

ออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับ
ระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ

ปริญญาานิพนธ์
ของ
รัตตัญญู กลิ่นพิกุล

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา

พฤษภาคม 2547

ลิขสิทธิ์เป็นของ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

๖๖๖.๑๖๖๖
๖๖๖๔๐
๖.๖

ออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับ
ระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ

- 6 ก.ย. 2547

บทคัดย่อ
ของ
รัตติญญ กสินพิบูล

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
พฤษภาคม 2547

๖๖๖๖๖๖ ๖.๖

รัตต์บุญกุล กิ่งนพิกุล. (2547). ออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อ สำหรับระบบสื่อสารจำลอง ช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ. ปริญญาโท กศ.ม.ปริญญาโท (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม : อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร, ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา.

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายคือ ออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ แล้วนำมาทดลองหาประสิทธิภาพและประสิทธิผลของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ

เครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศที่สร้างขึ้นมีวงจรภายในประกอบไปด้วย วงจรกำเนิดสัญญาณ 1020 Hz วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ จอแสดงผล LCD Display ส่วนควบคุมการทำงานซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และคู่มือการใช้งานของเครื่อง

การทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศหาได้โดยทำการต่อวงจรตามขั้นตอนของการทดลองคือ เมื่อป้อนสัญญาณเข้าทางด้านส่ง 4 ช่องสัญญาณและทางด้านรับ 2 ช่องสัญญาณของเครื่องแล้วสังเกตผลปรากฏว่าที่จอแสดงผลตามที่มีการป้อนสัญญาณที่ในช่วงระดับสัญญาณ -6.0 dB ถึง -4.0 dB เครื่องไม่แสดงผลข้อผิดพลาดและในช่วงที่มากกว่า -3.9 dB ถึง -3.5 dB มีการแสดงผลข้อผิดพลาด ซึ่งจากผลที่แสดงจะได้ค่าประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบด้านส่งและรับผ่านเกณฑ์ของระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ รุ่น VCS. 3802 ของบริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย

การประเมินของผู้เชี่ยวชาญ 5 คน ใน 2 ด้าน คือ ด้านการออกแบบและด้านลักษณะการใช้งานพบว่าด้านการออกแบบโดยรวมอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย 4.56 ด้านลักษณะการใช้งานอยู่ในระดับมีค่าเฉลี่ย 4.60

**DESIGN AND CONSTRUCTION OF LINE INTERFACE CARD TESTER
FOR AIR TRAFFIC CONTROL SIMULATOR SYSTEM**

**AN ABSTRACT
BY
RATTANYU GLINPIKUN**

**Presented in partial fulfillment of the requirements
for the Master of Education degree in Industrial Education
at Srinakharinwirot University**

May 2004

Rattanyu Glinpikun. (2004). *Design and Construction of line Interface card Tester for Air Traffic Control Simulator*. Master thesis, M.Ed. (Industrial Education). Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee : Dr. Pairust Vongyuttakrai, Assist. Prof. Dr.Threraphon Thephasadin Na Ayuthya.

The objective of this research were to design and study the efficiency of line Interface card Tester for Air Traffic Control Simulator system.

The line Interface card Tester for Air Traffic Control Simulator system has the internal circuit consisted of 1020 Hz Signal generator circuit , signal comparator circuit and LCD. Display monitor and the control unit using microcontroller MCS-51

The efficiency of line Interface card Tester for Air Traffic Control Simulator system shall assist Air traffic Control with testing by performing testing procedures. The signal is input to 4 transmitter channel and 2 receiver channels of the testing machine. The monitor shows output signal, as been input at -6.6 dB. to -4.0 dB. of signal level. The error has not been shows. With the -3.9 dB. to -3.5 dB. of the signal level appeared and error. Such results appeared the efficiency of the testing machine of both transmitting and receiving channels that the Air traffic control system has passed the standard of the Air traffic control simulator version VCS 3802 of Aeronautical Radio of Thailand Limited.

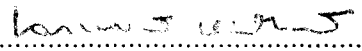
Five specialists evaluated the performance of line Interface card Tester for Air Traffic Control Simulator in two aspects; designing aspect and attribution aspect. The result fond that, the overall of designing aspect is excellent level with 4.56 in average, and the attribution aspect is 4.60 in average.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง


ออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับ
ระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ

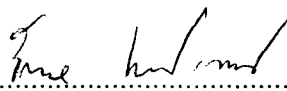
ของ
นายรัตตัญญู กลิ่นพิกุล

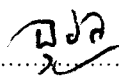
ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกอุตสาหกรรมศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

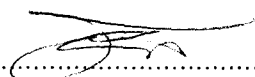

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.นภาพรณ์ หะวานนท์)
วันที่ 10 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2547

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์


ประธาน
(อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร)


กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล เทพหัสติน ณ อยุธยา)


กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(อาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุวคันกุล)


กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(อาจารย์ โอบาส สุขหวาน)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยความกรุณาของ อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำในการศึกษาค้นคว้า แนะนำแหล่งการศึกษาค้นคว้า ตลอดจนการปรับปรุงแก้ไขข้อความ และรูปแบบของปริญญานิพนธ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุวคันธกุล อาจารย์ สุดใจ เหง้าสีไพร อาจารย์ วิโรจน์ เอ็งสุโสภณ และ อาจารย์ โอภาส สุขหวาน คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงปริญญานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือในการวิจัย ที่ได้กรุณาตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะ ที่เป็นข้อมูลในการพัฒนาปรับปรุงแก้ไขการออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ และคู่มือทดสอบการทำงานให้มีคุณภาพสูงขึ้น เป็นไปตามวัตถุประสงค์สำหรับการใช้งาน

ผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด ที่กรุณาให้การสนับสนุนวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือ ตลอดจนสถานที่ในการทำวิจัย

ท้ายที่สุดแล้วนี้ผู้วิจัย ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้การสนับสนุนเป็นกำลังใจที่ดีแก่ผู้วิจัย ครู-อาจารย์อันเป็นที่เคารพรักสูงสุด ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา ความรู้ และให้กำลังใจสนับสนุนการศึกษาอย่างต่อเนื่อง ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้มีส่วนร่วมในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ทุกท่าน

รัตต์ญญู กลิ่นพิกุล

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ.....	1
	ภูมิหลัง.....	1
	ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	3
	ความสำคัญของการวิจัย.....	3
	ขอบเขตของการวิจัย.....	3
	ตัวแปรที่ศึกษา.....	3
	นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
	กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	5
	สมมุติฐานการวิจัย.....	5
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
	บริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด.....	6
	หลักการของระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมจราจรทางอากาศ.....	14
	หลักการของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึก การควบคุมจราจรทางอากาศ.....	26
	หลักการเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์.....	26
	ออปแอมป์.....	36
	การใช้งานไอซี TIMER.....	44
	ภาคแสดงผลจอแสดงผลแบบผลึกเหลว.....	49
	หลักการออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสาร จำลองช่วยฝึกการควบคุมจราจรทางอากาศ.....	52
	ประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึก การควบคุมจราจรทางอากาศ.....	58
	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	59
3	วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า.....	62
	กรอบความคิดขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	63
	การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน.....	64
	การออกแบบวงจรและส่วนประกอบต่างๆ.....	65
	กำหนดวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือที่ใช้ในการสร้าง.....	67
	ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบวงจร.....	69
	กำหนดระยะเวลาและสถานที่ที่ใช้ในการสร้าง.....	69
	สร้างเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึก การควบคุมการจราจรทางอากาศ ตามที่ได้ทำการออกแบบไว้.....	69
	ศึกษาประสิทธิภาพและประเมินสมรรถนะ.....	70
	การวิเคราะห์ข้อมูล.....	72

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	73
5 สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ.....	85
ความมุ่งหมาย ความสำคัญ สมมุติฐาน การดำเนินการวิจัย	85
การทดสอบหาประสิทธิภาพ ผลการวิจัย	86
อภิปรายผล.....	87
ข้อเสนอแนะ.....	88
บรรณานุกรม	90
ภาคผนวก	91
ภาคผนวก ก. จดหมายขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ.....	93
ภาคผนวก ข. โครงสร้าง วงจรและแบบกล่อง.....	95
ภาคผนวก ค. ลำดับสถานะการทำงาน.....	102
ภาคผนวก ง. คู่มือการใช้งาน และการทดสอบ	107
ภาคผนวก จ. แบบประเมินสมรรถนะทางกายภาพ	113
ประวัติย่อผู้วิจัย	117

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงการบันทึกผลการทดลองการหาประสิทธิภาพของ เครื่องตรวจสอบ เมื่อต่อ Vi เข้ากับ TX1 เป็นระดับสัญญาณเสียงทางด้านส่ง ช่องที่1.....	74
2 แสดงการบันทึกผลการทดลองการหาประสิทธิภาพของ เครื่องตรวจสอบ เมื่อต่อ Vi เข้ากับ TX2 เป็นระดับสัญญาณเสียงทางด้านส่ง ช่องที่2.....	75
3 แสดงการบันทึกผลการทดลองการหาประสิทธิภาพของ เครื่องตรวจสอบ เมื่อต่อ Vi เข้ากับ TX3 เป็นระดับสัญญาณเสียงทางด้านส่ง ช่องที่3.....	77
4 แสดงการบันทึกผลการทดลองการหาประสิทธิภาพของ เครื่องตรวจสอบ เมื่อต่อ Vi เข้ากับ TX4 เป็นระดับสัญญาณเสียงทางด้านส่ง ช่องที่4.....	78
5 แสดงการบันทึกผลการทดลองการหาประสิทธิภาพของ เครื่องตรวจสอบ เมื่อต่อ Vi เข้ากับ SPGเป็นระดับสัญญาณเสียงทางด้านส่ง ช่องที่1.....	80
6 แสดงการบันทึกผลการทดลองการหาประสิทธิภาพของ เครื่องตรวจสอบ เมื่อต่อ Vi เข้ากับ HSGเป็นระดับสัญญาณเสียงทางด้านส่ง ช่องที่2.....	81
7 แสดงรายละเอียดสมรรถนะด้านการออกแบบและด้านลักษณะการใช้งานของเครื่องตรวจสอบ อุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ.....	83
8 ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ 5 คนที่มีต่อสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อ สำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ.....	84

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดการวิจัย.....	5
2 ระบบสื่อสารจำลอง	14
3 ส่วนประกอบคอนโซลปฏิบัติการ.....	15
4 การเชื่อมต่อระบบวิทยุ	15
5 การเชื่อมต่อระบบโทรศัพท์.....	16
6 ลักษณะการทำงานและการเชื่อมต่อ.....	16
7 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์บน Instructor Console	18
8 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์บน Pilot Console	18
9 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์บน Controller Console.....	19
10 แสดงรูปแบบของ Radio Selector Module.....	20
11 Telephone Selector Module.....	20
12 Headset Access Module	21
13 Speaker Amplifier Module.....	21
14 ลักษณะการเชื่อมต่อของModuleในระบบสื่อสารจำลองVoice Communication Simulator	22
15 บล็อกไดอะแกรมของ Line Interface Card.....	24
16 บล็อกไดอะแกรมของ Keyboard & Display Board.....	25
17 แสดงโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	27
18 แสดงรูปร่างและการจัดวางขาต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	28
19 แสดงการใช้หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม.....	29
20 แสดงการจัดพื้นที่ของหน่วยความจำโปรแกรมภายในและภายนอก.....	29
21 แสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	30
22 แสดงการจัดหน่วยความจำข้อมูล.....	31
23 แสดงการต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกไอซี.....	31
24 แสดงการเลือกใช้รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 ในแต่ละกลุ่ม.....	32
25 แสดงโครงสร้างของแต่ละพอร์ตในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	35
26 สัญลักษณ์และชื่อขาใช้งานพื้นฐานของอปแอมป์	36
27 การต่อแหล่งจ่ายไฟกับตัวไอซี	37
28 สัญลักษณ์ของไอซีอปแอมป์	38
29 แสดงการหากระแสไบแอสที่อินพุต	38
30 แสดงการหาแรงดัน VOS ของอปแอมป์ที่อินพุต	39
31 วงจรขยายแบบกลับเฟส.....	39
32 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส.....	40
33 วงจรบัฟเฟอร์.....	40
34 วงจรขยายสัญญาณผลบวก	41

บัญชีภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
35 วงจรขยายสัญญาณผลต่าง	41
36 วงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำผ่าน	42
37 ตัวอย่างการจัดขาของออปแอมป์	42
38 วงจรออปแอมป์พื้นฐาน	43
39 แสดงพื้นฐานของวงจรเปรียบเทียบ Comparator โดยการใช้ Op-Amp	43
40 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณของรูปคลื่น $V_{in} + V_{sat}$ และ $-V_{sat}$	44
41 แสดงบล็อกไดอะแกรมของไอ.ซี. เบอร์ 555	45
42 แสดงวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์โดยใช้อิ.ซี. เบอร์ 555	46
43 แสดงรูปคลื่นแรงดันที่ขา 3 ของวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์โดยใช้อิ.ซี. 555	46
44 แสดงวงจรผลิตความถี่พื้นฐานใช้อิ.ซี. 555	47
45 แสดงการใช้อิ.ซี. 555 เป็นโมโนสเตเบิล มัลติเบรเตอร์	47
46 แสดงวงจร Single Shot คาบเวลา T ของวงจรคือ $T = 0.693 RC$	48
47 วงจร Astable Multivibrator ใช้อิ.ซี. 555	48
48 แสดงวงจรที่ใช้ทดลอง Monostable Multivibrator	49
49 แสดงไดอะแกรมการทำงานของโมดูล LCD แบบอักขระ	51
50 แสดงรูปร่างและการจัดขาโมดูล LCD แบบอักขระ	51
51 วงจรกำเนิดสัญญาณ square wave โดยใช้อิ.ซี. 555	52
52 วงจรกำเนิดสัญญาณ Sine wave Generator ที่ใช้ในการออกแบบ	53
53 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน	55
54 วงจรเปรียบเทียบแรงดันแบบที่ใช้ขาอินเวิร์ทติ่งเป็นแรงดันอ้างอิง	56
55 วงจรเปรียบเทียบแรงดันแบบที่ใช้ขานอนอินเวิร์ทติ่งเป็นแรงดันอ้างอิง	56
56 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน	57
57 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน 6.6 โวลต์	58
58 แสดงลักษณะการเชื่อมต่อระหว่างวงจรของเครื่องตรวจสอบกับวงจรของอุปกรณ์เชื่อมต่อ	58
59 แสดงวิธีการหาประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อ	59
60 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อ สำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ	63
61 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน	66
62 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน 6.6 โวลต์	67
63 แสดงการเชื่อมต่อวงจรเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องทางด้านส่ง 4 ช่องสัญญาณ	70
64 แสดงการเชื่อมต่อวงจรเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องทางด้านรับ 2 ช่องสัญญาณ	70
65 แสดงโครงสร้างภายในของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อ	99
66 แสดงส่วนประกอบของกล่อง	99

บัญชีภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
67 แสดงรูปลักษณะของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อ.....	100
68 การออกแบบวงจรย่อยและจำลองการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์	102
69 การออกแบบวงจร	102
70 การออกแบบวงจรพิมพ์ - การวางอุปกรณ์.....	103
71 การออกแบบวงจรพิมพ์ - ลากเส้นอัตโนมัติ.....	103
72 การประกอบอุปกรณ์	104
73 แผ่นวงจรที่ลงอุปกรณ์เสร็จเรียบร้อยแล้ว.....	104
74 การเขียนโปรแกรมควบคุม	105
75 การทดสอบการทำงาน.....	105

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การติดต่อสื่อสารเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งของมนุษย์ เพราะการมีปฏิสัมพันธ์กันและการสื่อสารที่ใช้กันอย่างมีประสิทธิภาพในการควบคุมการจราจรทางอากาศนั้นได้ถูกจัดลำดับความสำคัญไว้เป็นอันดับหนึ่งซึ่งเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องต้องระมัดระวังและใส่ใจเป็นพิเศษเพื่อให้การควบคุมการจราจรทางอากาศ มีความปลอดภัย รวดเร็วและมีประสิทธิภาพอยู่ตลอดเวลา(บริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด. 2543:31) กิจกรรมการบินจัดได้ว่าเป็นภารกิจที่เป็นสากลมากที่สุดประเภทหนึ่ง ทั้งนี้เพราะกิจการการบินมีอัตราเสี่ยงอยู่ในตัวเองและเป็นกิจกรรมที่ประเทศต่าง ๆ ต้องให้ความร่วมมือกัน ดังนั้นการบินเข้าไปยังประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกย่อมมีอัตราเสี่ยงเพิ่มขึ้นถ้ากฎกติกาต่าง ๆ นั้นมีความแตกต่างกันจึงจำเป็นต้องมีองค์กรใดองค์กรหนึ่งเข้ามาจัดระเบียบให้มีความเป็นสากลมากขึ้นกฎกติกาที่ว่านี้หมายถึง ระเบียบ หนทางหรือแนวทางการปฏิบัติในการให้บริการจราจรทางอากาศที่ทุกประเทศทั่วโลกจะต้องปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด ประเทศต่าง ๆ จึงได้มารวมตัวกันเพื่อกำหนดกฎกติกาความร่วมมือกันเป็นอนุสัญญาว่าด้วยการบินพลเรือนระหว่างประเทศ ซึ่งทำขึ้นที่เมืองชิคาโกเมื่อวันที่ 7 ธันวาคม พ.ศ.2478 และประเทศไทยก็เป็นภาคีสมาชิกหนึ่งขององค์กรด้วยอนุสัญญานี้ได้มีการปรับปรุงเพิ่มเติมอย่างต่อเนื่องเรื่อยมาและองค์กรที่รวมกันขึ้นมาเพื่อกำหนดกฎกติกานี้คือ องค์กรการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (International Civil Aviation Organization : ICAO) (บริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด. 2543 : 19)

ก่อนสงครามโลกครั้งที่ 2 การบริการวิทยุสื่อสารถือเป็นงานสื่อสารการบิน งานแรกที่ให้บริการทั้งภายในและระหว่างประเทศ โดยมีกรมไปรษณีย์โทรเลขเป็นผู้ดำเนินงานครั้นเมื่อเกิดสงครามโลกครั้งที่ 2 ขึ้นงานที่เกี่ยวข้องกับกิจการการบินจำเป็นต้องยุติไป จนกระทั่งสงครามสงบลงราวปี พ.ศ.2489 กิจการการบินของประเทศต่าง ๆ ได้เริ่มฟื้นตัวขึ้นใหม่ โดยมีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงเจริญก้าวหน้าไปกว่าเดิมมากทั้งด้านวิชาการและระเบียบปฏิบัติ รวมทั้งปริมาณเที่ยวบินก็เริ่มสูงขึ้นด้วย ส่งผลให้กรมไปรษณีย์โทรเลขไม่สามารถดูแลให้บริการได้อย่างเหมาะสม เนื่องจากเครื่องมืออุปกรณ์ที่มีอยู่ในขณะนั้นชำรุดและล้าสมัยอย่างมาก อีกทั้งยังขาดงบประมาณที่จะนำมาปรับปรุง เป็นผลให้งานควบคุมการบินถูกโอนย้ายมาอยู่ในความรับผิดชอบของกองขนส่งทางอากาศ กรมการขนส่งทางอากาศ เมื่อสงครามโลกครั้งที่ 2 สิ้นสุดลง สายการบินระหว่างประเทศหลายสายได้กลับมาทำการบินยังประเทศไทยแต่ในขณะนั้นประเทศไทยยังไม่พร้อมที่จะให้บริการด้านอุปกรณ์สื่อสารและเครื่องช่วยการเดินอากาศต่าง ๆ ดังนั้นในปี พ.ศ. 2491 สายการบินต่าง ๆ จึงขออนุมัติรัฐบาลไทยจัดตั้งหน่วยงานเพื่อดำเนินกิจการสื่อสารการบินตามมาตรฐานและข้อเสนอแนะขององค์กรการบินพลเรือนระหว่างประเทศขึ้นมา บริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด ซึ่งเป็นหน่วยงานรัฐวิสาหกิจสังกัดกระทรวงคมนาคมซึ่งปัจจุบันได้รับความไว้วางใจให้เป็นหน่วยงานบริการควบคุมจราจรทางอากาศแห่งชาติ ทำให้บริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด มีบทบาทและการกำหนดแนวทางการพัฒนากิจการควบคุมจราจรทางอากาศตามภารกิจ ที่ได้รับมอบหมายและนโยบายของรัฐบาลได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ภายใต้การเปลี่ยนแปลงด้านการขนส่งทางอากาศของโลกทั้งทางด้านการบริหารจัดการ การพัฒนาเทคโนโลยีและบุคลากร ทั้งนี้เพื่อสนับสนุนอุตสาหกรรมการบินของประเทศและความเป็นศูนย์กลางด้านการขนส่งทางอากาศของภูมิภาค เพื่อให้ดำเนินงานเป็นไปอย่างต่อเนื่อง บริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด

จึงได้กำหนดทิศทางการพัฒนาให้สอดคล้องกับภารกิจและให้เป็นไปในทิศทางเดียวกันตามนโยบายรัฐบาล (Aeronautical Radio of Thailand. May.2002:http://home.aerothai.or.th/organize/test5/policyaero/body_policyaero.html) ซึ่งมีวิสัยทัศน์และยุทธศาสตร์ในการพัฒนาบริการจราจรทางอากาศดังนี้คือมีกลยุทธ์การพัฒนาองค์กรสู่ระดับสากลเป็นการพัฒนาองค์กรให้เทียบเท่ากับองค์กรชั้นนำระดับโลก ในการให้บริการเกี่ยวเนื่องนี้ บริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด จึงได้จัดตั้งกองการผลิต เพื่อทำหน้าที่ ในการคิดค้นสิ่งประดิษฐ์ ออกแบบ พัฒนาและผลิตอุปกรณ์ ด้านอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ โดยใช้เทคโนโลยีที่ไม่สูงและราคาไม่แพงมาก เพื่อนำมาใช้ในกิจการของบริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด สำหรับทดแทนการนำเข้าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จากต่างประเทศ และ เพื่อสนับสนุนหน่วยงานภายนอก ซึ่งประกอบด้วยตลาดภายในประเทศและต่างประเทศ ที่ประสบปัญหาการขาดแคลนอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการจราจรทางอากาศและสื่อสารการบิน (แผนวิสาหกิจ ฉบับที่ 7. 2534-2546 : บทที่ 8 :1-6) ในอดีตที่ผ่านมากิจการการบินได้มีการขยายตัวเพิ่มขึ้นโดยตลอด เพื่อให้สามารถรองรับสภาพการเพิ่มขึ้นของจำนวน อากาศยานภายใต้ความปลอดภัยสูงสุด นอกจากนี้จะต้องมีอุปกรณ์ติดต่อสื่อสารที่ทันสมัยแล้ว ผู้ควบคุมจราจรทางอากาศ จะต้องมีความเชี่ยวชาญและมีการฝึกฝนพัฒนาทักษะอย่างต่อเนื่องอยู่ตลอดเวลา จากความจำเป็นดังกล่าวศูนย์ควบคุมหรือหอบควบคุมจราจรทางอากาศทุกแห่ง จึงต้องมีชุดอุปกรณ์จำลอง (Simulator) การฝึกไว้สำหรับฝึกผู้เข้ารับการฝึก (Trainee) ก่อนที่จะเป็นผู้ควบคุมจราจรทางอากาศ หรือสำหรับฝึก ผู้ควบคุมจราจรทางอากาศ (Controller) เพื่อเพิ่มขีดความสามารถและประสิทธิภาพในการทำงานให้มากยิ่งขึ้น

