1	0	0.60
	2. สามารถบอกได้ว่าเมื่อต่อวงจรแบบอนุกรม ความสว่างของ LED ทั้งสองเท่ากัน	0	1	1	1	1	1.00
การทดลองที่ 4 : การต่อวงจรแบบขนาน	1. สามารถอธิบายการทำงานของวงจรแบบขนานได้	1	1	1	1	0	0.80
	2. สามารถเปรียบเทียบการทำงานของวงจรแบบขนานกับอนุกรมได้ ...	1	1	1	1	0	0.80
การทดลองที่ 5 : มารู้จักกับตัวต้านทาน	1. สามารถอธิบายการทำงานของตัวต้านทาน เมื่อนำมาต่อแบบอนุกรมได้	1	1	1	1	1	1.00
	2. สามารถอ่านค่าแถบสีตัวต้านทานได้	1	1	1	1	1	1.00

การทดลอง	จุดประสงค์ของการทดลอง	การพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ					ค่า IC
		1	2	3	4	5	
การทดลองที่ 6 : การต่อ ตัวต้านทาน แบบขนาน	1. สามารถอธิบายการทำงานของ ตัวต้านทาน เมื่อนำมาต่อวงจร แบบขนานได้	0	1	1	1	1	0.80
	2. สามารถบอกได้ว่าเมื่อต่อตัวต้านทาน แบบขนาน ค่าความต้านทานรวมของ วงจรมีค่าน้อยกว่าค่าความต้านทาน ของตัวต้านทานที่มีค่าน้อยที่สุด	0	1	1	1	1	0.80
การทดลองที่ 7 : วงจรปรับค่าความ ต่างศักย์ไฟฟ้า	1. สามารถอธิบายการทำงานของวงจร เมื่อเปลี่ยนแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้	1	1	1	1	1	1.00
	2. สามารถบอกค่าของกระแสในวงจรได้...	1	1	1	1	1	1.00
การทดลองที่ 8 : สลับกับการทำ วงจรไฟหรี	1. สามารถเปลี่ยนค่าความต้านทานของ กระแสเล็กทรอนิกส์ โดยใช้ตัวต้านทาน ปรับค่าได้	1	1	1	1	1	1.00
	2. สามารถบอกได้ว่าตัวต้านทานที่ต่อใน วงจรเป็นแบบอนุกรม	1	1	1	1	1	1.00
การทดลองที่ 9 : ตัวเก็บประจุ	1. สามารถบอกหลักการทำงานของ ตัวเก็บประจุในวงจรได้	1	1	1	1	1	1.00
	2. สามารถบอกได้ว่าตัวเก็บประจุ สามารถเก็บประจุและคายประจุ ไฟฟ้าได้	1	1	1	1	1	1.00
การทดลองที่ 10 : การต่อวงจรตัวเก็บ ประจุแบบขนาน	1. สามารถบอกหลักการทำงานของ ตัวเก็บประจุ เมื่อนำมาต่อแบบขนาน ได้	1	1	1	1	1	1.00
	2. สามารถบอกได้ว่าความจุรวมของ ตัวเก็บประจุเพิ่มขึ้นเมื่อนำมาต่อวงจร แบบขนานได้	1	1	1	1	1	1.00

การทดลอง	จุดประสงค์ของการทดลอง	การพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ					ค่า IC
		1	2	3	4	5	
การทดลองที่ 11 : ควบคุมกระแสไม่ให้ไหลผ่านมาก	1. สามารถบอกได้ว่ากระแสอิเล็กทรอนิกส์จะเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีค่าความต้านทานต่ำได้มาก	1	1	1	1	1	1.00
	2. สามารถบอกความสำคัญของตัวต้านทานได้.....	1	1	1	1	1	1.00
การทดลองที่ 12 : สนุกกับการควบคุมไฟ	1. สามารถอธิบายการทำงานของตัวต้านทานปรับค่าได้	1	1	1	1	1	1.00
	2. สามารถบอกหน้าที่ของตัวต้านทานปรับค่าได้ในวงจรได้	1	1	1	1	1	1.00
การทดลองที่ 13 : มาทำไฟกระพริบกันเถอะ	1. สามารถอธิบายการทำงานของวงจรได้	0	1	1	1	1	0.80
	2. สามารถสร้างวงจรไฟกระพริบได้.....	1	1	1	1	0	0.80
การทดลองที่ 14 : วงจรกดติดปล่อยดับ	1. สามารถอธิบายการทำงานของรีเลย์ในวงจรได้	1	1	1	1	1	1.00
	2. สามารถต่อวงจรกดติดปล่อยดับได้	1	1	1	1	1	1.00
การทดลองที่ 15 : วงจรกดดับปล่อยติด	1. สามารถอธิบายการทำงานของรีเลย์ในวงจรได้	1	1	1	1	1	1.00
	2. สามารถบอกหน้าที่ของรีเลย์ได้	1	1	1	1	1	1.00
การทดลองที่ 16 : วงจรเปิดค้าง	1. สามารถอธิบายการทำงานของรีเลย์ในวงจรได้.....	1	1	1	1	1	1.00
	2. สามารถบอกประโยชน์ในการนำวงจรนี้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้	1	1	1	1	1	1.00