อุปกรณ์จำลองช่วยฝึกสื่อสารทางด้านเสียง (Voice Communication Simulator) เป็นอุปกรณ์หนึ่ง ที่ออกแบบมาสำหรับใช้ในการฝึกทางด้านติดต่อสื่อสารทางเสียงที่จำลองมาจากเครื่องที่ใช้งานจริงซึ่งมีทั้งด้านระบบวิทยุ (Radio System) และระบบโทรศัพท์ (Telephone System) ทำให้ผู้ผ่านการฝึกจากอุปกรณ์นี้สามารถนำไปปฏิบัติงานได้ทันที ซึ่งเป็นข้อเด่นของอุปกรณ์สื่อสารจำลองที่ทำให้ผู้ใช้งานมีความรู้สึกเหมือนอุปกรณ์จริง(คู่มือทางเทคนิค Voice Communication Simulator. 2543 : 1) บริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด มีโครงการ Fast Track ซึ่งเป็นโครงการพัฒนาผู้ควบคุมจราจรทางอากาศประจำเขตบริเวณสนามบิน (Aerodrome Control Service) มีจำนวน 26 แห่งทั่วประเทศ จากระเบียบปฏิบัติการของผู้ควบคุมจราจรทางอากาศนั้นคือเมื่อพนักงานปฏิบัติงานได้ครบทุก 1 ปี ต้องเข้ารับการฝึกทบทวนโดยใช้ระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ เพื่อพัฒนาความสามารถและประเมินผลก่อนที่จะกลับไปปฏิบัติหน้าที่ นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาบุคลากรพนักงานชาวการบินเพื่อให้สามารถปฏิบัติหน้าที่เป็นผู้ควบคุมจราจรทางอากาศที่มีประสิทธิภาพอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นสนามบินทุกแห่งซึ่งอยู่ในความดูแลของบริษัทฯ จึงต้องมีระบบสื่อสารจำลองเพื่อใช้ในการช่วยฝึกและยังเป็นผลิตภัณฑ์หนึ่ง ที่ใช้ในการสนับสนุนด้านการตลาดของบริษัทฯเพื่อจำหน่ายให้แก่หน่วยงานภายในและนอกประเทศเป็นรายได้อีกทางของบริษัทฯด้วย โดยมีกองการผลิตเป็นผู้รับผิดชอบในการผลิตระบบสื่อสารจำลองที่ใช้ในการช่วยฝึกการควบคุมจราจรทางอากาศ สำหรับโครงการนี้

ปัจจุบันกระบวนการผลิตระบบสื่อสารจำลองพบว่ามีส่วนประกอบที่ไม่สามารถตรวจสอบได้ระหว่างกระบวนการผลิตคืออุปกรณ์เชื่อมต่อ (Line Interface Card) ซึ่งในการตรวจสอบที่ผ่านมากการตรวจสอบจะต้องต่อเชื่อมร่วมกันกับระบบสื่อสารจำลองในลักษณะการใช้งานจริงทำให้ทำการตรวจสอบยุ่งยาก เมื่อต้องการผลิตอุปกรณ์เชื่อมต่อ (Line Interface Card) เป็นจำนวนมาก และในกรณีที่มีการสั่งผลิตอุปกรณ์เชื่อมต่อสำรองในภายหลัง ก็จะไม่สามารถทำการตรวจสอบเฉพาะตัวเองได้ หากไม่มีการสร้างอุปกรณ์ที่ใช้กับระบบสื่อสารจำลองเตรียมไว้สำหรับตรวจสอบ ซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเตรียมอุปกรณ์ในราคาที่สูงมาก

จากสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นนี้การสร้างเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อ (Line Interface Card) สำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศจะทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการเตรียมอุปกรณ์สำหรับการตรวจสอบ และลดขั้นตอนที่ใช้ในการตรวจสอบได้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ความมุ่งหมายของการวิจัยครั้งนี้เพื่อ

1. ออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อ สำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ
2. ศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อ สำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ ให้ได้ตามเกณฑ์ของระบบสื่อสารจำลองที่กำหนดไว้

ความสำคัญของการวิจัย

ผลการวิจัยครั้งนี้ได้เครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อ สำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ ซึ่งสามารถลดค่าใช้จ่ายในการเตรียมระบบสื่อสารจำลองเพื่อใช้สำหรับทดสอบและลดขั้นตอนที่ใช้ในการตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อ อีกทั้งยังเป็นการนำเอาเทคโนโลยีของไมโครคอนโทรลเลอร์ไปพัฒนาและประยุกต์ใช้ในงานที่ต้องการประโยชน์ในแนวคล้ายคลึงกันได้

ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยการออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อ(Line Interface Card)ใช้สำหรับตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อของระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ(Voice Communication Simulator) รุ่น VCS. 3802 ผลิตโดยกองการผลิต บริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด ภายในประกอบด้วย

1. วงจรตรวจสอบระดับแรงดัน
2. วงจรตัดต่อสัญญาณเสียงทางด้านส่ง 4 ช่อง
3. วงจรตัดต่อสัญญาณเสียงทางด้านรับ 2 ช่อง

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรที่จะศึกษาเป็นการศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องและประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพ ดังนี้

1. ประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ ให้ตรงกับเกณฑ์ของระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ รุ่น VCS. 3802 ของบริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด ดังนี้
 - 1.1 แสดงผลการตรวจสอบเมื่อระดับสัญญาณเสียงทางด้านส่ง 4 ช่องสัญญาณ มีค่าผิดพลาดมากกว่า ± 1 dB ที่ระดับสัญญาณ -5 dB
 - 1.2 แสดงผลการตรวจสอบเมื่อระดับสัญญาณเสียงทางด้านรับ 2 ช่องสัญญาณ มีค่าผิดพลาดมากกว่า ± 1 dB ที่ระดับสัญญาณ -5 dB

2. สมรรถนะทางด้านกายภาพ

2.1 ด้านการออกแบบ

2.2 ด้านลักษณะการใช้งาน

นิยามศัพท์เฉพาะ

การออกแบบ

หมายถึง การกำหนดลักษณะวงจรไฟฟ้าและส่วนประกอบซึ่งเป็นผลจากการศึกษาค้นคว้า

การสร้าง

หมายถึง การนำเอาผลที่ได้จากการออกแบบมาประกอบเข้ากันเป็นชุดเครื่องมือแล้วสามารถทำงานได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

เครื่องตรวจสอบ

หมายถึง เครื่องมือวัดหรือตรวจสอบที่ระบุเพียงว่าจุดบกพร่อง หรือตัดสินใจว่าใช้ได้หรือไม่ในทางไฟฟ้าซึ่งได้แก่ ความต่างศักย์ไฟฟ้า ความถี่และคาบเวลาของคลื่นไฟฟ้าจะประกอบเข้าเป็นชุดเดียวกันโดยมีส่วนแสดงผลเป็นตัวเลขและตัวอักษร

อุปกรณ์เชื่อมต่อ

หมายถึง อุปกรณ์ที่มีหน้าที่ตรวจสอบแรงดันและรับสัญญาณข้อมูลมาจาก Main Board (CPU) เพื่อตัดต่อช่องเสียงตามที่ถูกเลือกใช้งานทั้งทางด้านรับและด้านส่ง ซึ่งจะติดตั้งอยู่ภายในระบบวิทยุและโทรศัพท์

ระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ

หมายถึง การจำลองสถานการณ์ในฝึกผู้ควบคุมจราจรทางอากาศโดยใช้อุปกรณ์จำลองช่วยฝึกสื่อสารทางด้านเสียง (Voice Communication Simulator) เป็นอุปกรณ์หนึ่งที่ออกแบบมา สำหรับใช้ในการฝึกทางด้าน การติดต่อสื่อสารทางเสียงที่จำลองมาจากเครื่องที่ใช้งานจริงทั้งด้านระบบวิทยุ (Radio System) และระบบโทรศัพท์ (Telephone System) เพื่อให้ผู้ฝึกได้รับประสบการณ์ตรงก่อนลงมือปฏิบัติการจริงโดยสามารถที่จะทบทวนขั้นตอนและกระบวนการได้เป็นอย่างดีผู้ฝึกอาจเรียนหรือฝึกซ้ำได้

ประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อ สำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ

หมายถึง การทำงานของเครื่องที่ทำการตรวจสอบได้ผลตามเกณฑ์ของระบบสื่อสารจำลองรุ่น VCS 3802 ของบริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด ดังนี้

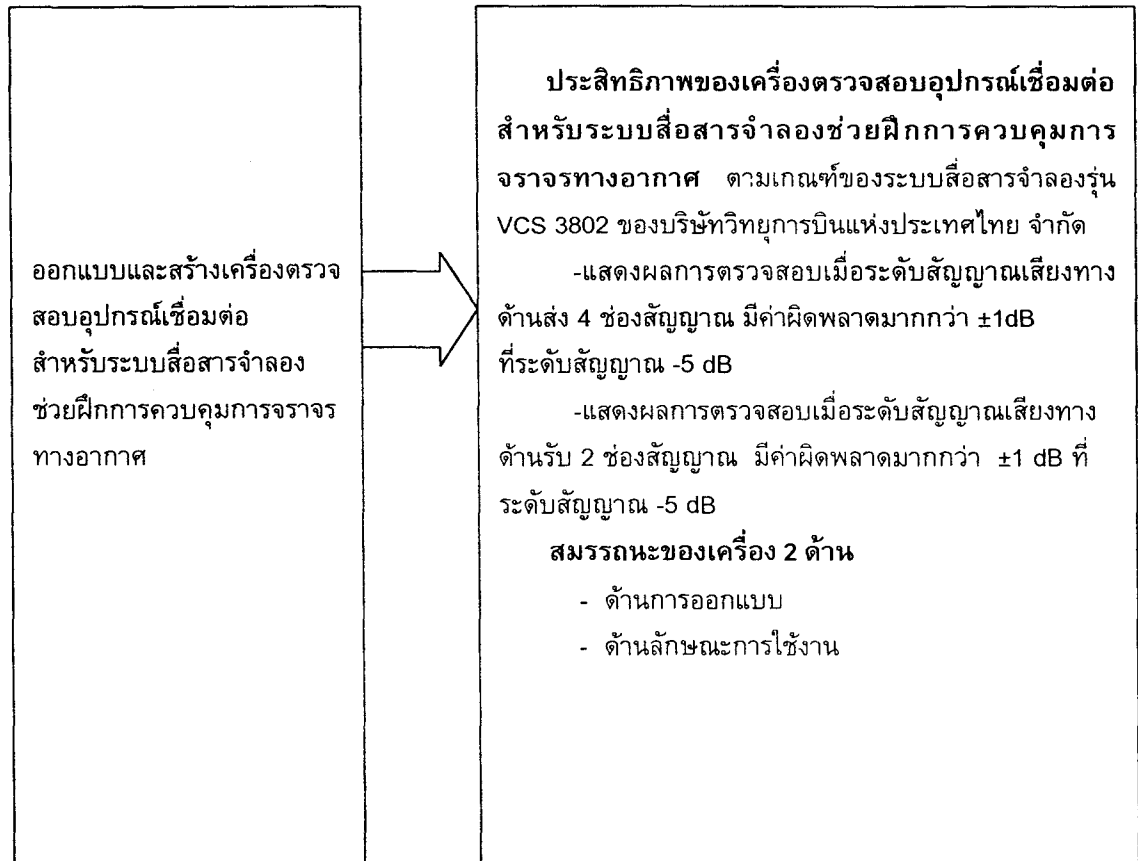
แสดงผลการตรวจสอบเมื่อระดับสัญญาณเสียงทางด้านส่ง 4 ช่องสัญญาณ มีค่าผิดพลาดมากกว่า ± 1 dB ที่ระดับสัญญาณ -5 dB

แสดงผลการตรวจสอบเมื่อระดับสัญญาณเสียงทางด้านรับ 2 ช่องสัญญาณ มีค่าผิดพลาดมากกว่า ± 1 dB ที่ระดับสัญญาณ -5 dB

สมรรถนะของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ

หมายถึง การประเมินผลของการออกแบบวงจรไฟฟ้า และการใช้งานของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

สมมุติฐานในการวิจัย

เครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศที่ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ของระบบสื่อสารจำลองรุ่น VCS. 3802 ของบริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด และมีสมรรถนะอยู่ในเกณฑ์ดี

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยศึกษาเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศดังต่อไปนี้

1. บริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด
2. หลักการระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ
3. หลักการเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ
4. การออกแบบวงจรเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ
5. ประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ
6. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด

ภารกิจบริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด มีภารกิจโดยตรงและทางอ้อมดังต่อไปนี้

1. บริการด้านธุรกิจ บริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด ดำเนินการเกี่ยวกับการจัดการและปฏิบัติการด้านจราจรทางอากาศแล้ว บริษัทยังมีภารกิจหลักในการให้บริการเกี่ยวเนื่องแก่ผู้ประกอบการขนส่งทางอากาศซึ่งเป็นบริการด้านธุรกิจ การดำเนินบริการด้านธุรกิจของบริษัทฯ มีวัตถุประสงค์เพื่อตอบสนองนโยบายของรัฐบาลในการปรับเปลี่ยนการดำเนินงานของรัฐวิสาหกิจให้เป็นเชิงพาณิชย์มากขึ้นบริษัทฯ จึงมุ่งเน้นในการพัฒนาระบบธุรกิจให้สามารถแข่งขันในตลาดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ โดยใช้ความชำนาญและประสบการณ์ด้านบริการจราจรทางอากาศเป็นจุดนำในการพัฒนาระบบธุรกิจ ทั้งในเรื่องการขายสินค้าและบริการ ซึ่งนอกจากจะสร้างรายได้ให้กับบริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัดแล้วยังสร้างความน่าเชื่อถือแก่ต่างประเทศและเป็นการสร้างฐานเสียงในการสนับสนุนให้ประเทศไทยสามารถจัดตั้งศูนย์กลางหลักการควบคุมจราจรทางอากาศอีกด้วย การดำเนินบริการด้านธุรกิจของบริษัทฯ เป็นธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับการขายสินค้าและบริการ ซึ่งลูกค้ากลุ่มใหญ่คือ ผู้ประกอบกิจการในธุรกิจการบิน การพัฒนาการดำเนินธุรกิจจึงมุ่งเน้นในการสร้างรายได้จากการขายสินค้าและบริการเพื่อมาชดเชยกับรายจ่ายของการดำเนินธุรกิจหลัก ทั้งนี้เพื่อให้ภาพรวมของการดำเนินการของบริษัทฯ มีต้นทุนการให้บริการที่เหมาะสมเมื่อเทียบกับประเทศอื่นๆ ในภูมิภาค ซึ่งจะเป็นส่วนหนึ่งในการส่งเสริมให้ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางการบินในภูมิภาคนี้ สำหรับแนวทางการพัฒนาธุรกิจที่สำคัญเป็นดังนี้

1.1 ขยายธุรกิจการให้บริการเครือข่ายข้อมูล Data Link ให้แก่ประเทศต่างๆ ในภูมิภาค ซึ่งจะ มีระบบประมวลผลอยู่ที่ประเทศไทย

1.2 ร่วมมือกับบริษัท Aeronautical Radio Incorporated : ARINC แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา และ (Aeronautical Data Communication Corporated : ADCC) ซึ่งเป็นหน่วยงานที่อยู่ในความดูแลของ Civil Aviation Authority of China ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ดำเนินโครงการ Global Link / ASIA เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการให้บริการและขยายสายสื่อสาร โดยมีแผนให้บริการครอบคลุมทั่วทวีปเอเชีย อีกทั้ง บริษัทฯ มีนโยบายพัฒนาด้านธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับระบบอุปกรณ์ และบริการที่เกี่ยวข้องกับภารกิจนี้ โดยมี วัตถุประสงค์ เพื่อตอบสนองนโยบายของรัฐบาลให้รัฐวิสาหกิจดำเนินงานในเชิงพาณิชย์มากขึ้น จึงมุ่งเน้นในการพัฒนาระบบธุรกิจให้สามารถแข่งขันในตลาดภายในประเทศและต่างประเทศโดยใช้ความชำนาญและ ประสบการณ์ด้านบริการจราจรทางอากาศ เป็นจุดนำซึ่งเป็นการสร้างรายได้ที่ได้จากระบบอุปกรณ์ และบริการ เพื่อมาชดเชยกับรายจ่ายของการดำเนินธุรกิจหลัก ทั้งนี้เพื่อให้ภาพรวมของการดำเนินการ ต้นทุนการให้ บริการที่เหมาะสม เมื่อเทียบกับประเทศอื่นๆในภูมิภาค การพัฒนาระบบธุรกิจยังเป็นการสร้างความน่าเชื่อถือ แก่ต่างประเทศและเป็นการสร้างฐานเสียงในการสนับสนุนให้ประเทศไทยในการจัดตั้งศูนย์กลางหลักการควบคุมจราจรทางอากาศ ศูนย์บริหารการจราจรทางอากาศ และศูนย์สื่อสารการบินระหว่างประเทศ อีกด้วย ระบบ อุปกรณ์ และบริการที่บริษัทฯ มีให้บริการทั้งภายในประเทศและต่างประเทศประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

1.2.1 บริการการออกแบบ ผลิต จัดหา ติดตั้ง ซ่อมบำรุง พัฒนา ระบบอุปกรณ์สื่อสารที่ เกี่ยวกับการบินต่าง ๆ เพื่อใช้งานเอง และให้บริการแก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งภายในประเทศและต่าง ประเทศ ประกอบด้วย

1.2.1.1 อุปกรณ์ถ่ายถอดข่าวสารการบินอัตโนมัติ (Automatic Message Switching System : AMSS) เป็นอุปกรณ์รับ-ส่ง ข่าวสารการบิน ที่ควบคุมการทำงานด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถ ออกแบบระบบให้มีขนาดตามความต้องการของผู้ใช้งานได้ อุปกรณ์ชนิดนี้ได้รับรางวัลสิ่งประดิษฐ์ที่เป็น ประโยชน์ต่อประเทศชาติ จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เนื่องจากมีคุณภาพสูงทัดเทียมมาตรฐานสากลแต่ต้นทุนการผลิตต่ำ ใช้วัสดุอุปกรณ์จากภายในประเทศ จึงสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในการสูญเสียเงิน ตรา ในการนำเข้าอุปกรณ์จากต่างประเทศเพื่อใช้ในกิจการบินในประเทศไทย และยังสามารถส่งไปจำหน่าย ให้แก่ประเทศต่างๆ เพื่อนำเงินตราเข้ามาหมุนเวียนด้วย

1.2.1.2 ปรกรณ์ควบคุมระบบสื่อสารของห้องบังคับการบิน (Voice Communication Control System : VCCS) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมระบบสื่อสาร ทั้งข่ายวิทยุ ข่ายโทรศัพท์และโทรสารใน ระบบต่าง ๆ หลาย ๆ วงจรเข้าด้วยกันเพื่อใช้ในการปฏิบัติการควบคุมจราจรทางอากาศบนห้องบังคับการบิน หรืองานอื่นๆตามความต้องการของผู้ใช้งาน

1.2.1.3 อุปกรณ์ควบคุมระบบสื่อสารภาคอากาศกับภาคพื้นดิน (Remote Control Air - Ground: RCAG) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับควบคุมและตรวจสอบการทำงานของเครื่องรับ - ส่งวิทยุที่ กระจายอยู่ตามสถานีต่างๆ ของประเทศ เพื่อใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างนักบินกับผู้ควบคุมจราจรทาง อากาศ

1.2.1.4 อุปกรณ์จำลองระบบควบคุมจราจรทางอากาศ (Air Traffic Control Simulator System) ทั้งในส่วนของการให้บริการตามเส้นทางบินและเขตท่าอากาศยาน โดยใช้และไม่ใช้เรดาร์ (Radar/ Non Radar) เพื่อใช้ในการฝึกอบรมบุคลากร อุปกรณ์ดังกล่าวนี้ เป็นการสร้างภาพจำลองระบบการปฏิบัติงานควบคุมจราจรทางอากาศ จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการฝึกภาคปฏิบัติ และเสริมทักษะของผู้เข้ารับการฝึกอบรมให้มีความเชี่ยวชาญเทียบเท่ากับการปฏิบัติงานกับอุปกรณ์จริง เพื่อให้มีความพร้อมในการทำงานที่สำคัญต่อไป

1.2.1.5 อุปกรณ์บันทึกและประกาศข่าวสารการบิน (Computerized Automatic Terminal Information System C-ATIS) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งข้อมูลในลักษณะการประกาศและบันทึกข้อมูลข่าวสารการบินหรือข่าวอื่น ๆ ตามความต้องการของผู้ใช้งาน เช่น ข้อมูลสภาพสนามบินและข่าวอากาศของแต่ละท่าอากาศยาน

1.2.1.6 อุปกรณ์เรียกขานอากาศยานจากสถานีภาคพื้นดิน (Remote Ground Station: RGS) เป็นอุปกรณ์ส่งสัญญาณเรียกขานอากาศยานตามชื่อเรียกขาน (Call Sign) เช่น TG 261 ผ่านเครือข่ายวิทยุควบคุมการทำงานโดยอาศัยเทคโนโลยีไมโครโปรเซสเซอร์

1.2.1.7 อุปกรณ์ระบบเวลาตัวเลข 6 หลัก (GPS Master Clock) เป็นอุปกรณ์แสดงเวลามาตรฐานโลก ติดตั้งอยู่บนคอนโซลปฏิบัติการของผู้ควบคุมจราจรทางอากาศ หรือตำแหน่งอื่น ๆ ตามความต้องการของผู้ใช้งาน

1.2.1.8 วิทยุเครื่องช่วยการเดินอากาศ (Non Directional Beacon : NDB) ที่ใช้ในการบอกทิศทางระหว่างท่าอากาศยานกับอากาศยานเพื่อให้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจของนักบินในการนำอากาศยานลงจอดได้อย่างถูกต้อง

นอกจากนี้ยังมีการออกแบบจัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์ระบบงานบริการควบคุมจราจรทางอากาศ เช่น ระบบประมวลผลสัญญาณเรดาร์ ที่ให้ข้อมูลสำคัญทั้งหมดเกี่ยวกับอากาศยาน ระบบงานบริการสื่อสารการบิน เช่น ระบบถ่ายทอดโทรเลขอัตโนมัติ ที่ใช้ในการสื่อสารการบินรับ - ส่งข่าวสารสำคัญในกิจการบินระบบอุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับเครือข่ายโทรคมนาคมการบิน (Aeronautical Telecommunication Network : ATN) ซึ่งเป็นพัฒนาทางเทคโนโลยีสื่อสารการบินที่ทันสมัยที่สุด

1.2.2. บริการสื่อสารข้อมูลการบิน (Aeronautical Information Services) บริษัท และ (Aeronautical Radio Incorporated : ARINC) จากสหรัฐอเมริกาได้ร่วมกันเปิด ศูนย์เครือข่ายบริการสื่อสารข้อมูลการบิน (Network Operation Center : NOC) เพื่อให้บริการสื่อสารการบินแก่ผู้ประกอบการธุรกิจการบิน ด้วยระบบสื่อสารข้อมูล (Data Link) ซึ่งเป็นระบบการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพสูงสุด มีความถูกต้องชัดเจน เป็นลายลักษณ์อักษรเหมือนกับการส่งจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ จึงมีคุณภาพมากกว่าการสื่อสารด้วยคำพูดที่มีข้อจำกัดในด้านสำเนียงภาษาของแต่ละชาติและการรับฟังระหว่างผู้ที่สื่อสารกัน

2. บริการเครือข่ายบริการสื่อสารข้อมูลการบิน (Network Operation Center : NOC) ของ สายการบินต่าง ๆ สามารถติดต่อสื่อสารเพื่อให้ได้ข้อมูลต่าง ๆ ที่สำคัญ ต่อการปฏิบัติการบิน เช่น ข้อมูลด้านสถานภาพและประสิทธิภาพของอากาศยาน ข้อมูลด้านข่าวอากาศการบิน ข้อมูลรายละเอียดและข่าวสารภายในของสายการบิน ข้อมูลทั้งหมดเกี่ยวกับการปฏิบัติการของอากาศยานตลอดเส้นทางบิน ข้อมูลเกี่ยวกับประตูจอดเทียบเครื่องบิน และการเชื่อมต่อเที่ยวบินเป็นต้น ต่อมาบริษัท ARINC และกรมการบินพลเรือนจากจีนยังร่วมกันดำเนินโครงการ Global Link Asia เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการให้บริการและขยายข่ายสื่อสารโดยมีแผนการให้ครอบคลุมทั่วทวีปเอเชีย และอเมริกาเหนือ การจัดตั้งศูนย์ปฏิบัติการเครือข่ายสื่อสารข้อมูลการบินดังกล่าว

นอกจากจะเป็นการพัฒนาขีดความสามารถการสื่อสารข้อมูลการบินด้วยการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้แล้ว การร่วมมือเป็นพันธมิตรกับประเทศต่างๆ ยังก่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนข้อมูลความรู้ส่งผลให้การบริการของบริษัทมีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้นเพื่อให้สายการบินได้รับการบริการที่ดีที่สุดมีการบริการต่างดังนี้

3. บริการอุปกรณ์สื่อสารแก่สายการบิน (PC Terminal and Radio Communication Equipment) บริการให้เช่า อุปกรณ์วิทยุสื่อสารทั้งภาคอากาศ-พื้นดิน, ภาคพื้นดิน-พื้นดิน, ทั้งติดตั้งประจำที่และเคลื่อนที่ อุปกรณ์โทรพิมพ์และคอมพิวเตอร์ โดยเป็นผู้ให้คำแนะนำ จัดหา วางระบบ และซ่อมบำรุง ให้แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับกิจการบินทุกประเภททั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยปัจจุบันมีสายการบินนานาชาติจากทั่วโลกเป็นผู้ใช้บริการ

4. บริการเครือข่ายสื่อสาร (Aeronautical Communication Services) ให้บริการในการวางแผนออกแบบ จัดหา และติดตั้งระบบเครือข่ายสื่อสารต่างๆ เช่น ข่ายสื่อสารดาวเทียม ข่ายสื่อสาร Fiber Optic Copper Wire และ ข่ายสื่อสารไมโครเวฟ เป็นต้น รวมทั้งการซ่อมบำรุงอุปกรณ์สื่อสารดาวเทียม ระบบวิทยุเชื่อมโยง ข่ายเคเบิล และวงจรสื่อสารข้อมูลการบินในข่าย (Aeronautical Fixed Telecommunications Network : AFTN) , (Aeronautical Telecommunication Network : ATN) และ (Communication Navigation Surveillance / Air Traffic Management: CNS/ATM)

5. บริการมาตรฐานเครื่องมือวัด (Test Equipment Calibration Services) ให้บริการสอบเทียบปรับเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดระบบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และไฟฟ้าประเภทต่างๆ โดยมีความถูกต้องแม่นยำตามมาตรฐานสากล ซึ่งอุปกรณ์ทุกชิ้นที่บริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด ผลิตขึ้นต้องผ่านการทดสอบจนได้รับการรับรองระบบมาตรฐานห้องปฏิบัติการสอบเทียบ ISO/IEC Guide 25 จึงเป็นการประกันระบบคุณภาพของอุปกรณ์ได้เป็นอย่างดีบริการพัฒนาทรัพยากรบุคคลในวงการบินและเป็นที่ปรึกษา (Training Courses and Consultant) ให้บริการจัดการฝึกอบรมบุคลากรและเป็นที่ปรึกษาด้านการควบคุมจราจรทางอากาศสื่อสารการบิน วิศวกรรมสื่อสารโทรคมนาคม ระบบติดตามอากาศยาน และวิทยุเครื่องช่วยการเดินอากาศต่าง ๆ ให้แก่หน่วยงานทั้งในและต่างประเทศ อาทิ การจัดสัมมนา ให้ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีใหม่ ๆ ในกิจการการบิน เพื่อพัฒนาบุคลากรให้มีความรู้ ความเข้าใจ รับผิดชอบต่อ และร่วมกัน วิเคราะห์วิจารณ์ เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มศักยภาพด้านการปฏิบัติการบิน

6. บริการการบินทดสอบ (Flight Inspection Service) ให้บริการบินทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ เครื่องช่วยการเดินอากาศ อุปกรณ์สื่อสาร ระบบเรดาร์และระบบติดตามอากาศยานต่างๆ โดยทำการบินเพื่อสนับสนุนการซ่อมบำรุงเร่งด่วนตามสถานีควบคุมระยะไกล รวมทั้งสนับสนุนการฝึกปฏิบัติทางด้านควบคุมจราจรทางอากาศและภารกิจอื่นๆ ที่ได้รับมอบหมาย ปัจจุบันบริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด มีอุปกรณ์เครื่องช่วยการเดินอากาศจำนวน 84 สถานีและ อุปกรณ์เรดาร์ 8 สถานี และภายในปีงบประมาณ 2545 บริษัทฯ จะทำการติดตั้งอุปกรณ์เครื่องช่วยการเดินอากาศ (Instrument Landing System : ILS) ณ ท่าอากาศยานภูมิภาค 16 แห่ง ทำให้บริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด สามารถให้บริการการบินทดสอบ อุปกรณ์ให้กับหน่วยงานภายในและภายนอกประเทศ โดยสำหรับต่างประเทศจะใช้อากาศยานแบบ JET ในการทำการบินทดสอบให้กับประเทศต่างๆ เช่น พม่า ลาว เวียดนาม กัมพูชา บังกลาเทศ และประเทศในแถบแอฟริกา คาดว่าจะสามารถเริ่มให้บริการได้ในปีงบประมาณ 2545

7. บริการตรวจสอบความพร้อมของอากาศยานที่จะบินในเขตการบิน RVSM (Reduced Vertical Separation Minimum) เป็นการบริหารน่านฟ้าให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยลดระยะห่างในแนวดิ่ง (Vertical

Separation) จาก 2,000 ฟุต เหลือระดับ 29,000 ฟุต ที่ใช้เป็นมาตรฐานในการควบคุมจราจรทางอากาศในปัจจุบันให้เหลือ 1,000 ฟุต การให้บริการของ RVSM สามารถแบ่งงานได้ดังนี้ คือ

8. บริการติดตั้งอุปกรณ์ เพื่อตรวจสอบความพร้อมของอากาศยาน (GPS Monitoring Services) ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางรวบรวมข้อมูล ความพร้อมของอากาศยานที่จะทำการบินในเขตการบิน RVSM ในภูมิภาคเอเชีย/ แปซิฟิก

ทำการแลกเปลี่ยนฐานข้อมูลกับ (Regional Monitoring Agency : RMA) อื่นๆ รวมทั้งวิเคราะห์ผลร่วมกับ ICAO อย่างใกล้ชิด คาดว่าจะสามารถเริ่มให้บริการได้ ประมาณเดือนตุลาคม 2544 โดยจะเริ่มให้บริการ RVSM Monitoring Service เป็นอย่างแรกเพื่อตรวจสอบความพร้อมของอากาศยานที่จะทำการบินในเขต RVSM แก่สายการบินต่างๆ ในเอเชียและตะวันออกเฉียงกลาง ATN Ground - Ground APPLICATION ระบบ (Aeronautical Telecommunication Network : ATN) เป็นระบบโครงสร้างพื้นฐานของ CNS/ ATM ในการให้บริการข้อมูลการบินและบริการการเดินทางอากาศ เพื่อความสะดวกรวดเร็ว ในการประสานงานจัดการจราจรทางอากาศ หรือแจ้งข้อมูลต่างๆ ทางด้านการบิน โดยระบบ ATN Ground - Ground จะประกอบด้วยระบบอื่นๆ อีก 4 ระบบ คือ

1. (ATS Inter Facility Data Link Communication : AIDC) จะเป็นข่ายสื่อสาร Data Link ระหว่าง ATC กับ ATC หน่วยเดียวกันหรือกับหน่วยอื่นก็ได้ เช่น หอบังคับการบินต่างๆ ศูนย์ควบคุมจราจรทางอากาศทางทหาร หรือศูนย์ควบคุมจราจรทางอากาศของประเทศเพื่อนบ้าน

2. (Automatic Message Switching System : AMSS) เป็นระบบที่บริหารเส้นทางเดินข่าวให้ไปยังจุดหมายปลายทางตามข้อกำหนดขององค์การการบินพลเรือนระหว่างประเทศ (ICAO)

3. (Aeronautical Information System : AIS) เป็นฐานข้อมูลที่ให้บริการข้อมูล 3 ประเภท คือ 1.(Notice to Airmen: NOTAM) 2. (Preflight Information Bulletin: PIB) 3. (Aeronautical Information Publication: AIP)

4. Opmet/Robex มีหน้าที่เก็บรวบรวมข่าวอากาศการบินจากคู่สถานีและจัดทำเป็น (Regional Opmet Bulletin Exchange : ROBEX) เพื่อจ่ายให้คู่สถานีตามเวลาที่กำหนด

กลุ่มลูกค้าบริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด

กลุ่มลูกค้าของบริษัทฯ จะประกอบด้วยลูกค้าทั้งในประเทศ และต่างประเทศ โดยลูกค้าต่างประเทศแบ่งเป็นกลุ่มประเทศตามภูมิภาคได้ดังนี้

ภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ ลาว เวียดนาม มาเลเซีย และฟิลิปปินส์

ภูมิภาคเอเชียเหนือ ได้แก่ มองโกเลีย และจีน

ภูมิภาคเอเชียใต้ ได้แก่ อินเดีย บังกลาเทศ และเนปาล

สำหรับลูกค้าภายในประเทศจะประกอบด้วยหน่วยงานราชการ รัฐวิสาหกิจ และเอกชน ได้แก่

หน่วยงานราชการ

1. กองทัพอากาศ
2. กองทัพเรือ
3. สถาบันการบินพลเรือน
4. กรมการบินพาณิชย์

หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ

1. บริษัท การบินไทย จำกัด(มหาชน)
2. การท่าอากาศยานแห่งประเทศไทย
3. การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
4. บริษัท ปตท.จำกัด(มหาชน)

หน่วยงานเอกชน

1. บริษัท ยูนิทรีโอ อิเล็กทรอนิกส์ จำกัด
2. บริษัท ฟิลิปส์ จำกัด ฯลฯ

ในขณะเดียวกันบริษัทฯ ได้ร่วมมือกับหน่วยงานอื่นๆ ทั้งในประเทศและต่างประเทศ ซึ่งพันธมิตรทางธุรกิจของบริษัทฯ ได้แก่

ต่างประเทศ

1. บริษัท ARINC ประเทศสหรัฐอเมริกา
2. Airservices Australia ประเทศออสเตรเลีย
3. (Aviation Data Communication Corporation : ADCC) ประเทศจีน
4. CML Technologies Inc. ประเทศแคนาดา

ในประเทศ

1. Siam Teltech Co.Ltd.
2. บริษัท สามารถ คอร์ปอเรชั่น(มหาชน) จำกัด

นอกจากนี้ บริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัดยังมีกลุ่มพันธมิตรทางธุรกิจด้านขายสื่อสารข้อมูลการบินซึ่งจะประกอบด้วยหน่วยงานดังต่อไปนี้บริษัท ARINC ประเทศสหรัฐอเมริกา, (Aviation Data Communication Corporationช ADCC)ประเทศจีน, Airmedia ประเทศเกาหลี, Civil Aviation Authority of Mongolia ประเทศมองโกเลีย,Philippines Air Transportation Office ประเทศฟิลิปปินส์, PT(Persero) Angkasa Pura II ประเทศอินโดนีเซีย,Singapore Aeradio ประเทศสิงคโปร์, Telekom Malasia ประเทศมาเลเซีย

ระบบอุปกรณ์และบริการที่บริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด มีให้บริการจะประกอบด้วยบริการออกแบบ จัดหา และผลิอุปกรณ์ที่ใช้ในการบิน รวมทั้งดำเนินการติดตั้ง ซ่อมบำรุง บริการพัฒนาทรัพยากรบุคคลและรับเป็นที่ปรึกษาในธุรกิจที่เกี่ยวข้อง บริการบินทดสอบ บริการขายสื่อสารผ่านดาวเทียม บริการข้อมูลปฏิบัติการสายการบิน บริการให้เช่าอุปกรณ์สื่อสารการบิน และบริการสอบเทียบและปรับเทียบเครื่องมือวัด ฯลฯ

บทบาทและภาระหน้าที่ของกองการผลิต บริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด

กองการผลิต มีหน้าที่ออกแบบและผลิตวัสดุ ส่วนประกอบที่จะเป็นอะไหล่ในการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ที่ใช้ทำงานอยู่ในบริษัทเพื่อสนับสนุนงานพัสดุของบริษัท ออกแบบและผลิตอุปกรณ์เพื่อสนองความต้องการของบริษัท ออกแบบ ผลิตอุปกรณ์และวัสดุเพื่อจำหน่ายให้แก่หน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ รวมทั้งให้การสนับสนุนด้านการบริการหลังการขาย จัดฝึกอบรม ให้กับลูกค้าและพนักงานของบริษัท พัฒนาความรู้ความสามารถในการใช้อุปกรณ์และซ่อมบำรุงอย่างถูกวิธี นอกจากนี้ยังมีหน้าที่ปฏิบัติงานในด้านธุรการ การวางแผน การพัสดุ การบัญชี และงบประมาณ รวมทั้งการจ่ายเช็คและเงินสดของหน่วยงาน มีผู้อำนวยการกองการผลิต เป็นผู้รับผิดชอบและขึ้นตรงต่อผู้อำนวยการฝ่ายบริหารธุรกิจบริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด กองการผลิตมีการจัดโครงสร้างหน่วยงานแบ่งตามลักษณะงานเป็น 7 งานได้แก่ งานวิจัยและพัฒนา งานผลิต งานควบคุมการผลิต งานควบคุมมาตรฐาน งานคลังผลิต งานธุรการและเอกสารเทคนิค งานติดตั้งและบริการ ส่วนงานทั้งหมดขึ้นตรงต่อผู้อำนวยการกองการผลิตภาระหน้าที่ของแต่ละส่วนงานมีดังนี้

1. งานวิจัยและพัฒนา มีหน้าที่ออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ พัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้ในการควบคุมระบบการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ สร้างอุปกรณ์สื่อสารเครื่องต้นแบบ ฝึกอบรมการซ่อมบำรุงให้กับพนักงานของบริษัทและลูกค้าภายนอก
2. งานผลิต มีหน้าที่ผลิตแผงวงจรไฟฟ้า แผ่นทองแดง ประกอบวงจรย่อย ออกแบบโครงสร้างอุปกรณ์และออกแบบ ศิลปและรูปลักษณะ เช่น กล่องโลหะ คอนโซล(Console) สำหรับหอบังคับการบิน ประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์บนแผ่นทองแดง นำแผ่นทองแดงที่ลงอุปกรณ์แล้วไปชุบตะกั่วหรือบัดกรี จากนั้นนำไปประกอบเข้ากับกล่องโลหะ เดินสายไฟภายในกล่องเข้ากับสวิทช์ไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่สำเร็จรอการจำหน่าย
3. งานควบคุมการผลิต มีหน้าที่วางแผนการผลิต ประสานงาน ติดตามผลความก้าวหน้าของงาน ประเมินผลการทำงาน ในกรณีที่งานมีปัญหา ประสานงานหาแนวทางแก้ไข และสรุปเป็นรายงานประจำเดือนเสนอต่อผู้อำนวยการกองผลิต
4. งานควบคุมมาตรฐาน มีหน้าที่กำหนดมาตรฐานและตรวจสอบงานแต่ละขั้นตอนให้ได้ตามข้อกำหนด เริ่มตั้งแต่วัตถุดิบที่นำมาใช้งาน มาตรฐานชิ้นงานในกระบวนการผลิต และตรวจสอบมาตรฐานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ก่อนส่งจำหน่าย
5. งานคลังผลิต มีหน้าที่จัดหาวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต โดยการเบิกจากคลังพัสดุของบริษัทหรือจัดซื้อจากต่างประเทศ ต้องมีการวางแผนจัดซื้อให้สอดคล้องกับแผนการผลิต
6. งานธุรการและเอกสารเทคนิค มีหน้าที่การบัญชี จัดทำงบประมาณ การจ่ายเช็ค และเงินสดของหน่วยงาน รวมทั้ง มีหน้าที่รวบรวมข้อมูล วงจร ลายแผ่นทองแดง รูปลักษณะภายนอกของอุปกรณ์ จัดทำเป็นเอกสารเทคนิคประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทางกองการผลิตจัดสร้าง จัดทำแผ่นพับโฆษณาขายสินค้าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
7. งานติดตั้งและซ่อมบำรุง มีหน้าที่นำอุปกรณ์ที่กองการผลิตสร้างเสร็จแล้วนำไปติดตั้งยังสถานที่ใช้งานเช่น สนามบินต่างจังหวัด สถาบันการบินพลเรือน หรือหน่วยงานภายนอกประเทศ และทำการฝึกอบรมการใช้การดูแลรักษาและ การซ่อมบำรุงอุปกรณ์ให้กับลูกค้า (บริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด. 2541 : 60-64)

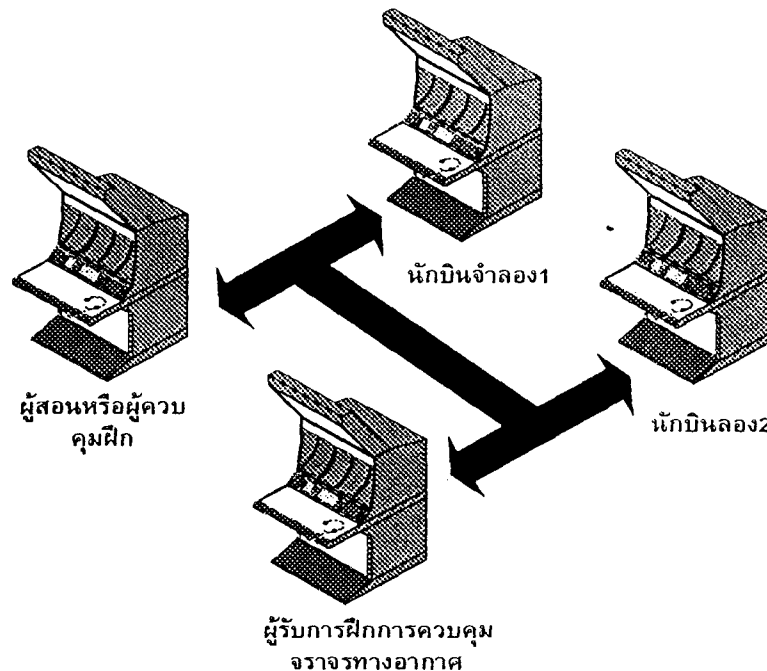
อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่จัดสร้างโดยบริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่จัดสร้างโดยบริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในธุรกิจด้านการสื่อสารการบินได้แก่ อุปกรณ์จำลองฝึกการควบคุมจราจรทางอากาศด้านการติดต่อสื่อสารทางเสียง(Voice Communication Simulation) อุปกรณ์เครื่องส่งวิทยุประกาศ (Non directional radio beacon) อุปกรณ์ควบคุมระบบสื่อสารร่วมหอบังคับการบิน (Integrated communication control system) อุปกรณ์บันทึกและประกาศข่าวสารการบิน (Programmable Recorder) อุปกรณ์ระบบเวลาตัวเลข 6 หลัก (6-Digit Time System) อุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องรับส่งวิทยุ (Remote control unit) ภายในจะประกอบด้วยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภทต่างๆต่อรวมกันเป็นวงจรจำนวนมากและมีไมโครโปรเซสเซอร์ทำหน้าที่ประมวลผลควบคุมการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ให้มีความเที่ยงตรง รายละเอียดของอุปกรณ์ที่บริษัทพัฒนาและผลิตขึ้นเช่น อุปกรณ์จำลองฝึกการควบคุมจราจรทางอากาศด้านการติดต่อสื่อสารทางเสียง (Voice Communication Simulation) เป็นอุปกรณ์หนึ่งที่ยกแบบมาสำหรับใช้ในการฝึกการติดต่อสื่อสารทางเสียงสำหรับฝึกผู้ควบคุมจราจรทางอากาศหรือผู้ช่วยผู้ควบคุมจราจรทางอากาศ ซึ่งจำลองมาจากเครื่องที่ใช้งานจริงในการควบคุมจราจรทางอากาศที่ประกอบด้วยระบบวิทยุ ระบบโทรศัพท์

หลักการของระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ

ระบบสื่อสารจำลอง (Voice Communication Simulator) เป็นอุปกรณ์จำลองการติดต่อสื่อสารทางเสียงด้วยระบบวิทยุ และระบบโทรศัพท์ เพื่อใช้ในการฝึกฝน และพัฒนาบุคลากรด้านการควบคุมจราจรทางอากาศของบริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด ให้มีความรู้ และทักษะด้านการควบคุมการจราจรทางอากาศตามเส้นทางการบิน (Area Control Service) เขตประชิดสนามบิน (Approach Control Service) และบริเวณสนามบิน (Aerodrome Control Service) โดยใช้เรดาร์ และไม่ใช้เรดาร์

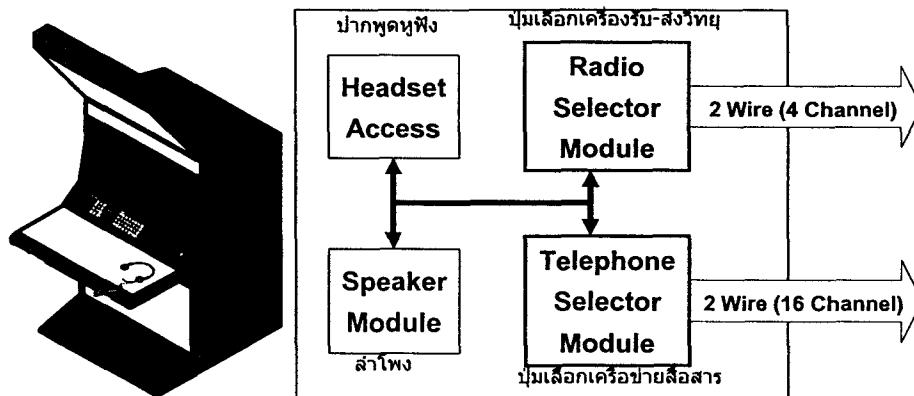
ภายในระบบสื่อสารจำลองประกอบด้วยชุดฝึกสำหรับ ผู้รับการฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ (Controller) ผู้สอนหรือผู้ควบคุมฝึก (Instructor) และนักบินจำลอง (Pilot) อย่างน้อย 2 ตำแหน่งขึ้นไป