การทดลอง	จุดประสงค์ของการทดลอง	การพิจารณา ของผู้เชี่ยวชาญ					ค่า IC
		1	2	3	4	5	
การทดลองที่ 17 : วงจรปิดค้ำ	1. สามารถอธิบายการทำงานของรีเลย์ใน วงจรได้	1	1	1	1	1	1.00
	2. สามารถบอกประโยชน์ในการนำวงจรนี้ ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้	1	1	1	1	1	1.00
การทดลองที่ 18 : ทรานซิสเตอร์ ทำงานอย่างไร	1. สามารถบอกหลักการทำงานของ ทรานซิสเตอร์ได้	1	1	1	1	0	0.80
	2. สามารถบอกชื่อของทรานซิสเตอร์ใน วงจรได้	1	0	0	1	1	0.60
การทดลองที่ 19 : ทรานซิสเตอร์ ทำงานแบบสวิตช์	1. สามารถอธิบายได้ว่าทรานซิสเตอร์ ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ปิด - เปิดวงจร	1	1	1	1	1	1.00
	2. สามารถต่อทรานซิสเตอร์ในวงจร เพื่อให้ทรานซิสเตอร์นำกระแส อิเล็กทรอนิกส์ได้.. ..	1	1	1	1	1	1.00
การทดลองที่ 20 : วงจรกำเนิดเสียง ไซเรน	1. สามารถอธิบายการทำงานของวงจร กำเนิดเสียงไซเรนได้	1	1	1	1	1	1.00
	2. สามารถบอกงานที่เกี่ยวข้องกับวงจร กำเนิดเสียงไซเรนได้	1	1	1	1	1	1.00
การทดลองที่ 21 : ออดไฟฟ้า	1. สามารถอธิบายการทำงานของ ตัวเก็บประจุในวงจรได้	0	1	1	1	0	0.60
	2. สามารถบอกได้ว่าตัวเก็บประจุ สามารถควบคุมความถี่ของ ออสซิลเลเตอร์ (Oscillator)	0	1	1	1	1	0.80
การทดลองที่ 22 : สนุกกับการทำ สวิตช์หน่วงเวลา	1. สามารถอธิบายการทำงานของ ตัวเก็บประจุและตัวต้านทานในวงจรได้	0	1	1	1	1	0.80
	2. สามารถสร้างวงจรสวิตช์หน่วงเวลาได้	1	1	1	1	1	1.00

การทดลอง	จุดประสงค์ของการทดลอง	การพิจารณา ของผู้เชี่ยวชาญ					ค่า IC
		1	2	3	4	5	
การทดลองที่ 23 : วงจรอินเวอร์เตอร์	1. สามารถอธิบายการทำงานของวงจร อินเวอร์เตอร์ได้	1	1	1	1	0	0.80
	2. สามารถบอกความสำคัญของวงจร อินเวอร์เตอร์ได้	1	1	1	1	0	0.80
การทดลองที่ 24 : วงจรออร์ เกท	1. สามารถอธิบายการทำงานของวงจร ออร์ เกท ได้	1	1	1	1	0	0.80
	2. สามารถบอกหน้าที่ของเกทได้	1	1	1	1	0	0.80
การทดลองที่ 25 : วงจรแอนด์ เกท	1. สามารถอธิบายการทำงานของวงจร แอนด์ เกท ได้	1	1	1	1	1	1.00
	2. สามารถสรุปการทำงานของวงจร แอนด์ เกท ได้	1	1	1	1	1	1.00
การทดลองที่ 26 : วงจรเก็บแล้วปล่อย ออกมาดูเล่น	1. สามารถบอกหลักการทำงานของ ตัวเก็บประจุในวงจรได้	1	1	1	1	0	0.80
	2. สามารถบอกได้ว่าตัวต้านทานมีผลต่อ การเก็บและคายประจุของตัวเก็บประจุ	0	1	1	1	1	0.80
การทดลองที่ 27 : วงจรกำเนิด สัญญาณเตือน	1. สามารถบอกหลักการทำงานของวงจร กำเนิดสัญญาณเตือนได้	0	1	1	1	0	0.60
	2. สามารถนำวงจรกำเนิดสัญญาณเตือน ไปประยุกต์ใช้งานได้	1	1	1	1	1	1.00
การทดลองที่ 28 : สนุกกับเทียน วันเกิด อิเล็กทรอนิกส์	1. สามารถบอกการทำงานของ ทรานซิสเตอร์ในวงจรได้	1	1	1	1	1	1.00
	2. สามารถสร้างวงจร เทียนวันเกิดอิเล็กทรอนิกส์ได้	1	1	1	1	0	0.80