ภาพประกอบ 2 ระบบสื่อสารจำลอง (กองการผลิต บวท. 2543 : 1.1)

ส่วนประกอบคอนโซลปฏิบัติการ

ชุดฝึกของผู้ใช้งานแต่ละตำแหน่งจะมีคอนโซลปฏิบัติการ (Operator Console) ประกอบด้วย ชุดปากพูดหูฟัง (Headset) ลำโพง ปุ่มเลือกเครื่องรับ-ส่งวิทยุ (Radio Selector) และปุ่มเลือกเครือข่ายสื่อสาร (Telephone Selector)



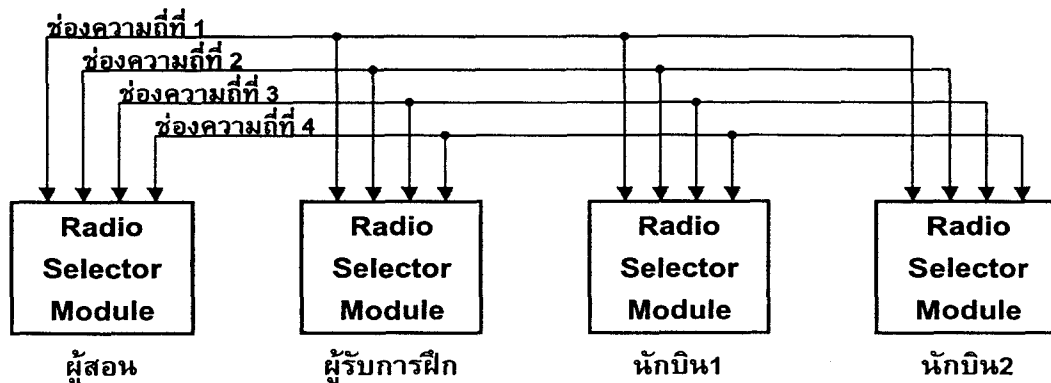
ภาพประกอบ 3 ส่วนประกอบคอนโซลปฏิบัติการ (กองการผลิต บวท. 2543 : 1.2)

การเชื่อมต่อคอนโซลปฏิบัติการ

ภายในคอนโซลปฏิบัติการจะแบ่งระบบสื่อสารจำลองแบ่งออกเป็น 2 ระบบคือ ระบบวิทยุ (Radio System) และระบบโทรศัพท์ (Telephone System)

ระบบวิทยุ

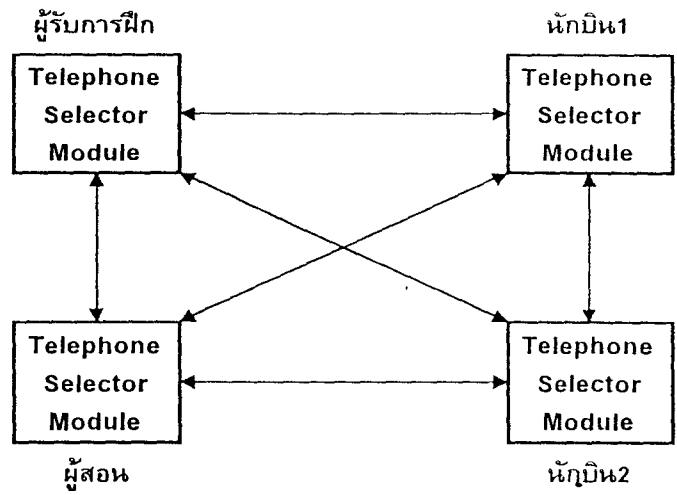
ระบบวิทยุ (Radio System) จะใช้ Radio Selector Module เป็นอุปกรณ์สำหรับการเชื่อมต่อและควบคุมการทำงาน ในแต่ละตำแหน่งสามารถเลือกใช้งานได้ 4 ช่องความถี่ แต่ละช่องความถี่สามารถเลือกการรับฟังทางชุดหูฟังหรือลำโพง แต่ละช่องความถี่จะมีสายสัญญาณชนิด 2-Wire เพื่อใช้เชื่อมต่อแบบขนานกับตำแหน่งอื่นๆ ในการรับส่งสัญญาณเสียง และสัญญาณควบคุม



ภาพประกอบ 4 การเชื่อมต่อระบบวิทยุ(กองการผลิต บวท. 2543 : 4.6)

ระบบโทรศัพท์

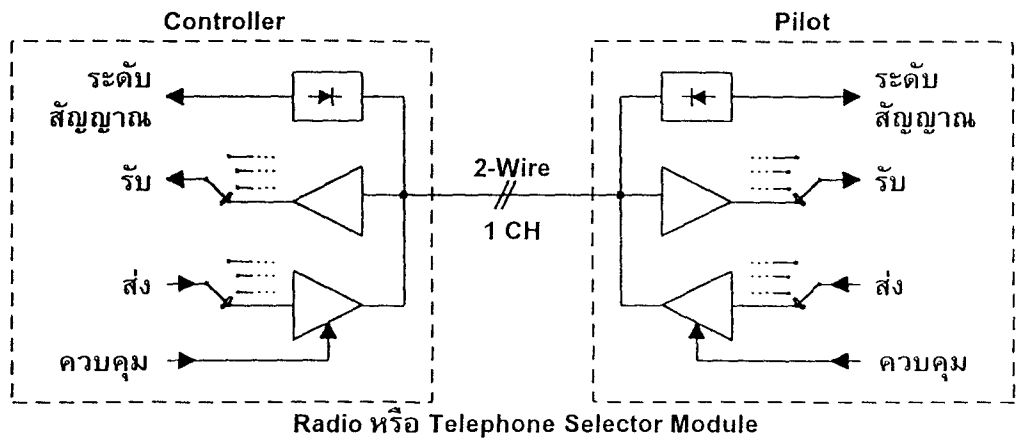
ระบบโทรศัพท์ (Telephone System) จะใช้ Telephone Selector Module เป็นอุปกรณ์สำหรับการเชื่อมต่อ และควบคุมการทำงาน ในแต่ละตำแหน่งสามารถเลือกใช้งานได้ 16 ช่อง แต่ละช่องสามารถเลือกการรับฟังทางชุดหูฟังหรือลำโพง แต่ละช่องจะมีสายสัญญาณชนิด 2-Wire เพื่อใช้เชื่อมต่อแบบจุดต่อจุด กับตำแหน่งอื่นๆ ในการรับส่งสัญญาณเสียง และสัญญาณควบคุม



ภาพประกอบ 5 การเชื่อมต่อระบบโทรศัพท์(กองการผลิต บวท. 2543 : 4.7)

ลักษณะการทำงานและการเชื่อมต่อ

สายสัญญาณแบบ 2-Wire สำหรับเชื่อมต่อกับตำแหน่งอื่นๆ ของระบบวิทยุ (Radio System) และระบบโทรศัพท์ (Telephone System) จะมีลักษณะวงจรเหมือนกัน การส่งสัญญาณเสียงและสัญญาณควบคุม จะรวมไปในสายสัญญาณแบบ 2-Wire



ภาพประกอบ 6 ลักษณะการทำงานและการเชื่อมต่อ(กองการผลิต บวท. 2543 : 3.1-3.9)

ลักษณะสัญญาณของระบบวิทยุ

การจำลองการใช้งานระบบวิทยุ เมื่อ Controller กดพูดเพื่อส่งสัญญาณ(Press-to-talk หรือ PTT) ขาคควบคุมจะเปิดให้วงจรด้านส่งทำงาน โดยส่งไฟกระแสตรงขนาด 6 โวลต์ และสัญญาณเสียงทางด้านส่งออกไปในสายสัญญาณแบบ 2-Wire เมื่อวงจรตรวจระดับสัญญาณทางด้าน Pilot ตรวจสอบได้ก็จะเปิดให้วงจรด้านรับทำงาน โดยส่งสัญญาณเสียงไปยังชุดหูฟังหรือลำโพง และแสดงไฟสัญญาณเรียกเข้า และในทางกลับกัน เมื่อ Pilot ต้องการกดพูดเพื่อส่งสัญญาณ(PTT) สัญญาณต่างๆ ก็จะมีลักษณะเหมือนกัน

ลักษณะสัญญาณของระบบโทรศัพท์

การจำลองการใช้งานระบบโทรศัพท์ เมื่อ Controller กดปุ่มเลือกช่องที่ Telephone Selector Module ขาคควบคุมจะเปิดให้วงจรด้านส่งทำงาน โดยส่งไฟกระแสตรงขนาด 6 โวลต์ ออกไปในสายสัญญาณแบบ 2-Wire 1 วินาที และหยุด 2 วินาทีสลับเป็นช่วงจังหวะ เมื่อวงจรตรวจระดับสัญญาณทางด้าน Pilot ตรวจสอบได้ ก็จะส่งสัญญาณไฟสัญญาณเรียกเข้าเป็นจังหวะ เมื่อ Pilot มีการกดรับ วงจรด้านส่งของ Pilot ก็ จะทำงานและส่งไฟกระแสตรงขนาด 6 โวลต์กลับไปยังทางด้าน Controller เมื่อได้รับสัญญาณแล้ววงจรด้านรับของทั้งคู่จะเปิดการทำงาน โดยส่งสัญญาณเสียงไปยังชุดหูฟังหรือลำโพง และหยุดแสดงไฟสัญญาณเรียกเข้า

คุณสมบัติทางไฟฟ้า

ความต้านทานทางไฟฟ้าสลับ(Impedance)	600 Ohms Balanced
ระดับสัญญาณทางด้านรับ (Reception Level)	-5 dBm (Nominal)
ระดับสัญญาณทางด้านส่ง (Transmission Level)	-5 dBm (Nominal)
สัญญาณควบคุม(Signaling)	6 VDC ref. Ground

ระบบสื่อสารจำลอง(Voice Communication Simulator)

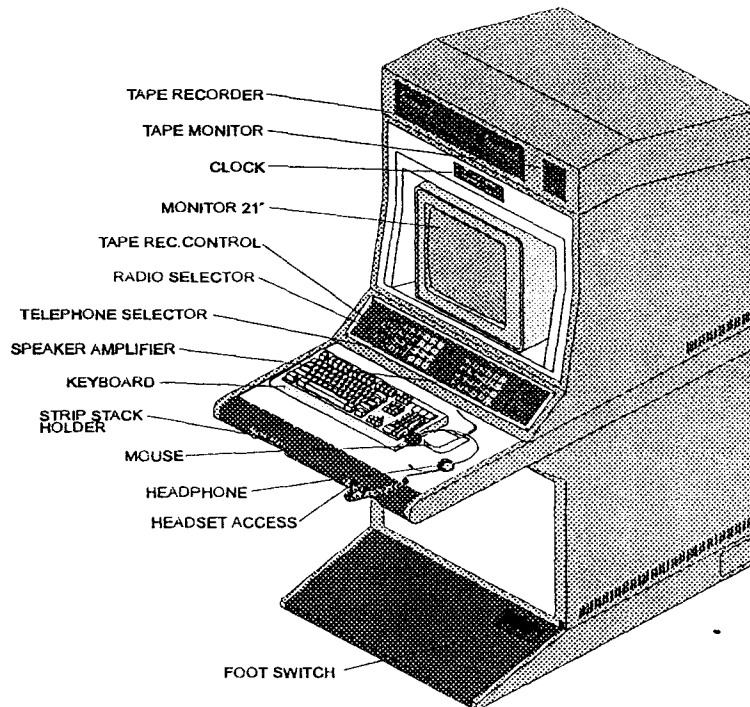
ลักษณะทั่วไป

ATC Radar Simulator เป็นอุปกรณ์การฝึกติดต่อสื่อสารด้านเสียง สำหรับฝึกผู้ควบคุมจราจรทางอากาศ หรือผู้ช่วยผู้ควบคุมจราจรทางอากาศ ระบบที่ใช้ในการฝึกส่วนใหญ่จะประกอบด้วย ชุดฝึกสำหรับ Controller, Instructor, Pilot1, Pilot2 โดยชุดฝึกตำแหน่งของผู้ใช้งานทุกตำแหน่ง (Operator Position) จะมีชุดอุปกรณ์สำหรับการติดต่อสื่อสารอยู่ 2 ระบบ คือระบบวิทยุ (Radio System) และระบบโทรศัพท์ (Telephone System)

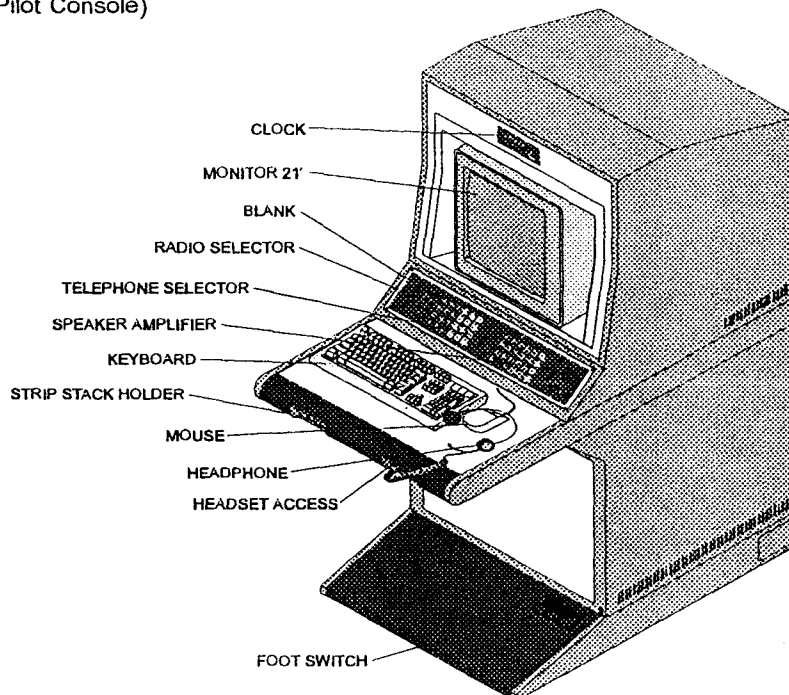
ระบบวิทยุ (Radio System) ในแต่ละตำแหน่ง (Position) สามารถเลือกใช้งานได้ 4 ช่องความถี่ แต่ละช่อง ต่อขนานถึงกันทุก Position ในลักษณะ 2-Wire โดยมี Radio Selector Module เป็นอุปกรณ์สำหรับการเชื่อมต่อและ ควบคุมการทำงาน

ระบบโทรศัพท์ (Telephone System) สามารถเลือกใช้งานติดต่อสื่อสารได้ 4 ช่อง และสามารถขยายช่องการ ติดต่อสื่อสารได้ถึง 16 ช่อง โดยแต่ละช่องจะต่อกับตำแหน่ง (Position) อื่นในลักษณะจุดต่อจุด (Point to Point) การเปลี่ยนลักษณะการทำงาน (Mode) ของแต่ละช่องสามารถทำได้โดยอิสระใน 2 ลักษณะ คือ Voice page mode และ Code ring mode

ระบบ Voice Communication Simulator ประกอบด้วยส่วนสำคัญ ดังนี้
 ผู้สอน(Instructor Console

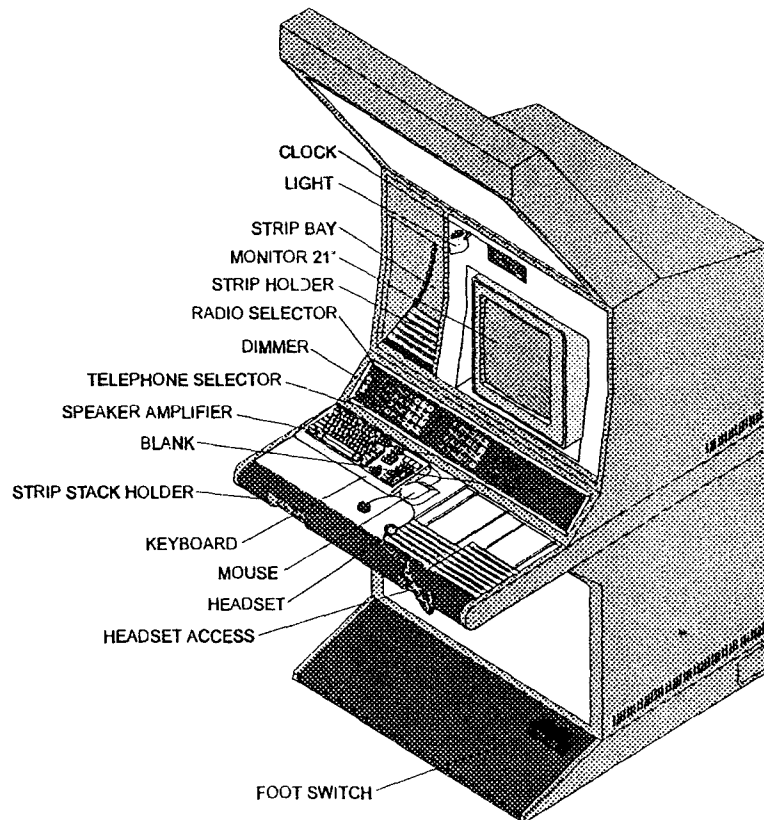


ภาพประกอบ 7 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์บน Instructor Console (กองการผลิต.บวท.2544:2)
 นักบิน (Pilot Console)



ภาพประกอบ 8 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์บน Pilot Console (กองการผลิต.บวท.2544:3)

ผู้รับการฝึก(Controller Console)



ภาพประกอบ 9 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์บน Controller Console(กองการผลิต.บวท.2544:4)

การใช้งานระบบ Voice Communication Simulator ประกอบด้วยระบบใหญ่ ๆ สองส่วน ด้วยกันคือ ระบบ Radio และระบบ Telephone ในตำแหน่งผู้ใช้งาน (Operator Position) หนึ่งตำแหน่ง จะประกอบด้วย อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับ ทั้งสองระบบ ดังนี้

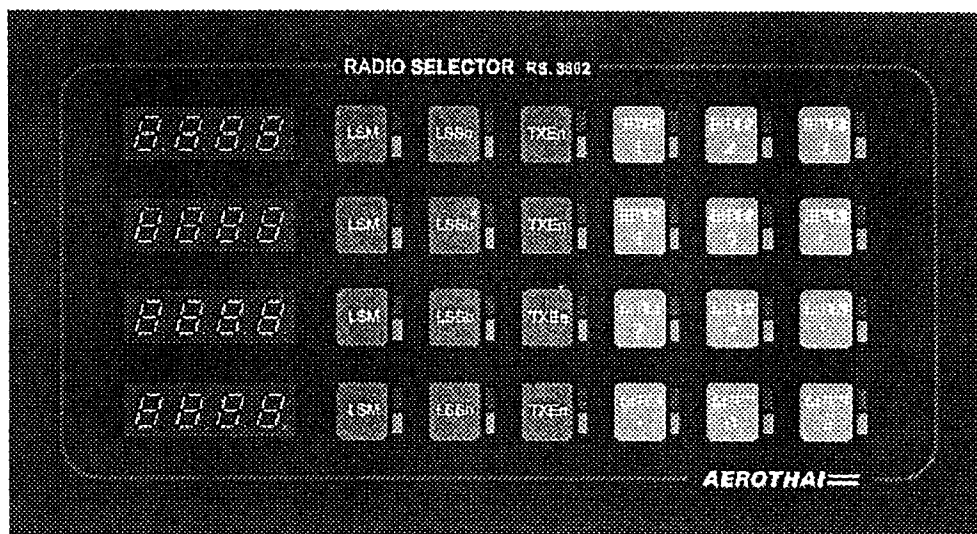
Radio Selector Module สำหรับเลือกรับ/ส่ง ทางด้าน Radio

Telephone Selector Module สำหรับเลือกรับ/ส่ง ทางด้าน Telephone

Speaker Amplifier Module สำหรับรับฟัง ปรับแรงลดเสียงจากระบบ Radio หรือ Telephone ทาง Loudspeaker และมีปุ่มสำหรับเลือกใช้ Microphone จาก Controller หรือ Instructor

Headset Access Module สำหรับปรับแรงลดเสียงและต่อเชื่อมกับ Headset

ชุดปุ่มเลือกเครื่องรับ-ส่งวิทยุ (Radio Selector Module)



ภาพประกอบ 10 แสดงรูปแบบของ Radio Selector Module (กองการผลิต.บวท.2544:5)

อุปกรณ์ Radio Selector Module ประกอบด้วย

จอแสดงความถี่สำหรับแสดงผลความถี่ที่ใช้งาน เป็นตัวเลข 4 หลัก 4 ช่องความถี่

ปุ่มเลือกเครื่องรับ Main และ Standby (LSM & LSSb)

ปุ่มเลือกใช้เครื่องส่ง (TXEn)

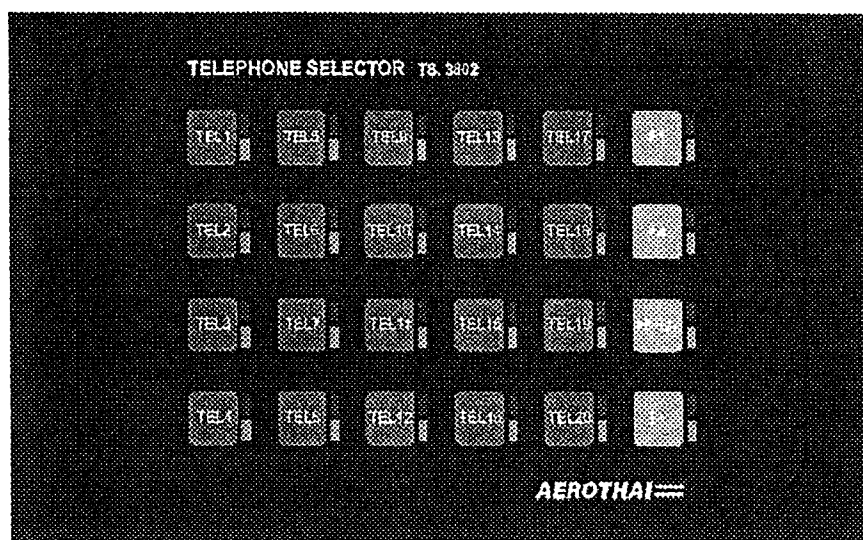
ปุ่มเลือกรับฟังเสียงทาง Speaker/Headset

LED แสดงสถานะถูกเรียก (Incoming Call) และเลือกใช้งาน (Selection) เครื่องรับ

LED แสดงสถานะรับฟังเสียงทาง Speaker/Headset และเลือกใช้งานเครื่องส่ง (Transmitter Enable)

Enable)

ชุดปุ่มเลือกเครือข่ายสื่อสาร (Telephone Selector Module)



ภาพประกอบ 11 Telephone Selector Module (กองการผลิต.บวท.2544:8)

อุปกรณ์ Telephone Selector Module ประกอบด้วย

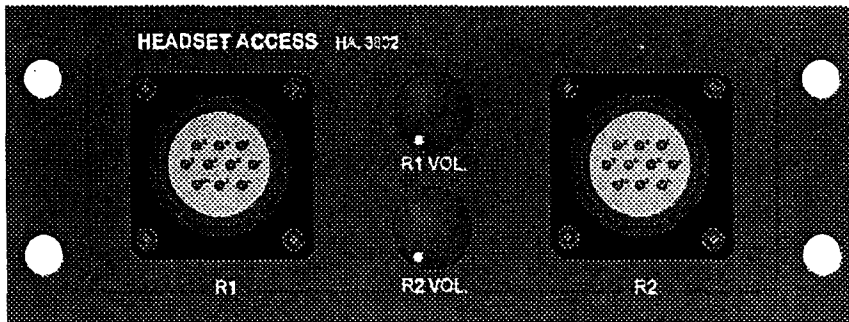
ปุ่ม Keyboard สำหรับเรียกหรือตอบรับโทรศัพท์ 20 ช่อง

LED แสดงสถานะการเลือกใช้งาน

LED แสดงสถานะถูกเรียก (Incoming Call)

ชุดปากพูดหูฟัง (Headset Access Module)

เป็น Module สำหรับต่อ (Plug-in) ของชุด Headset



ภาพประกอบ 12 Headset Access Module(กองการผลิต.บวท.2544:11)

หน้าที่ของ Headset Access Module

1. Controller (R1)สำหรับต่อ Plug In Headset ของ Controller
2. R1 Volumeปรับระดับเสียงที่หูฟังของ Controller
3. R2 Volumeปรับระดับเสียงหูฟังของ Instructor
4. Instructor (R2) สำหรับต่อ Plug In Headset ของ Instructor

ลำโพง (Speaker Amplifier Module)

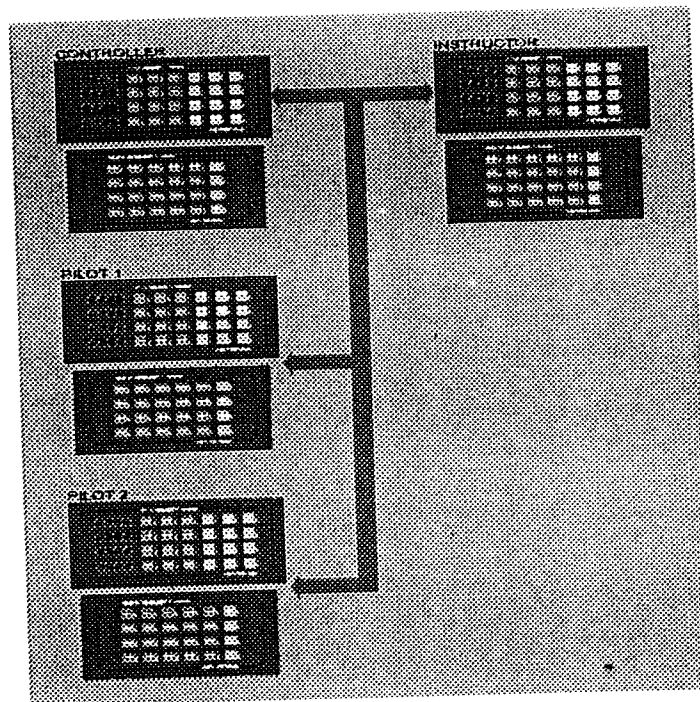


ภาพประกอบ 13 Speaker Amplifier Module (กองการผลิต.บวท.2544:11)

จากภาพประกอบที่15 เป็น Module สำหรับขยายสัญญาณเสียงของระบบ วิทยุ และ Voice page ของระบบ โทรศัพท์

๒๕๐๙๐๗ ช.๓

ลักษณะการเชื่อมต่อของModuleในระบบสื่อสารจำลองVoice Communication Simulator



ภาพประกอบ 14 ลักษณะการเชื่อมต่อของModuleในระบบสื่อสารจำลองVoice Communication Simulator
(กองการผลิต.บวท.2544:1)

ข้อกำหนดทางเทคนิค (Specifications)

Radio System

Capacity

Radio Channel 4 Channels

Audio Levels and Control-Transmit

Microphone Impedance 50-600 Ohms

Transmission Level -5 dBm (nominal)

Audio Levels and Control-Receiver

Reception Level -5 dBm (nominal)

Headset audio Level Operator Volume Control (adjustable)

Loudspeaker Impedance 8 Ohms

Loudspeaker audio Level Operator Volume Control (adjustable)

Interface Characteristic

Audio Input/Output 600 Ohms Balance, 2-Wire

Press-to-Talk (PTT) Dry contact

Audio Levels-Recorder Output

Recorder Output TX/RX Output combination

Recorder Output Level	0 dBm (nominal)
Output Impedance	600 Ohms
Power	
Power Consumption	5V 1.5A, 12V 200mA (max.)
Telephone System	
Capacity	
Telephone Channel	9 Channels (Expand upto 16 Channels)
Interface Characteristic	
Audio Input/Output	600 Ohms Balance, 2-Wire
Power	
Power Consumption	5V 1A, 12V 200mA (max.)
Power Supply System	
Switching Power Supply	Output voltage 5V, 12V
Input voltage	220VAC \pm 10% 50 Hz

ลักษณะทางเทคนิค

Radio Selector Module

มีส่วนประกอบดังนี้

Main Board

Line Interface Card

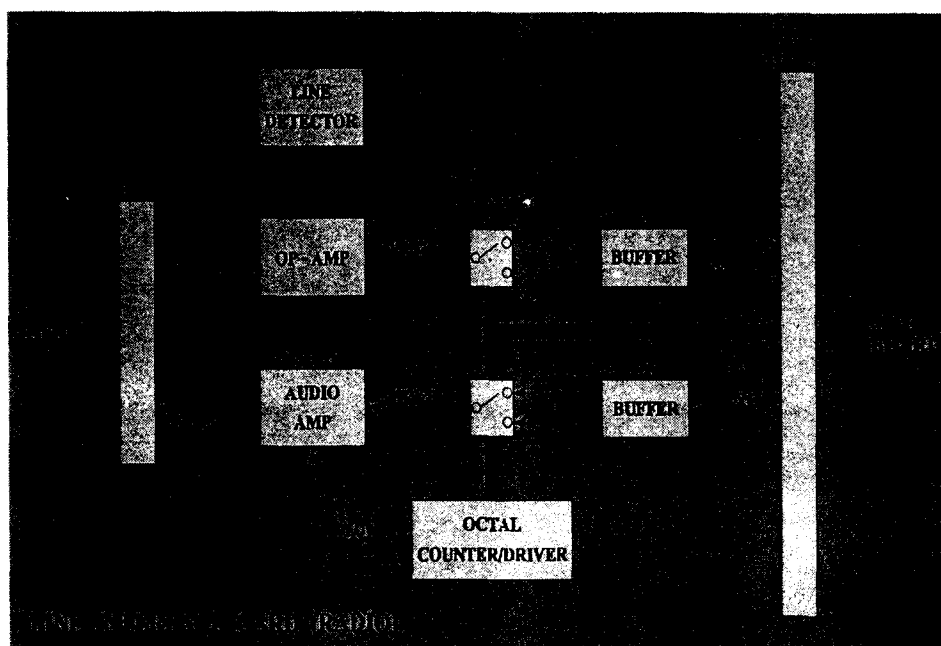
Keyboard & Display Board

Main Board มีลักษณะหน้าที่ดังนี้คือ ตรวจสอบการทำงานของ Keyboard แสดงสภาวะการทำงาน และแสดงผลความถี่ที่ใช้งานบนจอแสดงผล 7-Segments ส่งข้อมูลไปยัง Line Interface Card เพื่อควบคุมการทำงานทางด้านรับและด้านส่งปรับระดับสัญญาณเสียง (Voice) ทางด้านส่ง

Specifications

Microprocessor	89C51
Clock	11 MHz
EEPROM	93C46 (128 bytes)
Watch dog	MAX 691 (1.6 sec.)
Serial Communication	RS-422, 9600 BPS
Input PTT	5V (nominal), 0V (PTT)
DC Input	5V \pm 10% , 12V \pm 10%

บล็อกไดอะแกรมของอุปกรณ์เชื่อมต่อ (Line Interface Card)



ภาพประกอบ 15 บล็อกไดอะแกรมของ Line Interface Card (กองการผลิต.บวท.2543:3-1)

ลักษณะหน้าที่

ตรวจสอบระดับแรงดันที่ Line (Line Detector)

รับสัญญาณข้อมูลมาจาก Main Board (CPU) เพื่อตัดต่อช่องเสียงตามที่ถูกเลือกใช้งาน ทั้งทางด้านรับและด้านส่ง

Audio Balance Line Interface

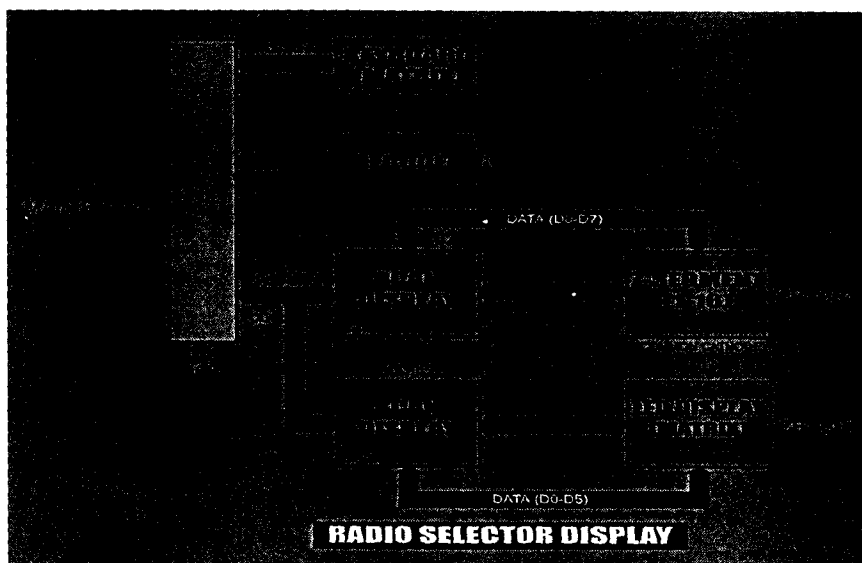
ลักษณะทางเทคนิค

ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ คือ

ข้อกำหนดทางเทคนิค (Specification)

Audio Output	600 Ohms Balance
Audio Output Level	-5 dBm (nominal) ค่าผิดพลาด ± 1 dB
DC Line output	6V to Gnd (nominal)
Audio Input Level	-5 dBm (nominal) ค่าผิดพลาด ± 1 dB
DC Line detector	2.6V to Gnd (min.)

แป้นพิมพ์และจอแสดงผล (Keyboard & Display Board)



ภาพประกอบ 16 บล็อกไดอะแกรมของ Keyboard & Display Board (กองการผลิต.บวท.2543:3-6)

ลักษณะหน้าที่

- Decoder Keyboard จากหน้าปัทม์ Radio Selector Module
- Scan Display 7-Segments สำหรับความถี่ที่ใช้งาน
- Scan Display LED Indicator สำหรับแสดงสถานะการใช้งาน

หลักการของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึก การควบคุมการจราจรทางอากาศ

ในการทำงานของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อ (Line Interface Card) สำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ ได้แบ่งการทำงานเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้

1. ส่วนควบคุมการทำงานโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51
2. ส่วนของวงจรสร้างสัญญาณ 1020 Hz โดยใช้ IC 555 เพราะเป็น IC เบอร์ 555 เป็น IC ที่เรารู้จักกันดีและสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่าง กว้างขวาง ในที่นี้เรานำ IC 555 มาใช้งานเป็นวงจรกำเนิดความถี่ที่ต้องการ
3. ส่วนที่เป็นวงจรเปรียบเทียบระดับสัญญาณที่ใช้ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ใช้อุปกรณ์ Op-amp เป็นส่วนประกอบพื้นฐานในการสร้างวงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Voltage Comparator) เพื่อการเปรียบเทียบแรงดันกับแรงดันอ้างอิง (Reference Voltage)

4. ภาคแสดงผลโดยใช้ LCD Display

ซึ่งแต่ละส่วนมีรายละเอียดโดยทั่วไปดังนี้

หลักการทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต ที่มีอุปกรณ์สนับสนุนประกอบอยู่ภายในหลายอย่างได้แก่ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม ตัวตั้งเวลา/ตัวนับ อุปกรณ์รับส่งข้อมูลแบบอนุกรม เนื่องจากโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์มีอุปกรณ์สนับสนุนประกอบอยู่ภายในเอง ทำให้การใช้งานง่ายขึ้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยไม่ต้องมีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกเพิ่มเติมมากเหมือนกับ ตัวไมโคร-โปรเซสเซอร์ทั่วไป นอกจากนี้หากเราต้องการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับ อุปกรณ์อื่นเพิ่มเติมเช่น ไอซี 8255 หรือหน่วยความจำภายนอก เรายังสามารถนำมาเชื่อมต่อเพิ่มเติมเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อีกด้วย

1. โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โครงสร้างภายในพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ภาพประกอบ 19 ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

หน่วยประมวลผลกลางขนาด 8 บิต

หน่วยประมวลผลสำหรับข้อมูลแบบบิต (Boolean Processor)

ความสามารถในการอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรม 64 กิโลไบต์

ความสามารถในการอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูล 64 กิโลไบต์

หน่วยความจำโปรแกรมภายในขนาด 4 กิโลไบต์ แบบ อีพรอม (เบอร์ 8451)

หน่วยความจำแบบ แรม ภายในจำนวน 128 ไบต์

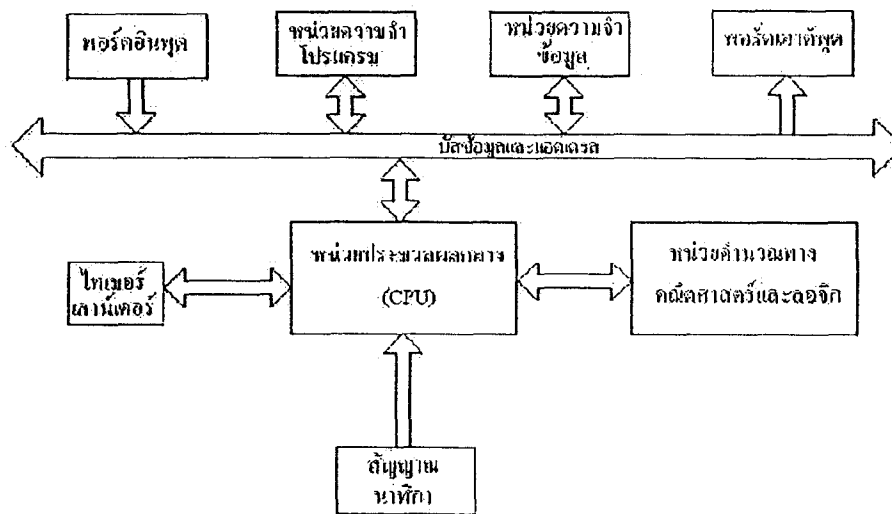
พอร์ตอินพุต/เอาต์พุตแบบขนานจำนวน 32 เส้น ซึ่งสามารถแยกทำงานได้อย่างอิสระ

วงจรมับ/จับเวลาขนาด 16 บิต จำนวนสองวงจร

วงจรสื่อสารแบบอนุกรมแบบดูเพล็กซ์เต็ม (Full Duplex)

วงจรควบคุมการอินเตอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณ 6 ประเภท พร้อมการกำหนด ลำดับ

วงจรผลิตสัญญาณนาฬิกาภายในซึ่งโครงสร้างการทำงานทั้งหมดของไมโครคอน-โทรลเลอร์จะอาศัยหลักการการทำงานที่เกี่ยวข้องกัน โดยอาศัยหลักการการทำงานที่เป็นไป ตามโครงสร้างเสมอ

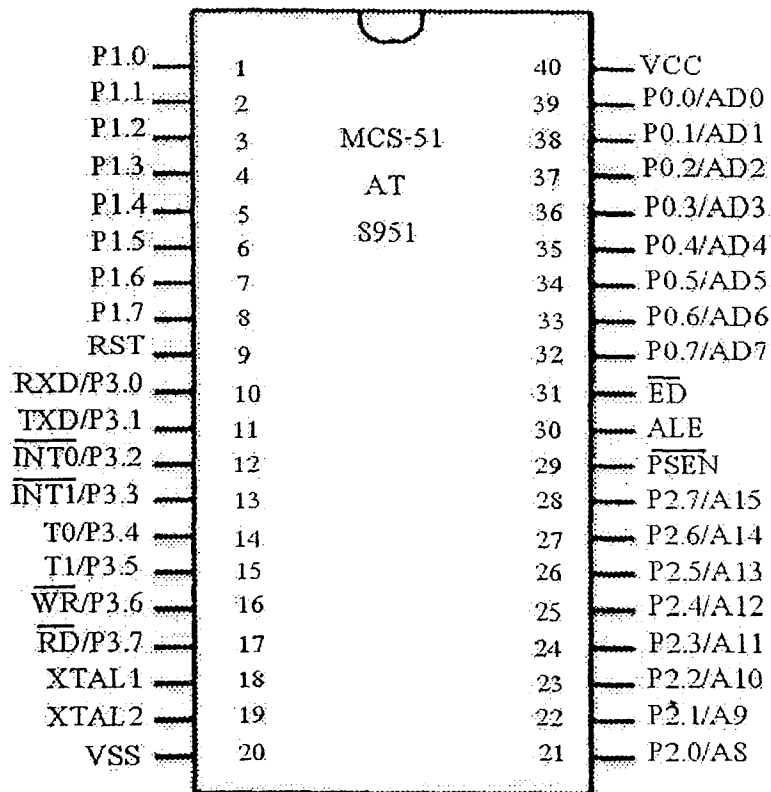


ภาพประกอบ 17 แสดงโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

(<http://come.to/nakon.July.2002>)

โดยมากแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้มักจะมีรูปร่างของไอซีเป็นแบบขนาด 40 ขา ซึ่งแต่ละขาสัญญาณจะมีหน้าที่ที่ระบุชัดเจนตามสัญลักษณ์เชื่อมต่อ ที่กำกับในแต่ละขา อย่างไรก็ตามจะมีบางขาสัญญาณที่อาจจะมีหน้าที่ได้มากกว่าหนึ่งอย่าง (ซึ่งเขียนกำกับไว้ว่า Alternate Function ภาพประกอบ 20) ซึ่งจะไม่สามารถใช้งานในเวลาเดียวกันได้ ตัวอย่างเช่นขาสัญญาณบิต 0 ของพอร์ต 3 (ใช้ตัวย่อเป็น P3.0) อาจจะใช้เป็นขาสัญญาณเอาต์พุต หรืออินพุตตามปกติ ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ซึ่งประกอบด้วยหน่วยการทำงานต่างๆ ภายในไอซี MCS-51 จำนวนมาก โดยแต่ละบล็อกซึ่งเป็นวงจรควบคุมรีจิสเตอร์ (Register) หรือหน่วยความจำภายในของไอซี MCS-51 จะถูกเชื่อมต่อเข้าด้วยกันผ่านทางเส้นสัญญาณที่เรียกว่าบัสข้อมูลภายใน รีจิสเตอร์และหน่วยความจำเหล่านี้จะถูกนำไปใช้ระหว่างการประมวลผลคำสั่ง หน้าที่ของโปรแกรมที่ผู้ใช้สร้างขึ้นมักจะเป็นการควบคุมการรับหรือส่งข้อมูลระหว่างรีจิสเตอร์เหล่านี้ ซึ่งอาจจะมีการดำเนินการร่วมกับหน่วยการดำเนินงานประมวลผลทางคณิตศาสตร์และลอจิก หรือเรียกว่า (Arithmetic And Logic Unit : ALU)

2. โครงสร้างหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แยกการจัดการหน่วยความจำออกเป็นสองส่วนอย่างชัดเจน คือ หน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) และหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) หน่วยความจำทั้งสองนี้ มีหน้าที่แตกต่างกัน และใช้วิธีการอ้างแอดเดรสสัญญาณการติดต่อแยกออกจากกัน

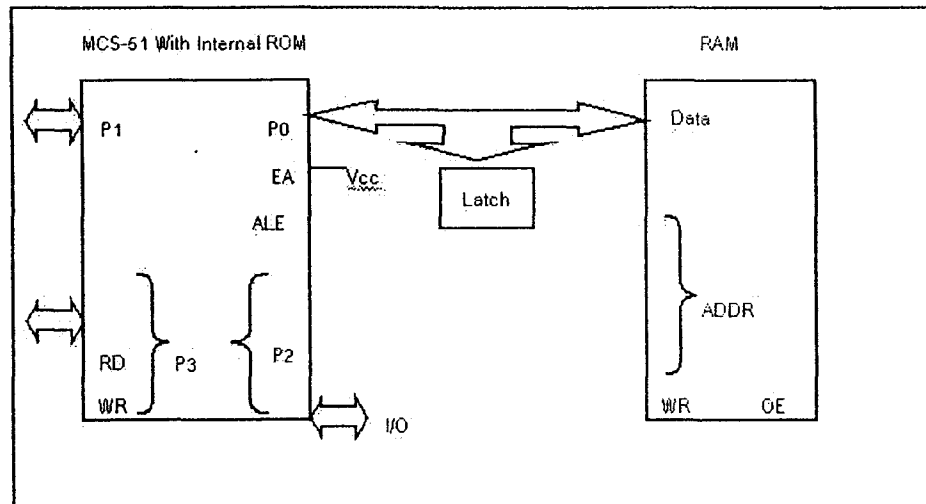


ภาพประกอบ 18 แสดงรูปร่างและการจัดวางขาต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

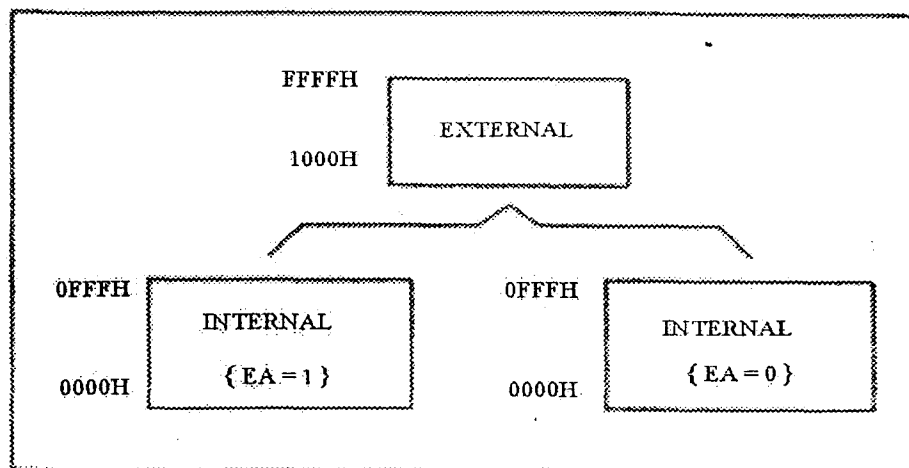
(<http://come.to/nakon> .July.2002)