การทดลอง	จุดประสงค์ของการทดลอง	การพิจารณา ของผู้เชี่ยวชาญ					ค่า IC
		1	2	3	4	5	
การทดลองที่ 29 : สนุกกับรหัสมอร์ส	1. สามารถบอกหน้าที่ของ ออดิโอเล็ทรอนิกส์ (Piezo buzzer) ได้.	1	1	1	1	0	0.80
	2. สามารถใช้วงจรสนุกกับรหัสมอร์ส ในการศึกษารหัสมอร์สได้	1	1	1	1	1	1.00
การทดลองที่ 30 : เปลี่ยนเสียงให้เป็น แสง	1. สามารถบอกหลักการทำงานของ ทรานซิสเตอร์ และตัวเก็บประจุใน วงจรได้	0	1	1	1	1	0.80
	2. สามารถบอกหน้าที่ของตัวเก็บประจุใน วงจรนี้ได้	1	1	1	1	1	1.00

สรุป การทดลองทั้ง 30 การทดลอง มีค่า IC ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด (ไม่ต่ำกว่า 0.60) ทุกการทดลอง

ค่าอำนาจจำแนก (t) ของแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ข้อที่	กลุ่มสูง		กลุ่มต่ำ		t
	$\bar{X}$	S	$\bar{X}$	S	
1.	4.68	0.226	4.20	0.166	2.73
2.	4.80	0.166	4.12	0.360	1.85
3.	4.56	0.256	3.88	0.360	1.83
4.	4.56	0.256	3.16	0.640	2.15
5.	3.96	0.373	3.12	0.276	2.88
6.	4.60	0.333	4.08	0.243	2.02
7.	4.32	0.476	3.60	0.333	2.04
8.	4.48	0.593	4.08	0.076	3.98
9.	4.56	0.256	3.68	0.393	2.18
10.	4.20	0.333	3.40	0.416	1.86
11.	4.60	0.250	3.92	0.160	4.00
12.	4.76	0.190	3.88	0.276	3.09
13.	4.64	0.240	4.04	0.040	12.09
14.	4.28	0.293	3.84	0.223	1.87
15.	4.48	0.260	3.80	0.166	3.84
16.	4.12	0.360	3.88	0.110	1.92
17.	4.52	0.426	3.96	0.290	1.82
18.	4.68	0.226	4.08	0.243	2.37
19.	4.72	0.210	3.96	0.290	2.54
20.	4.68	0.226	3.68	0.226	4.24
21.	4.80	0.166	3.96	0.123	6.46
22.	4.44	0.256	3.80	0.166	3.61
23.	4.76	0.19	3.92	0.326	2.51
24.	4.68	0.226	4.00	0.083	7.35
25.	4.64	0.24	4.04	0.290	2.00
26.	4.92	0.076	4.12	0.193	4.07
27.	4.40	0.500	3.44	0.506	1.82
28.	4.64	0.240	4.04	0.290	2.00
29.	4.52	0.260	3.88	0.276	2.22
30.	4.56	0.256	3.60	0.500	1.88
31.	4.48	0.260	4.00	0.000	46.15
32.	4.40	0.083	3.96	0.206	2.09

* แบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์มีค่าอำนาจจำแนกมากกว่า 1.75 นำไปหาค่าความเชื่อมั่น
ได้ $\alpha = 0.87$

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ - สกุล

นางสาวศิริเพ็ญ จีงตระกูล

วัน เดือน ปี เกิด

19 เมษายน พ.ศ. 2511

ที่อยู่ปัจจุบัน

156 หมู่ 9 อำเภอโนนผึ้ง อำเภวารินชำราบ
จังหวัดอุบลราชธานี 34190

ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน
สถานที่ทำงานปัจจุบัน

อาจารย์ 1 ระดับ 4
โรงเรียนศรีกระนวนวิทยาคม อำเภอกระนวน
จังหวัดขอนแก่น 40170
โทรศัพท์ (043) 251350

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2526

มัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 จากโรงเรียนนารีนุกูล
จังหวัดอุบลราชธานี