3. หน่วยความจำโปรแกรม

หน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นบริเวณหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลและคำสั่งใช้งานต่างๆ ซึ่งแม้ว่าจะไม่มีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับระบบข้อมูลเหล่านี้ก็ยังคงอยู่ไม่สูญหายโครงสร้างของหน่วยความจำโปรแกรม มีลักษณะเช่นเดียวกับหน่วยความจำที่บรรจุอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ของหน่วยความจำ ประเภทต่างๆ เช่น หน่วยความจำแบบรอม (Read Only Memory) หรือ อีพรอม (Erasable Programable Read Only Memory) ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถอ่านข้อมูลหน่วยความจำโปรแกรมนี้ได้สูงสุดไม่เกิน 64 กิโลไบต์ และแยกประเภทของหน่วยความจำโปรแกรมเป็น 2 ลักษณะ ตามตำแหน่งของหน่วยความจำนั้น คือ หน่วยความจำโปรแกรมภายใน (Internal Program Memory) ซึ่งเป็นหน่วยความจำรอม หรือ อีพรอม ที่อยู่ภายในตัวไอซีของไมโครคอนโทรลเลอร์เอง และหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก (External Program Memory) ซึ่งเป็นการใช้ไอซีหน่วยความจำมาทำหน้าที่เป็นหน่วยความจำโปรแกรมของระบบ



ภาพประกอบ 19 แสดงการใช้หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (<http://come.to/nakon> July.2002)



ภาพประกอบ 20 แสดงการจัดพื้นที่ของหน่วยความจำโปรแกรมภายในและภายนอก

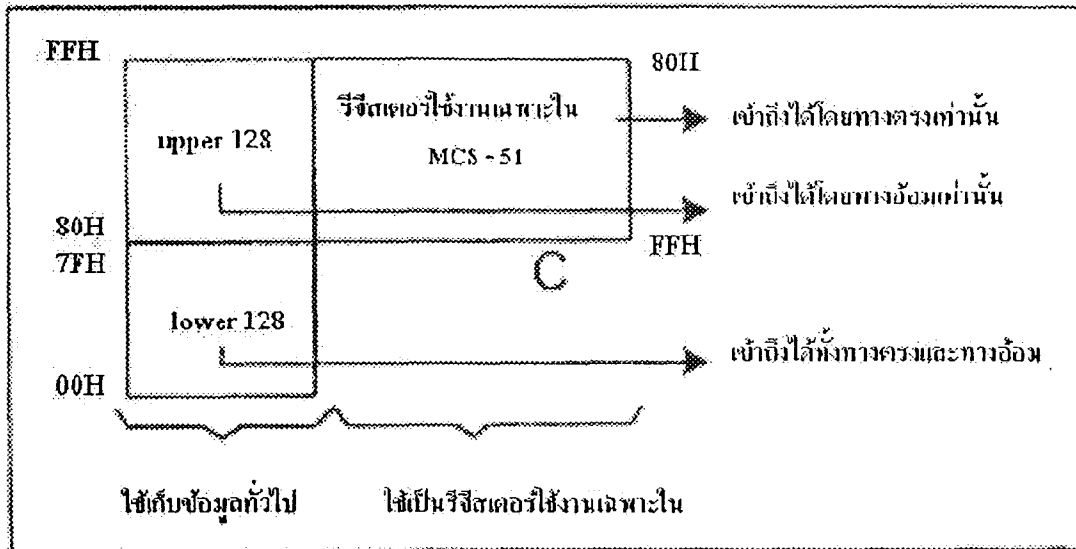
(<http://come.to/nakon> July.2002)

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ต่างๆ ของตระกูล 8051 ในหน่วยความจำภายนอกได้ทั้งสิ้น โดยกรณีที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในอยู่แล้ว การอ้างตำแหน่งแอดเดรสที่มีทั้งในหน่วยความจำโปรแกรมภายในและภายนอกนั้นจะต้องทำการควบคุมระดับลอจิกของสัญญาณ ในขณะที่ด้วย ขนาดหน่วยความจำโปรแกรมภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ต่างๆ ภายในตระกูล 8051 จะแตกต่างกันออกไป เพื่อความเหมาะสมกับการนำไปใช้งานลักษณะต่างๆ เช่น

8051 และ 8052 มีหน่วยความจำแบบรวม 4 และ 8 กิโลไบต์

8751 มีหน่วยความจำแบบ อีพรอม ขนาด 4 กิโลไบต์ ข้อมูลที่จัดเก็บภายในนี้ ซึ่งสามารถใช้แสงอุลตราไวโอเล็ต ลบและนำกลับไปบรรจุโปรแกรมใหม่ได้อีกครั้งหนึ่ง

8031 และ 8032 ไม่มีหน่วยความจำโปรแกรมอยู่ภายในตัวไอซี ดังนั้นในการนำไปใช้งานจึงจำเป็นต้องสามารถขยายให้ใช้งาน ต้องอาศัย หน่วยความจำโปรแกรมภายนอกเสมอ

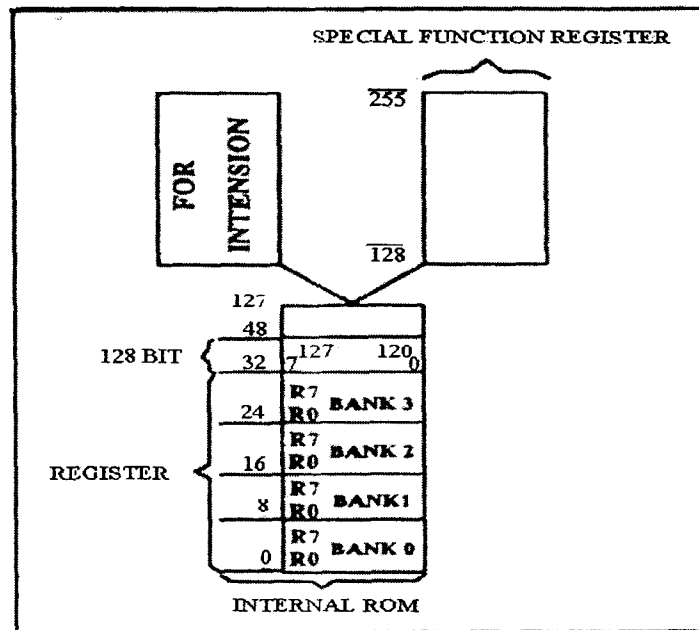


ภาพประกอบ 21 แสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

(<http://come.to/nakon> July, 2002)

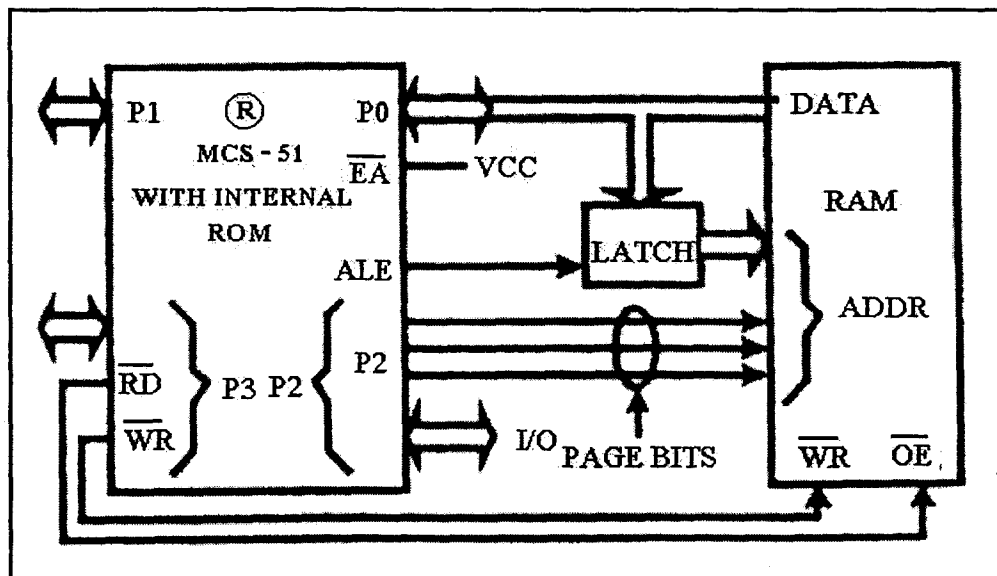
4. หน่วยความจำข้อมูล

หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ซึ่งโดยพื้นฐานแล้วเป็นหน่วยความจำแรมสามารถเขียนหรืออ่านข้อมูลได้ (Read or Write Memory) ใช้สำหรับเก็บข้อมูลหรือตัวแปร ที่เกิดขึ้นในขณะที่กำลังประมวลผลโปรแกรมไว้เป็นการชั่วคราว ซึ่งโดยพื้นฐานแล้วหน่วยความจำข้อมูลจัดเป็นหน่วยความจำแรมแบบสแตติก ดังนั้นเมื่อไม่มีการจ่ายไฟฟ้าให้กับระบบก็จะมีผลทำให้ข้อมูลที่จัดเก็บไว้ภายในหน่วยความจำนี้สูญไปพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลของไมโคร-คอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีได้สูงสุดไม่เกิน 64 กิโลไบต์ และแยกประเภทออกเป็นสองลักษณะตามตำแหน่งที่ตั้งของหน่วยความจำนั้น ตามลักษณะของหน่วยความจำโปรแกรมภายในซึ่งก็เป็นแรมที่อยู่ภายในตัวไอซีในตระกูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ และหน่วยความจำข้อมูลภายนอกซึ่งเป็นการใช้ไอซีหน่วยความจำแรมมาเพิ่มเติมเข้าไปในวงจรลักษณะเดียวกับ การนำไอซีอีพรอมมาใช้งานเป็นหน่วยความจำโปรแกรมนั่นเอง



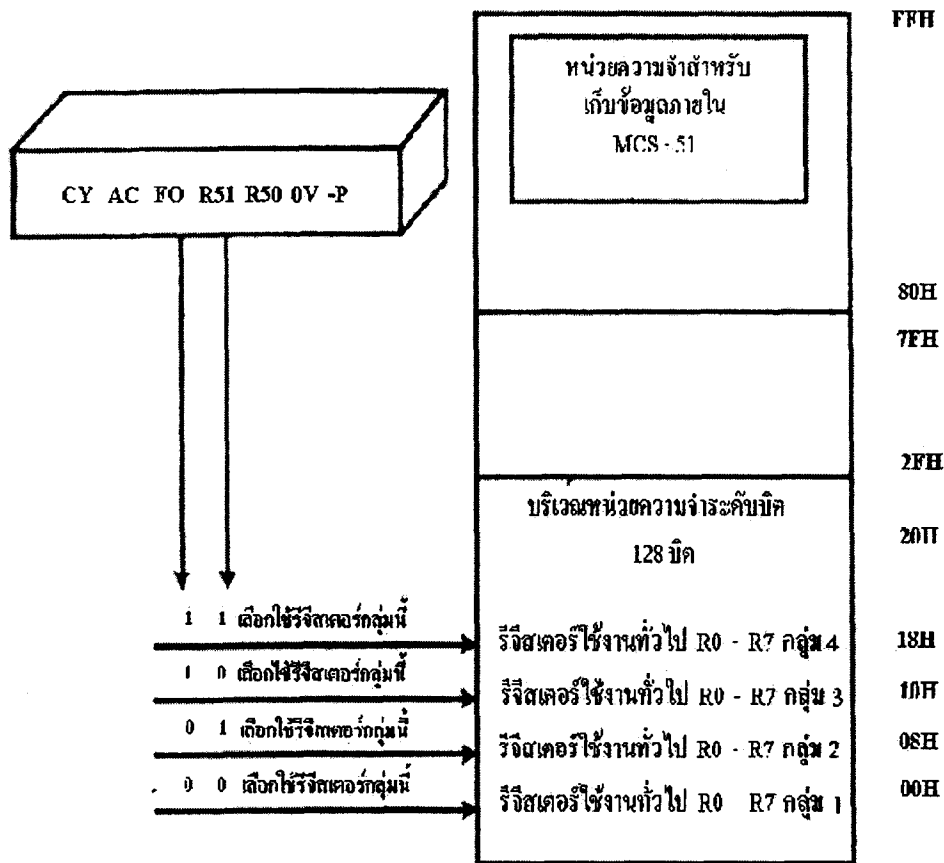
ภาพประกอบ 22 แสดงการจัดหน่วยความจำข้อมูล (http://come.to/nakon July.2002)

โดยที่หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 นี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ในส่วนที่เป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในไอซี และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทุกๆ เบอร์จะมีหน่วยความจำเก็บข้อมูลทั่วๆ ไปภายในไอซีอย่างน้อยคือ 128 ไบต์ ไปจนถึง 256 ไบต์ทั้งนี้ ขึ้นกับเบอร์ของไอซี หน่วยความจำสำหรับเก็บ ข้อมูลภายในไอซีในบริเวณ 128 ไบต์ เรียกว่า Lower 128 และในบริเวณ 128 ไบต์หลัง ที่มีเพิ่มในบางเบอร์มีชื่อเรียกว่า Upper 128



ภาพประกอบ 23 แสดงการต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกไอซี (http://come.to/nakon July.2002)

5. รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51. รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 รีจิสเตอร์ในกลุ่มนี้จะเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16บิต ที่ใช้งานเพื่อเก็บข้อมูลของตัวแอดเดรสเป็นสำคัญ โดยค่าที่อยู่ภายในแอดเดรสนี้จะนำไปเป็นค่าของข้อมูลที่ส่งออกไปทางบัสแอดเดรส ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อบอกตำแหน่งที่ต้องการติดต่อ รีจิสเตอร์ที่จัดในกลุ่มนี้ประกอบด้วย -รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป (General-Purpose Registers) รีจิสเตอร์ในกลุ่มนี้จัดเป็นพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้ในการสนับสนุนในการประมวลผล การทำงานจากหน่วยประมวลผลทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU) เพื่อให้สามารถจัดการข้อมูลให้เร็วที่สุด นอกจากนี้โปรแกรมที่ไม่ได้ใช้คำสั่งเหล่านี้ก็ยังใช้เป็นการเก็บข้อมูลตัวแปรภายในโปรแกรม จะเห็นได้ว่าชื่อของรีจิสเตอร์ไม่ว่าจะอยู่ในรีจิสเตอร์แบงก์ใด ก็จะมีชื่อว่า R0 ถึง R7 เหมือนกันทั้งสิ้น ดังนั้นในการใช้งานผู้ใช้จะต้องให้ความระมัดระวังว่า ต้องการรีจิสเตอร์นั้นๆ จากแบงก์ใดๆ ซึ่งการกำหนดเลือกแต่ละกลุ่มของรีจิสเตอร์นี้ก็ทำได้ง่าย เพียงการกำหนดค่าของบิตที่อยู่ภายในแฟล็ก (PSW) เท่านั้น อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปก็มักจะมีการใช้งานรีจิสเตอร์ R0 ถึง R7 เฉพาะในแบงก์ 0 เท่านั้น ดังนั้นพื้นที่ของแบงก์อื่นๆ ที่เหลือก็สามารถนำมาใช้ในลักษณะของหน่วยความจำแรม



ภาพประกอบ 24 แสดงการเลือกใช้รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 ในแต่ละกลุ่ม

(<http://come.to/nakon> July.2002)

รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ เป็นรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ (SFR) เป็นรีจิสเตอร์สำหรับ การควบคุมหน้าที่ และการทำงานของอุปกรณ์หรือพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทั้งหมด ตำแหน่งของรีจิสเตอร์เหล่านี้จะจัดอยู่ในบริเวณแอดเดรส 80H - FFH การใช้งานรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษเหล่านี้สามารถทำได้ทั้งการระบุชื่อของรีจิสเตอร์ หรือตำแหน่งแอดเดรส ที่เป็นของรีจิสเตอร์นั้นก็ได้ การจัดพื้นที่หน่วยความจำสำหรับรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษเหล่านี้ โดยมีข้อสังเกตว่ารีจิสเตอร์ที่อยู่ในตำแหน่งแอดเดรสที่มีจำนวนเป็นทวีคูณของค่า 8 จะสามารถอ้างถึงในระดับบิตได้ด้วย (นั่นคือแอดเดรส 80H 88H 90H A0H A8H B0H B8H D0H E0H และ FOH) -แอกคิวมูลเตอร์ (Accumulator) หรือ ACC เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลที่จะส่งให้กับหน่วยงานภายในหน่วยประมวลผลกลาง และเก็บผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานเท่านั้น การทำงานของรีจิสเตอร์นี้มีลักษณะเช่นเดียวกับตัวแอกคิวมูลเตอร์ของโปรเซสเซอร์ทั่วไป การใช้งานในโปรแกรมซึ่งใช้เรียกเป็น รีจิสเตอร์ A

6. ชุดคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ประกอบด้วยคำสั่งทั้งหมดจำนวนมาก ซึ่งนำมาแสดงไว้ในตารางของชุดคำสั่งต่างๆ ซึ่งสามารถจะจัดกลุ่มคำสั่งเหล่านี้ตามลักษณะและหน้าที่การทำงานที่คล้ายคลึงกัน เพื่อความสะดวกต่อการศึกษา ทำความเข้าใจและใช้งาน ดังนี้

6.1. กลุ่มการถ่ายเทข้อมูล คือ กลุ่มคำสั่งในการโอนย้ายข้อมูล ทำหน้าที่ในโอนย้ายข้อมูลระหว่างรีจิสเตอร์ หรือหน่วยความจำภายในแรม โดยมีรายละเอียดดังนี้ ชุดคำสั่งในการถ่ายเทแรม ภายในนั้น ซึ่งเวลาที่ใช้ในหนึ่งคำสั่งนั้น จะเป็นเวลาเมื่อขณะที่ความถี่ในการทำงานของหน่วยประมวลผลกลาง ที่ความถี่ 12 เมกะเฮิร์ตซ์ และรายละเอียดของแต่ละคำสั่งมีดังนี้ MOV :จะทำงานในลักษณะเป็นการถ่ายเทข้อมูลที่มิขนาดเป็นไบต์ หรือ บิตก็ได้ จากแหล่งกำเนิดเข้าสู่ตัวรับข้อมูลในฟิลด์โอเปอร์แรนด์ PUSH:จะทำงานโดยเพิ่มค่ารีจิสเตอร์ SP ก่อนแล้วจึงทำการถ่ายเทข้อมูล 1 ไบต์จากแหล่งกำเนิดไปบริเวณสแต็กตามตำแหน่งที่รีจิสเตอร์ SP กำหนด POP:การถ่ายเทข้อมูลขนาด 1 ไบต์จากบริเวณตำแหน่งที่รีจิสเตอร์ SP กำหนดไปยังรีจิสเตอร์ที่โอเปอร์แรนด์ กำหนดและหลังจากนั้นรีจิสเตอร์ SP จะลดค่าลง XCH:คำสั่งแลกเปลี่ยนไบต์ระหว่างแหล่งกำเนิดโอเปอร์แรนด์กับรีจิสเตอร์ AXCHD คำสั่งในการแลกเปลี่ยนขนาดนิบเบิลทางอันดับต่ำของแหล่งกำเนิดโอเปอร์แรนด์กับนิบเบิลอันดับต่ำลงของแอกคิวมูลเตอร์ ตัวอย่างเช่นทำการเลื่อนข้อมูลไป 2 ไบต์ทางขวามือซึ่งจะมี 2 วิธีคือใช้คำสั่ง MOV หรือใช้คำสั่ง XCH

6.2. กลุ่มคำสั่งทางคณิตศาสตร์ เช่น การบวก ลบ คูณ และหารข้อมูลภายในตัวรีจิสเตอร์ต่างๆ ช่วงเวลาการทำงาน ของแต่ละคำสั่งนั้นจะกำหนดที่ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่ 12 เมกะเฮิร์ตซ์ คำสั่งทางคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่ใช้เวลา 1 ms ยกเว้นคำสั่ง INC DPTR ซึ่งใช้เวลา 2 ms โดยที่คำสั่งการคูณและหารใช้เวลา 4 ms โดยมีรายละเอียดการใช้คำสั่งมีดังนี้ INC:เป็นการบวกหนึ่งกับโอเปอร์แรนด์และใส่ค่าใหม่กลับเข้าที่ตัวโอเปอร์แรนด์นั้นๆ DEC:เป็นการลบออกจากตัวเลขที่อยู่ในแหล่งกำเนิดโอเปอร์แรนด์ และนำผลลัพธ์ที่ได้มาเก็บไว้ที่ตัวโอเปอร์แรนด์นั้น ADD:เป็นการบวกในแอกคิวมูลเตอร์เข้ากับค่าในแหล่งกำเนิดโอเปอร์แรนด์ ADDC:เป็นการบวกค่าต่างๆ ในแอกคิวมูลเตอร์เข้ากับค่าในแหล่งกำเนิดโอเปอร์แรนด์และบวกกับบิตทดด้วย SUBB:เป็นการนำเลขที่แหล่งกำเนิดโอเปอร์แรนด์ ลบออกจากตัวเลขใน A และนำค่าบิตตัวทดมาลบออกอีกและผลลัพธ์ที่ได้นำมาใส่ลงในแอกคิวมูลเตอร์ A MUL:เป็นการคูณแบบไม่คิดตัวเครื่องหมายของตัวเลขที่อยู่ใน แอกคิวมูลเตอร์กับเลขใน รีจิสเตอร์ B แล้วได้ผลลัพธ์ 2 ไบต์นำมาเก็บไว้ที่ AB โดย A จะรับอันดับต่ำส่วน B จะรับอันดับสูง DIV:เป็นคำสั่งในการหารแบบไม่คิดเครื่องหมายที่อยู่ในแอกคิวมูลเตอร์แล้วหารตัวเลขในรีจิสเตอร์ B แล้วนำผลลัพธ์ไปเก็บในแอกคิวมูลเตอร์และเศษ

ของการหารตัวเลข จะเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ B DA: สำหรับการบวกกันทางตัวเลข BCD เป็นการปรับค่ารวม ซึ่งเป็นผลมาจากการบวกกันทางไบนารีของระบบตัวเลข BCD ขนาด 2 หลักสองจำนวน การปรับค่าตัวเลขผลรวมด้วยการใช้คำสั่ง DA จะได้ผลลัพธ์กลับมาที่แอกคิวมูลเตอร์

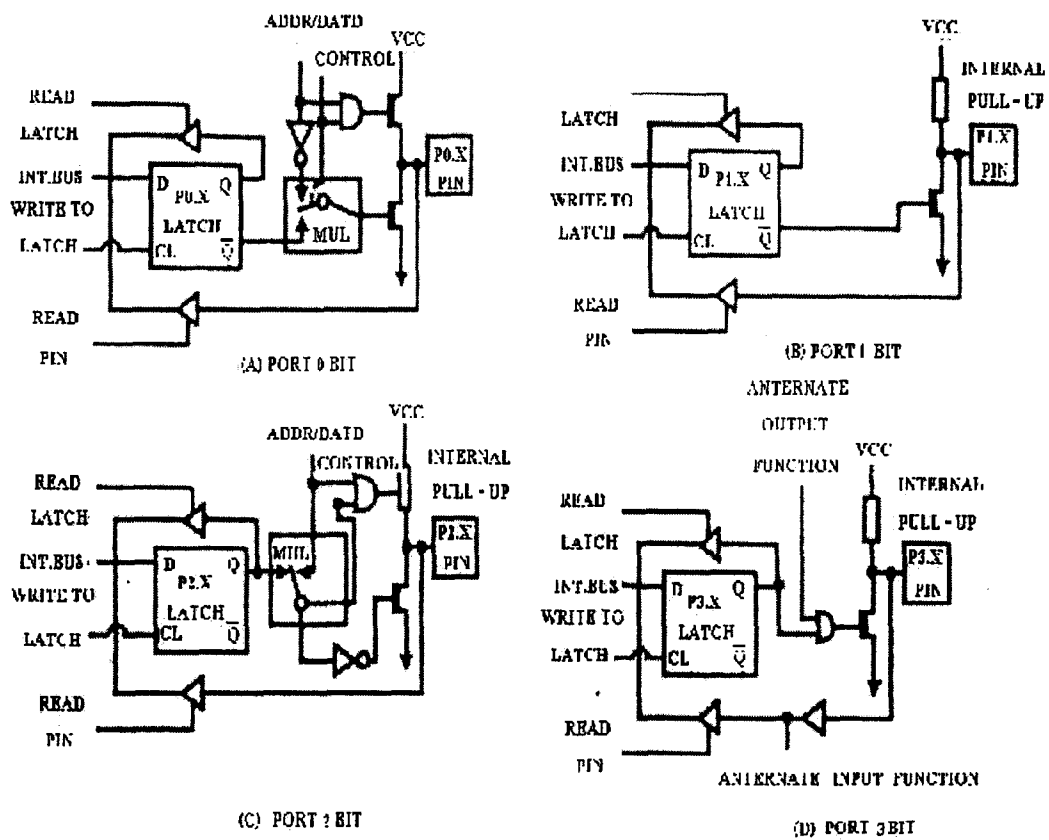
6.3. กลุ่มคำสั่งทางตรรกศาสตร์หรือ แบบลอจิก ทำหน้าที่เกี่ยวกับการประมวลผลแบบ ลอจิก ต่างๆ เช่น การ AND OR หรือ EX-OR ระหว่างข้อมูลในรีจิสเตอร์ A นั้นเอง โดยมีการใช้คำสั่งดังนี้ CPL:เป็นการใช้คำสั่งกลับค่าหรือคอมพลีเมนต์ ข้อมูลในแอกคิวมูลเตอร์จะไม่มีผลใดๆ ต่อค่าของแฟลก หรือการอ้างถึงตำแหน่งแอดเดรสนั้นตามบิตนั้นๆ RL, RLC, RR, RRC, SWAP:ทั้ง 5 คำสั่งนี้เป็นคำสั่งในการทำงาน การวนบิตบนตัวของแอกคิวมูลเตอร์ซึ่ง RL เป็นการวนบิตทางขวา, RLC เป็นการทำการวนทางซ้ายผ่านบิตทด, RRC เป็นการวนขวาผ่านบิตทด และ Swap เป็นการวนซ้ายสี่ครั้ง ANL:เป็นการ ADD กันทางตรรกศาสตร์ ระหว่างแหล่งกำเนิดสองโอเปอร์แรนด์ ซึ่งจะสั่งให้ทำงานในรูปแบบของตรรกศาสตร์ทางข้อมูล ขนาดเป็นไบต์หรือบิต

6.4. กลุ่มคำสั่งแบบบูลีนหรือแบบบิต ซึ่งเป็นความสามารถของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ที่จะดำเนินการประมวลผลแบบบิต แทนที่จะเป็นข้อมูลทั้งไบต์เช่นปกติ โดยมีชุดคำสั่งที่จัดการโดยตรงทุกคำสั่งจะเข้าถึงข้อมูลโดยตรงในระดับบิต โดยมีการบิตแอดเดรสได้ตั้งแต่ 00H - 7FH ในพื้นที่ 128 บิต หน่วยความจำข้อมูลภายในและบิตแอดเดรส 80H - FFH ในบริเวณกลุ่มรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ (SFR)

6.5. กลุ่มคำสั่งในการกระโดดไปยังตำแหน่งต่างๆภายในโปรแกรม ซึ่งจะเปลี่ยนลำดับของการประมวลผลภายในโปรแกรมไปยังส่วนต่างๆแทนที่จะดำเนินการไปเป็นลำดับ ต่อเนื่องโดยที่คำสั่ง JMP จะแบ่งเป็น 3 ลักษณะ คือ SJMP, LJMP, AJMP ซึ่งในแต่ละคำสั่ง จะมีข้อแตกต่างของการกระโดดไปยังแอดเดรสใกล้เคียงที่ต่างกัน คำสั่ง JMP ซึ่งเป็นแบบโมนิซิก ที่สามารถใช้ได้โดยมีรายละเอียดการใช้งานของคำสั่งดังต่อไปนี้ SMP:จะเป็นการกระโดดแบบการย้ายอันดับตำแหน่งของแอดเดรสตำแหน่งเดิมซึ่งจะสามารถกระโดดได้ -128 ถึง +127 ไบต์ AJMP:ลักษณะแบบนี้จะสามารถกระโดดได้ไกลสุดประมาณ 2 กิโลไบต์ ซึ่งจะใช้หน่วยความจำเพียง 2 ไบต์เท่านั้นในการกำหนด LJMP:ลักษณะแบบนี้จะสามารถกระโดดได้ไกลสุดประมาณ 64 กิโลไบต์ ซึ่งจะใช้หน่วยความจำเพียง 3 ไบต์เท่านั้นในการกำหนด JMP @A+DPTR:เป็นการควบคุมการกระโดดไปยังโปรแกรมที่ต้องการเฉพาะภายในส่วนต่างๆ

6.6. โครงสร้างการอินเตอร์รัปต์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51จากแผนภาพโครงสร้างระบบอินเตอร์รัปต์ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51สัญญาณที่เข้ามาทำการอินเตอร์รัปต์ MCS-51 นั้นเกิดขึ้นได้ห้าลักษณะ โดยจะเห็นได้ว่าสามารถที่จะกำหนดเลือกเพื่อยินยอม (หรืออีน่าเบิล : Enable) และห้าม (หรือดิสเอเบิล : Disable) ไม่ให้มีการอินเตอร์รัปต์แต่ละประเภทได้ โดยการกำหนดบิตของข้อมูลที่เกี่ยวข้องซึ่งมักจะอยู่ภายในรีจิสเตอร์ TCON และ SCON นอกจากนี้ยังมีตำแหน่งบิตภายในรีจิสเตอร์ IE (InterruptN Enable Register) ซึ่งทำหน้าที่เสมือนกับเป็นสวิตช์หลักที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ทั้งหมด หากว่ากำหนดไม่ให้เกิดการอินเตอร์รัปต์แล้วการกำหนดบิตเพื่อห้ามหรือยินยอมของแต่ละอินเตอร์รัปต์ก็จะไม่มีผลใดๆเกิดขึ้น ยังแสดงให้เห็นว่าสัญญาณอินเตอร์รัปต์แต่ละประเภทยังสามารถกำหนดระดับความสำคัญ (Priority) ของการอินเตอร์รัปต์ได้สองลักษณะ คือ ระดับความสำคัญสูงหรือต่ำ (High Or Low Priority) กล่าวคือขณะที่กำลังประมวลผลอยู่ภายในส่วนของโปรแกรมน้อยบริการอินเตอร์รัปต์ของสัญญาณที่มีระดับความสำคัญต่ำอยู่ ก็อาจจะถูกขัดจังหวะให้ไปประมวลผลของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่มีระดับความสำคัญสูงกว่าแต่หากว่าเป็นสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่มีระดับความสำคัญต่ำเช่นเดียวกันแล้ว ก็ต้องรอให้เสร็จสิ้นการประมวลผลที่ ดำเนินการอยู่ก่อน

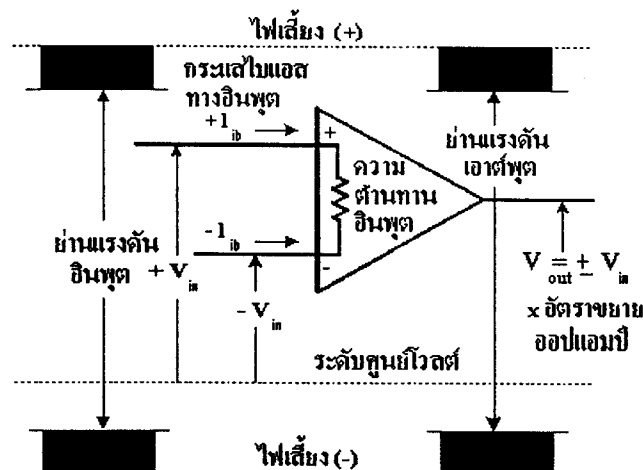
6.7. การรีเซตโดยความหมายของการรีเซตเป็นการบังคับให้มีการเริ่มต้นใหม่อีกครั้งหนึ่งซึ่งมักจะกระทำโดยการกำหนดสถานะของสัญญาณที่ขารีเซตของไอซี MCS-51 ให้เป็นระดับลอจิก ที่เหมาะสมเท่านั้น การรีเซตด้วยวิธีนี้ถือว่าการอินเทอร์รัปต์อย่างหนึ่งได้ แต่จะมีลักษณะต่างออกไปจากการอินเทอร์รัปต์ของสัญญาณนี้ได้ ซึ่งมีศัพท์เฉพาะเรียกว่า Non-Maskable Interrupt นอกจากนี้การดำเนินการของโปรแกรมก็แตกต่างออกไปด้วย โดยจะไม่มีการเก็บค่าของคำสั่งที่กำลังจะไปทำในลำดับต่อไปภายในรีจิสเตอร์ PC เมื่อมีการรีเซตเกิดขึ้นโปรแกรม จะถูกสั่งให้กระโดดไปยังแอดเดรส 0000 ทันทึ ซึ่งตำแหน่งนี้จะเป็นตำแหน่งเริ่มต้นของการทำงานของไมโคร-คอนโทรลเลอร์ MCS-51 เมื่อเริ่มจ่ายไฟให้กับระบบเมื่อใดก็ตามที่มีการรีเซตเกิดขึ้นค่าสถานะต่างๆ ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะถูกกำหนดกลับไปเป็นค่าเริ่มต้นใหม่อีกครั้ง



ภาพประกอบ 25 แสดงโครงสร้างของแต่ละพอร์ตในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51
 (<http://come.to/nakon> July.2002)

ออปแอมป์ (Operation Amplifier)

วงจรรขยายทั่ว ๆ ไป ที่ใช้ขยายสัญญาณทางไฟฟ้านั้นเราคงพอรู้จักดี แต่มีวงจรรขยายชนิดหนึ่งที่รวบรวมคุณสมบัติที่ดีเยี่ยมของวงจรรขยายทั่วไปไว้ในตัวมันเราให้ชื่อวงจรรขยายนั้นว่า ออปเปอร์เรชันนัล แอมพลิฟายเออร์ (Operational Amplifier) คำว่าออปเปอร์เรชันนัล แอมพลิฟายเออร์ (เรียกย่อ ๆ ว่าออปแอมป์) เริ่มแรก ที่เดียวใช้เรียกเฉพาะวงจรรขยายสัญญาณความแตกต่างที่มีคุณสมบัติที่ดีเยี่ยมที่ออกแบบเพื่อใช้ในนาฬิกาคอมพิวเตอร์ ออปแอมป์ ดังกล่าวถูกใช้ให้ทำการคำนวณทางคณิตศาสตร์ เช่น การบวก การลบ การคูณด้วยตัวคงที่ และการรวมสัญญาณแบบต่อเนื่อง เป็นต้น ซึ่งราคาในสมัยนั้นยังแพงมาก ในระยะหลังได้มีผู้ผลิตออปแอมป์เป็นตัวไอซีที่มีขนาดเล็กและราคาถูกลง จึงมีผู้นิยมใช้กันมากขึ้น ประโยชน์ของออปแอมป์จึงเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วยออปแอมป์ยังเหมาะที่จะนำมาใช้สร้างฟังก์ชันต่าง ๆ เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า หรือใช้ออปแอมป์ทำ การจำลองรูปแบบวงจรหรืออุปกรณ์เครื่องมือใช้เพื่อศึกษาหรือออกแบบได้เป็นอย่างดี จึงกล่าวได้ว่า ออปแอมป์เป็นอุปกรณ์ไอซีที่เป็นที่รู้จักกันได้ดี ออปแอมป์ (Operational Amplifier) เป็นไอซี (Integrated Circuit) ที่ทำหน้าที่ได้สารพัดประโยชน์ แต่โดยพื้นฐานแล้วออปแอมป์ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อขยายสัญญาณ สัญลักษณ์และชื่อขาใช้งานพื้นฐานของ ออปแอมป์แสดงดังรูปที่ 1 ออปแอมป์มีขาใช้งานพื้นฐานอยู่ 3 ประเภทคือ มีอินพุต 2 อินพุตคือ อินพุตกลับเฟส (Inverting Input) และขาอินพุตไม่กลับเฟส (Non-Inverting Input) มีเอาท์พุต 1 เอาท์พุต และขาต่อไฟเลี้ยง



ภาพประกอบ 26 สัญลักษณ์และชื่อขาใช้งานพื้นฐานของออปแอมป์

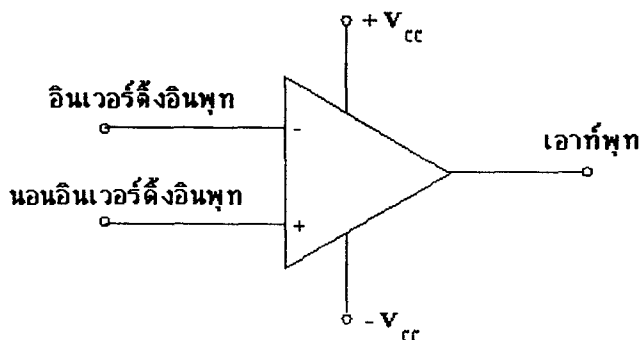
(<http://203.154.220.127/~elec2/paraopamp.php>.19 May2003)

คุณสมบัติในทางอุดมคติของออปแอมป์

- (ก) มีอัตราขยายแรงดัน
- (ข) มีค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ หรือค่าความต้านทานทางอินพุตเป็นอนันต์ กระแสอินพุตมีค่าเท่ากับศูนย์
- (ค) มีค่าเอาท์พุตอิมพีแดนซ์เป็นศูนย์
- (ง) สามารถตอบสนององความถี่ได้ตั้งแต่ระดับไฟตรงไปจนถึงความถี่ที่มีค่าเป็นอนันต์

ความหมายของพารามิเตอร์ต่างๆที่เกี่ยวข้อง

จากรูปแสดงพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องของตัวออปแอมป์ ความหมายของพารามิเตอร์แต่ละตัวมีดังนี้
 ไฟเลี้ยง : ออปแอมป์โดยส่วนใหญ่ถูกออกแบบให้สามารถใช้งานกับไฟเลี้ยงคู่ โดยปกติจะมีค่า อยู่ที่ 15 โวลต์
 แต่ถ้าเป็นไฟเลี้ยงสูงสุดผู้ผลิตจะเผื่อไว้ให้มากกว่าค่าที่ใช้งานปกติประมาณแรงดันออฟเซตที่อินพุต (VOS) :
 คือค่าแรงดันที่ป้อนเข้าขาอินพุตของออปแอมป์โดยผ่านตัวต้านทาน 2 ตัว ที่มีค่าเท่ากัน แล้วทำให้แรงดัน
 เอาท์พุตมีค่าเป็นศูนย์กระแสออฟเซตที่อินพุต (IOS) : คือค่าความแตกต่างของกระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้ามาทาง
 อินพุตของ ออปแอมป์ เมื่อแรงดันเอาท์พุตมีค่าเท่ากับศูนย์ ปกติมีค่าอยู่ประมาณ 0.0008-0.5 ไมโครแอมป์
 กระแสไบแอสที่อินพุต (Iib) : คือกระแสที่ไหลเข้ามาทางอินพุตทั้งสองของออปแอมป์โดยปกติจะมีค่าต่ำมาก
 ตั้งแต่ 50 พิโกแอมป์-0.1 ไมโครแอมป์ ออปแอมป์ส่วนใหญ่จะมีภาคต้น ๆ ประกอบด้วยวงจรรขยายแตกต่าง
 อาจจะสอง-สามภาคเชื่อมต่อกันเพื่อให้มีอัตราขยายสูง ๆ ซึ่งจำเป็นจะต้องมีแหล่งจ่ายไฟทั้งบวกและลบ วงจร
 ขยายความแตกต่างมีสองอินพุตทำให้ขั้วเอาท์พุตสามารถเลือกได้ทั้งแบบมีการกลับเฟสและไม่กลับเฟส
 ในการใช้งานออปแอมป์มักจะมีการป้อนกลับแบบลบจากขั้วเอาท์พุตมายังขั้วลบ (Inverting Input) ด้วยตัวต้าน
 ((แทนหรืออิมพีแดนซ์เพื่อควบคุมอัตราขยายและผลตอบความถี่ให้ได้ที่ต้องการเช่นเดียวกับวงจรรขยายทั่ว
 ๆ ไป สัญญาณที่เข้าอินพุตและออกมาที่เอาท์พุตจะมีการเลื่อนเฟส (นอกเหนือจากการกลับเฟส) อัตราการ
 เลื่อนเฟสนี้จะขึ้นกับความถี่ ในกรณีที่การเลื่อนเฟสมากขึ้นจนเป็น 180 องศา เฟสค่านี้อาจจะไปรวมกับการกลับ
 เฟส 180 องศา ซึ่งจะทำให้เกิดการป้อนกลับแบบเสริมกัน (แทนที่จะเป็นแบบลบ) วงจรรขยายในสภาวะเช่นนี้
 จะไม่มีเสถียรภาพ จะเกิดออสซิลเลทที่ความถี่ที่ทำให้การป้อนกลับแบบเสริม การที่เฟสเลื่อนมากขึ้นเมื่อ
 ความถี่สูง ๆ นี้จะจำกัด แแถบความถี่ของออปแอมป์ วิธีแก้จะทำโดยเพิ่มวงจรรชดเซยเฟสเข้าไป วงจรรชด
 เซยเฟสส่วนมากจะประกอบ ด้วยตัวต้านทานกับตัวเก็บประจุ หรืออาจจะเป็นตัวเก็บประจุอย่างเดียว การต่อ
 แหล่งจ่ายไฟเข้ากับตัวไอซี ไอซีส่วนใหญ่มักจะใช้แหล่งจ่ายไฟ 2 ชุด คือบวกและลบเพื่อจ่าย ให้กับวงจรรขยาย
 ความแตกต่างค่าแรงดันทั้งสองมักจะเท่ากัน เช่น +9 กับ -9 โวลต์ สำหรับ ออปแอมป์ในรูปแบบที่ 2 ใช้ไฟ + 18
 และ -18 โวลต์ออปแอมป์มีผิดกับทรานซิสเตอร์ตรงที่ขั้วกราวด์มีได้บอกมาให้ต่อที่ใด ดังนั้นในการต่อแหล่ง
 จ่ายไฟ เราเอาขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟตัวหนึ่งและขั้วลบของอีกตัวหนึ่งต่อเข้ากับตัวไอซี ขั้วที่เหลือรวมเข้า
 ด้วยกันแล้วต่อลงขั้วกราวด์หรือสายร่วมดังแสดงใน ภาพประกอบ 27



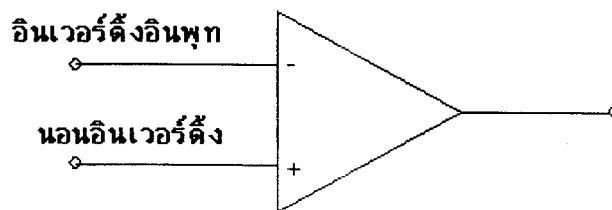
ภาพประกอบ 27 การต่อแหล่งจ่ายไฟกับตัวไอซี

(<http://203.154.220.127/~elec2/paraopamp.php>.19 May2003)

จากภาพประกอบ 27 สังเกตว่ามีตัวเก็บประจุต่อเพื่อตัดปลั๊งของแหล่งจ่ายไฟ ตัวเก็บประจุทั้ง 2 ตัวนี้จะต้อง ต่อให้ขีดขั้วของไอซีมากที่สุดไม่ใช่ต่อกับแหล่งจ่ายไฟ และควรใช้ชนิดดีสค์เซรามิก ค่าอยู่ในระหว่าง 0.001 ถึง 0.1 ไมโครฟารัดนอกจากนี้ไอซีบางชนิดที่เป็นกระป๋องโลหะ (Metal Case) ตัวกระป๋องควรจะต้องกับ ขั้วใดขั้วหนึ่งของ วงจร ถ้าเป็นเช่นนั้นในการยึดตัวไอซีจะต้องไม่ยึดหรือติดกับจุดอื่นที่มีแรงดันต่างกัน เช่น ถ้ากระป๋องต่อกับขั้วของไฟลบของแหล่งจ่ายไฟ -18 โวลท์ ถ้ายึดไอซีติดกับแท่นที่เป็นกราวด์อาจจะทำให้ ไอซีเกิดการเสียหายได้ อย่างไรก็ตามไอซีบางแบบเท่านั้นที่เป็นกระป๋องโลหะและบางแบบตัวกระป๋องก็ไม่ได้ต่อกับอะไรเลย เพราะฉะนั้นการใช้งานควรพิจารณาให้แน่นอนเสียก่อน

รูปร่างของไอซี

รูปร่างของไอซีจะมีรูปร่างตัวถัง (Package) เป็นรูปแบบมาตรฐาน ตัวถังชนิดเซรามิกมีข้อดีกว่าชนิดกระป๋อง TO-5 ตรงที่เป็นเซรามิกเป็นฉนวนไฟฟ้าอยู่แล้วจึงไม่มีปัญหาการฉนวน (Insulte) ตัวถังนอกจากนี้ยังทนความร้อนได้สูงกว่าชนิดพลาสติกด้วย อย่างไรก็ตามตัวถังแบบเซรามิกก็มีราคาแพงกว่าในการออกแบบหรือทดลองเกี่ยวกับไอซีควรจะใช้ต่อกับซอกเก็ต เพื่อความสะดวกในการเปลี่ยนซึ่งไม่ต้องบัดกรีใหม่ และไม่ทำให้ ไอซีร้อน ซอกเก็ต (Socket) ที่ใช้ควรเหมาะสมกับรูปร่างตัวถังของ ไอซี

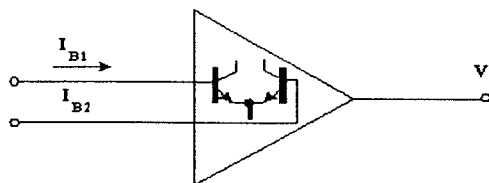


ภาพประกอบ 28 สัญลักษณ์ของไอซีออปแอมป์

(<http://203.154.220.127/~elec2/paraopamp.php>.19 May2003)

สเปคที่ใช้ในเรื่องออปแอมป์

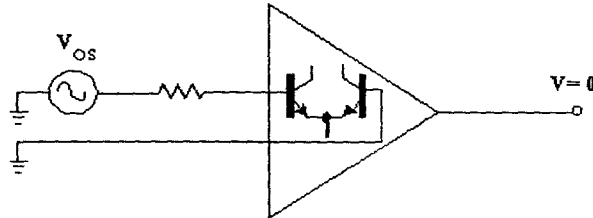
ก่อนที่จะเข้าใจการใช้งานของออปแอมป์และวิเคราะห์การทำงานของออปแอมป์เราจำเป็นต้องรู้เกี่ยวกับสเปค ที่ใช้งานสำหรับตัวออปแอมป์ กระแสไบแอสที่อินพุต (IB) คือกระแสอินพุตที่เข้าไปยังขาอินพุตของออปแอมป์ โดยปกติออปแอมป์ มีขาอินพุต 2 ขา ดังนั้นเราจึงกำหนดเป็นกระแสเฉลี่ยและกำหนดเป็น $IB = IB1 + IB2/2$ โดยปกติค่ากระแสไบแอสนี้มีค่าน้อยมากอยู่ในช่วง 0.05-100nA