พ.ศ. 2529

มัธยมศึกษาชั้นปีที่ 6 จากโรงเรียนลือคำหาญวารินชำราบ
จังหวัดอุบลราชธานี

พ.ศ. 2534

ค.บ. (ฟิสิกส์) จากวิทยาลัยครูอุบลราชธานี

พ.ศ. 2541

กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา)

จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

การสร้างชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ช่วยสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

บทคัดย่อ

ของ

ศิริเพ็ญ จิงตระกูล

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา

กุมภาพันธ์ 2542

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมาย 2 ประการ คือ เพื่อสร้างชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ช่วยสอน วิชาวิทยาศาสตร์ในชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และเพื่อศึกษาการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ประกอบการเรียนการสอน

เพื่อให้บรรลุความมุ่งหมาย ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนหลัก 2 ขั้นตอน คือ 1) การสร้างชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ 2) การทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ประกอบการเรียนการสอน ขั้นตอนที่ 1 เป็นการหาประสิทธิภาพของแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์และคุณภาพของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีศักยภาพที่จะใช้ทำการทดลองได้ 30 การทดลอง โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เป็นผู้ประเมิน ขั้นตอนที่ 2 เป็นการทดลองใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ประกอบการเรียนการสอน ซึ่งทดลองกับกลุ่มบุคคล 2 กลุ่ม คือ กลุ่มผู้สอนและกลุ่มผู้เรียนของโรงเรียนศรีกระนวนวิทยาคม อำเภอกระนวน จังหวัดขอนแก่น ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2541 การทดลองกับกลุ่มผู้สอน เป็นการศึกษาความสามารถในการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และเจตคติต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้แบบตรวจสอบรายการ และแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์เป็นเครื่องมือวัดผล ส่วนการทดลองกับกลุ่มผู้เรียน เป็นการศึกษาความสามารถในการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ความรู้ความเข้าใจหลักการทำงานของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และเจตคติต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้แบบบันทึกผลการทดลอง คำถามท้ายการทดลอง และแบบสอบถามวัดเจตคติต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์เป็นเครื่องมือวัดผล

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์มีประสิทธิภาพสามารถใช้งานได้ตามทฤษฎี ร้อยละ 100 และมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

2. ผู้สอนทั้งสองกลุ่ม คือ ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ ไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์ และครูผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพ เคมี ชีววิทยา มีความสามารถในการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 80 และมีเจตคติที่ดีต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์อยู่ในระดับดี

3. ผู้เรียนทั้งสองกลุ่ม คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 และนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความสามารถในการใช้ชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ความรู้ความเข้าใจหลักการทำงานของชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 80 และมีเจตคติที่ดีต่อชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์อยู่ในระดับดี

CONSTRUCTION OF ELECTRONIC SET AS A TEACHING AID
FOR LOWER SECONDARY SCHOOL SCIENCE

AN ABSTRACT
BY
SIRIPEN JUNGTRAKUL

*Presented in partial fulfillment of the requirement for the
Master of Education degree in Science Education
at Srinakharinwirot University
February 1999*

The study was conducted under two objectives ; namely, to construct an electronic set as a teaching - aid for lower secondary school science and to study it's instructional utilization.

To achieve the objectives, two stages of operations were sequentially performed ; 1) construction of the electronic set, 2) instructional experimentation of the electronic set. The former stage was attempted to reveal the effectiveness of the electronic set, for its potential thirty electronic experiments, through facial evaluation by five experts, the latter was conducted to investigate instructional outcomes gained by two groups of users ; teachers and students of Srikrananwittayakom school in Khonkean province, during the 1998 first semester. The instructional outcomes investigated when experimented with the teachers were utilizing abilities on the electronic set and attitude towards the set. The outcomes were measured using the check - list and questionnaire. The outcomes investigated for the student groups were utilizing abilities on the electronic set, understanding of operational principles of the set and attitude towards the set ; of which the experiment record, experimental unit exercise and questionnaire were the measuring tools respectively.

The findings of the study were as follows :

1. The electronic set having its theoretically functional effectiveness as 100 percent, and it's quality was at the 'very good' level.

2. The two groups of teachers (Physics and Electronics oriented, and Physical - Biological Science, Chemistry and Biology one) manifested utilizing ability higher than "the 80 percent" level, and showed positive attitudes towards the set.

3. The two groups of students (M.S.II / Grade 8 and M.S. III / Grade 9) manifested utilizing ability and understanding of the operational principle of the set higher than "the 80 percent" level, and expressed positive attitudes towards the set at the "good" level.