ภาพประกอบ 29 แสดงการหากระแสไบแอสที่อินพุต

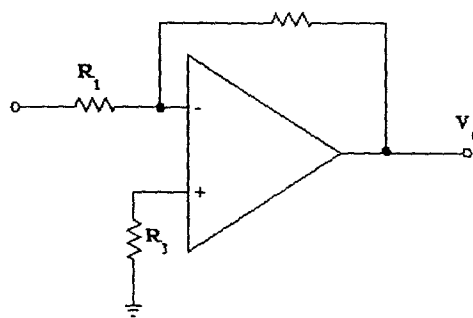
(<http://203.154.220.127/~elec2/paraopamp.php>.19 May2003)

กระแสออฟเซตที่อินพุต (IOS) คือค่าความแตกต่างของกระแสที่ไหลเข้าทางอินพุตของออปแอมป์ เมื่อแรงดันที่เอาต์พุตมีค่าเป็นศูนย์หรือ $IOS = IB1 - IB2$ ค่ากระแสออฟเซตจะมีค่าอยู่ในช่วง 0.8 - 500 nA แรงดันออฟเซตที่อินพุต (VOS) คือค่าแรงดันที่จะต้องป้อนเข้าที่อินพุตของออปแอมป์ผ่านตัวต้านทาน ที่เท่ากันสองตัว เป็นผลทำให้แรงดันเอาต์พุตมีค่าเป็นศูนย์ดังแสดงใน ภาพประกอบ 30



ภาพประกอบ 30 แสดงการหาแรงดัน VOS ของออปแอมป์ที่อินพุต
(<http://203.154.220.127/~elec2/paraopamp.php>. 19 May2003)

อินพุตอิมพีแดนซ์ (ZIN) ค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ของออปแอมป์คือค่าอัตราการผลิตของแรงดัน อินพุตเมื่อคิดเทียบกับอัตราการผลิตของกระแสอินพุต โดยปกติค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ของออปแอมป์ จะมีค่าราวๆถึงเอาต์พุตอิมพีแดนซ์ (ZO) คือค่าอัตราการผลิตของแรงดันเอาต์พุตเมื่อเทียบกับอัตราการผลิตของกระแสเอาต์พุต โดยปกติจะมีค่าราว ๆ 0.75-1,000 ผลตอบสนองต่อความถี่ คือค่าความถี่ที่ตัวออปแอมป์ยังสามารถทำงานได้ โดยทั่วไปมักจะกำหนดได้หลายแบบ แต่แบบที่นิยมกันมากคือกำหนดด้วยความถี่คัทออฟหรือความถี่ 3 dB การประยุกต์ใช้งานออปแอมป์ การขยายแบบกลับเฟส (Inverting Amplifier) เราสามารถกำหนดอัตราขยายได้ตามใจชอบด้วยการป้อนกลับ และวงจรขยายแบบกลับเฟสดังแสดงใน ภาพประกอบ 31

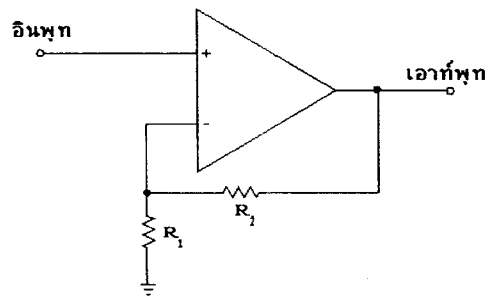


ภาพประกอบ 31 วงจรขยายแบบกลับเฟส

(<http://203.154.220.127/~elec2/paraopamp.php>. 19 May2003)

จากภาพประกอบ 31 อัตราขยายของวงจรสามารถคำนวณได้ด้วยอัตราส่วนของค่า R_2/R_1 นั่นคือ แรงดันเอาต์พุต จะมีค่าเท่ากับผลคูณของ R_2/R_1 กับแรงดันอินพุต สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จะอยู่ในลักษณะมี เฟสกลับกับอินพุตเพราะเราทำการป้อนสัญญาณเข้าทางอินเวอร์ตติ้งอินพุตส่วนหนึ่งซึ่งจะต้องทำคือค่า R_3 ควรจะเลือกให้มีค่าใกล้เคียงกับค่าของ R_1 และ R_2 ขนานกัน เพื่อชดเชยการผิดพลาดเนื่องจากแรงดันออฟเซตที่เกิดขึ้นจากกระแสไบแอสโดยปกติถ้าป้อนอินพุตเป็นสัญญาณไฟสลัป เอาต์พุตที่ได้จะขึ้นอยู่กับอินพุต จะเห็นได้ว่าผลตอบ สนองต่อความถี่ของออปแอมป์ก็มีส่วนสำคัญ ดังนั้นในการใช้งานจึงต้องระวังไม่ให้เกิน ขอบเขตทางด้าน ความถี่ โดยปกติอาจจะกำหนดค่าไว้ในรูปแบบของผลคูณของอัตราขยายต่อความถี่ที่ค่าสูงสุดไว้

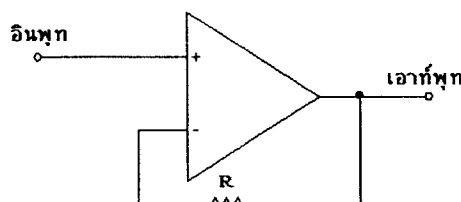
วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส เป็นวงจรขยายซึ่งมีค่าความต้านทานอินพุตสูงมากและอัตราขยายแรงดันของวงจรจะกำหนดด้วยค่าตัวต้านทาน โดยจะเท่ากับค่าอัตราส่วนระหว่าง $R_1 + R_2$ กับ R_1 สิ่งที่ทำให้วงจรนี้แตกต่างจากวงจรขยายชนิดกลับเฟสคือเอาต์พุตที่เกิดขึ้นจะมีเฟสเดียวกับสัญญาณอินพุต นอกจากนี้ วงจรนี้ยังให้ค่าความต้านทานอินพุตสูงมากในขณะที่อินพุตอยู่ลอย ๆ เฉย ๆ จะเห็นได้ว่าจะทำให้เอาต์พุต เกิดการอ้อมตัวทันทีที่นั้นหมายความว่าระดับแรงดันเอาต์พุตจะเป็นค่าเท่ากับแรงดันไฟเลี้ยงด้านบวกทันทีที่วงจร บัพเฟอร์ ลักษณะพิเศษของวงจรบัพเฟอร์ คือการให้อัตราขยายเท่ากับ 1 ใช้เป็นตัวกันชนหรือบัฟเฟอร์ ระหว่างสองวงจรที่ต้องการจะต่อเชื่อมถึงกัน



ภาพประกอบ 32 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส

(<http://203.154.220.127/~elec2/paraopamp.php>, 19 May 2003)

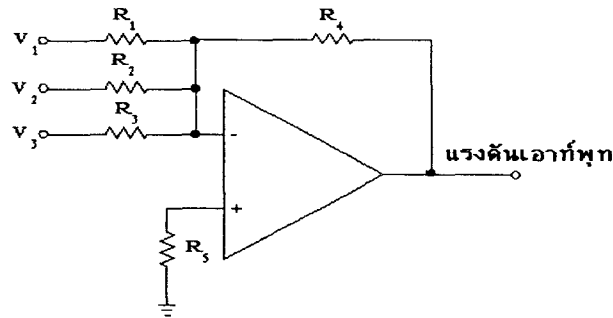
วงจรถูกกล่าวนี้จะให้ค่าความต้านทานอินพุตสูงมากดังนั้นเมื่อต่อเป็นโหลดของวงจรอื่น ๆ ก็ไม่ทำให้แรงดันเอาต์พุตของวงจรที่จ่ายแรงดันให้มันตกลงได้และในทำนองเดียวกันเมื่อนำไปขับวงจรอื่นก็สามารถจ่ายกระแสไปให้วงจรอื่นได้โดยไม่ทำให้ระดับแรงดันเอาต์พุตของออปแอมป์ตกเพราะเนื่องจากออปแอมป์มีค่าความต้านทานเอาต์พุตต่ำมาก



ภาพประกอบ 33 วงจรบัพเฟอร์ (<http://203.154.220.127/~elec2/paraopamp.php>, 19 May 2003)

วงจรขยายผลบวกของสัญญาณ คือวงจรขยายกลับเฟสที่ใช้ในกรณีพิเศษวงจรนี้จะให้เฟสที่เอาต์พุตกลับกับอินพุตแต่แรงดันที่ได้ที่เอาต์พุตจะมีค่าเทียบเท่ากับผลบวกทางพีชคณิตของผลที่ได้จากการขยายสัญญาณอินพุตแต่ละอัน เช่น แรงดันเอาต์พุตเนื่องจาก V_1 จะมีค่าเป็น $V_1 R_4/R_1$ แรงดันเอาต์พุตเนื่องจาก V_2 เป็น $V_2 R_4/R_2$ และสำหรับ V_3 เป็น $V_3 R_4/R_3$ หรือแรงดันที่เอาต์พุตเขียนเป็นรูปสมการได้

$$V_O = (R_4/R_1) V_1 + (R_4/R_2) V_2 + (R_4/R_3) V_3$$



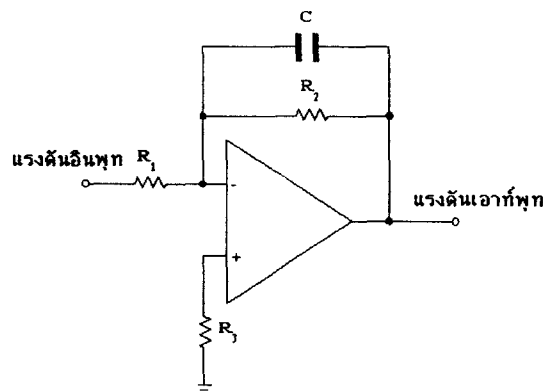
ภาพประกอบ 34 วงจรขยายสัญญาณผลบวก

(<http://203.154.220.127/~elec2/paraopamp.php>. 19 May2003)

วงจรขยายสัญญาณผลต่าง วงจรขยายสัญญาณผลต่างแสดงให้เห็นภาพประกอบ 10 โดยตัววงจรเป็นส่วนประกอบที่สมบูรณ์ของวงจรขยายสัญญาณผลบวกโดยจะสามารถนำเอาแรงดันสองแรงดันมาหักล้างกันได้จากภาพประกอบ 10 ถ้าเรากำหนดได้ $R_1 = R_3$ และ $R_2 = R_4$ แล้วค่าแรงดันเอาต์พุตที่ได้จะมีค่าดังนี้

$$V_O = (R_2/R_1)(V_2 - V_1)$$

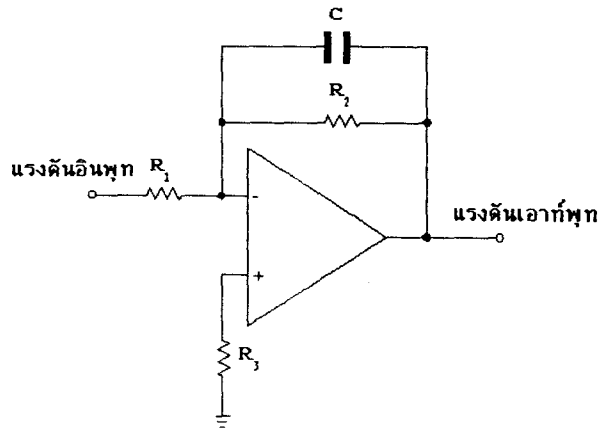
วงจรนี้สามารถประยุกต์ใช้งานได้มีลักษณะเป็นวงจรเปรียบเทียบสัญญาณความแตกต่างหรือใช้ตารางสอบระดับแรงดันสองค่าได้ วงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำผ่านแบบเบื่องต้น วงจรกรองสัญญาณเป็นวงจรที่ใช้โอปแอมป์เข้าไปมีส่วนอยู่มาก



ภาพประกอบ 35 วงจรขยายสัญญาณผลต่าง

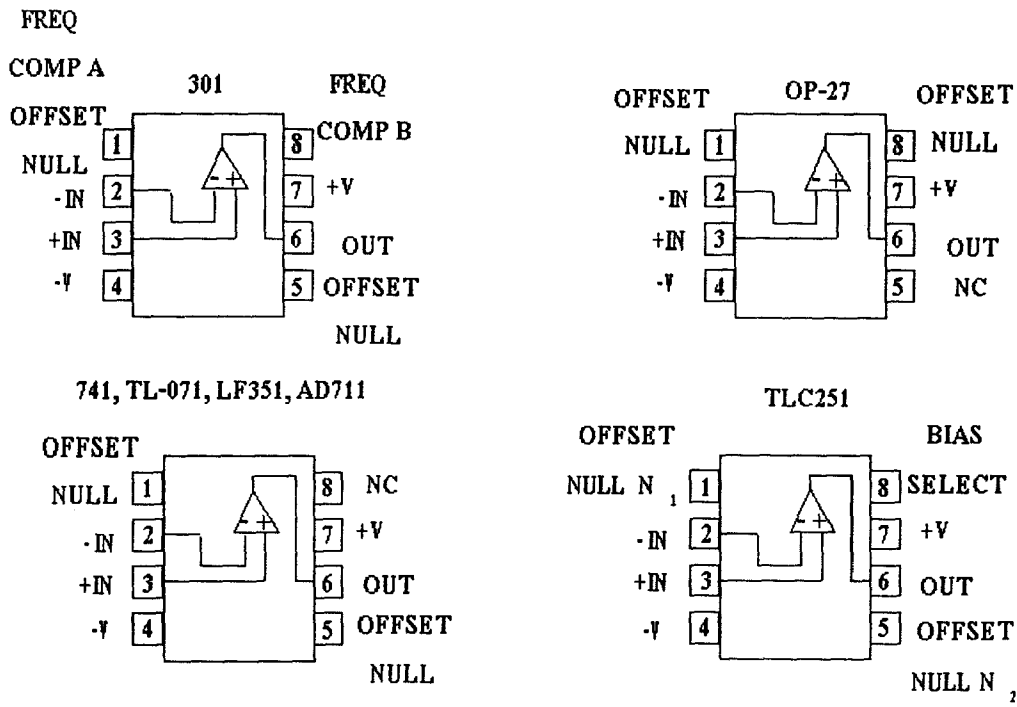
(<http://203.154.220.127/~elec2/paraopamp.php>. 19 May2003)

วงจรรองสัญญาณความถี่ต่ำผ่านโดยใช้ออปแอมป์ จากลักษณะของวงจรจะเห็นว่าส่วนการป้อนกลับของวงจรจะประกอบด้วยวงจรที่มีตัวต้านทานและตัวเก็บประจุต่อขนานกันอยู่ โดยการกำหนดความถี่ -3 dB หมายความว่าถ้าความถี่อินพุตมีค่าน้อยกว่าความถี่นี้จะทำให้เอาต์พุตปรากฏสัญญาณออกมาได้ และถ้าหากว่าป้อนอินพุตให้ค่าความถี่ต่ำมากกว่าความถี่นี้แล้วจะทำให้เกิดการบั่นทอนสัญญาณลงไป



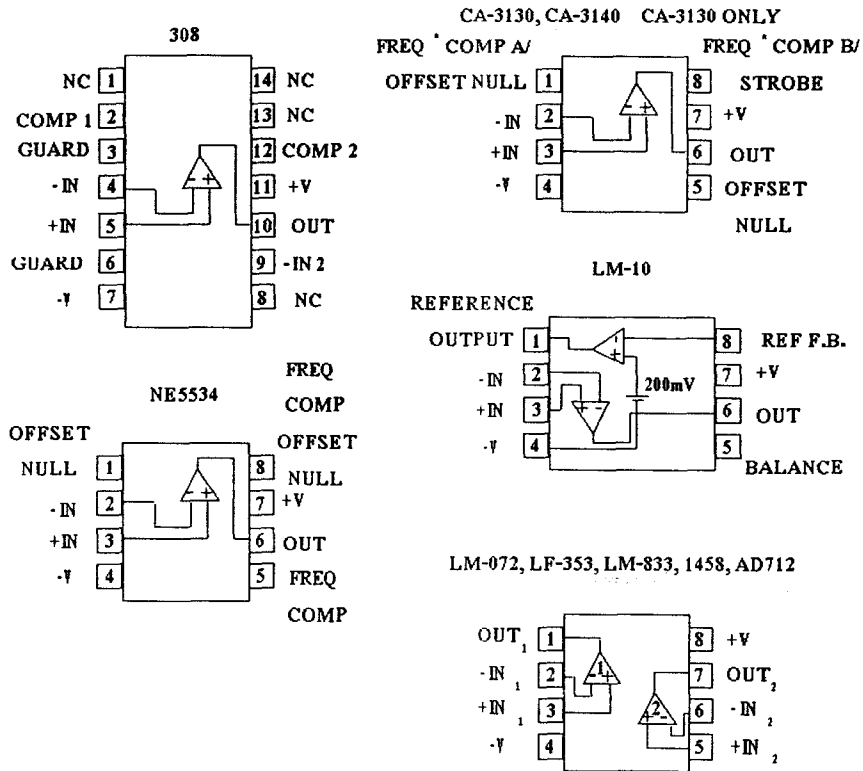
ภาพประกอบ 36 วงจรรองสัญญาณความถี่ต่ำผ่าน

(<http://203.154.220.127/~elec2/paraopamp.php>. 19 May2003)



ภาพประกอบ 37 ตัวอย่างการจัดขาของออปแอมป์

(<http://203.154.220.127/~elec2/paraopamp.php>. 19 May2003)



ภาพประกอบ 38 วงจรออปแอมป์พื้นฐาน

(<http://203.154.220.127/~elec2/paraopamp.php>. 19 May 2003)

วงจรเปรียบเทียบ Comparator คือวงจรที่เราใช้ในการตรวจสอบ voltage ของ input หนึ่งว่ามีขนาดสูงหรือต่ำกว่าอีก input หนึ่ง ดังรูป แสดงพื้นฐานของวงจร Comparator โดยการใช้ Op-Amp

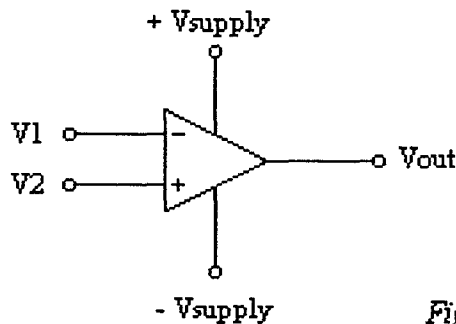


Figure 1

ภาพประกอบ 39 แสดงพื้นฐานของวงจรเปรียบเทียบ Comparator โดยการใช้ Op-Amp

ถ้าหากว่ามีการแตกต่างของ voltage ของ V1 และ V2 ในขณะใดๆแล้ว จะทำให้ Op-Amp นั้นเกิดการทํางาน ในสถานะ situation ซึ่ง Vout ของ Op-Amp ก็จะมีเฟสตาม ความแตกต่างของ V1 และ V2

ตัวอย่าง ถ้าหากเราต้องการที่จะ detect สัญญาณที่เข้ามาทาง input ว่าเมื่อใดสัญญาณที่เข้ามามี voltage ที่ สูงกว่า 0 V ดังนั้นเราต้องนำ input ด้านหนึ่งต่อกับ 0 V ไว้เพื่อเป็นแรงดันอ้างอิงดังรูป ซึ่งใช้ขา inverting ของ Op-Amp ต่อกับ ground ส่วน non-inverting เป็นสัญญาณ Vin ที่เข้ามา

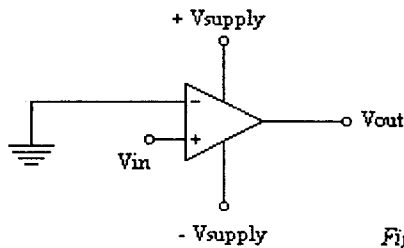


Figure 1

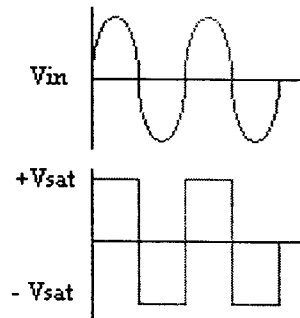


Figure 2

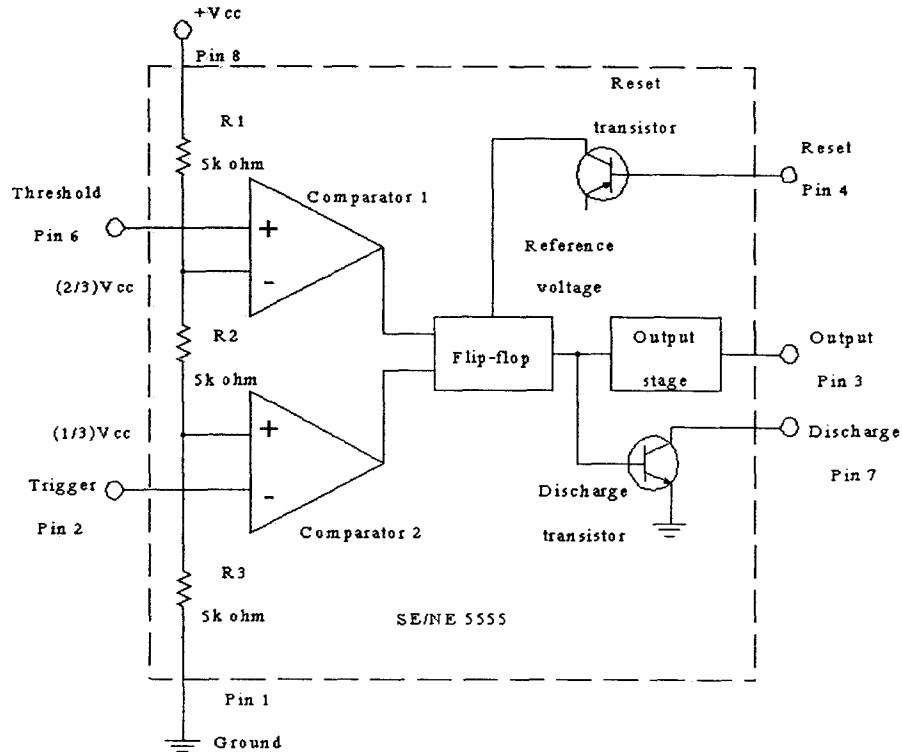
ภาพประกอบ 40 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณของรูปคลื่น Vin,+Vsat และ -Vsat

เมื่อใดก็ตามที่สัญญาณ vin ที่ขา non- inverting เข้ามามีแรงดันเป็นบวกมากกว่า 0 V แรงดัน output ของ Op-Amp ก็จะมีแรงดัน +Vsat ,ถ้าหากสัญญาณ vin เข้ามาเป็นแรงดันด้านลบ output ของ Op-Amp ก็จะเป็น -Vsat (ค่าของ Vsat จะมีค่าจำกัดโดยขึ้นกับค่า Vsupply ที่จ่ายให้กับ Op-Amp)เป็นตัวอย่างการใช้งานง่ายๆ ของ comparator ในการใช้เปรียบเทียบสัญญาณ ซึ่งก็สามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานทั่วไปในวงจร electronicsต่อไป

การใช้งานไอซี TIMER

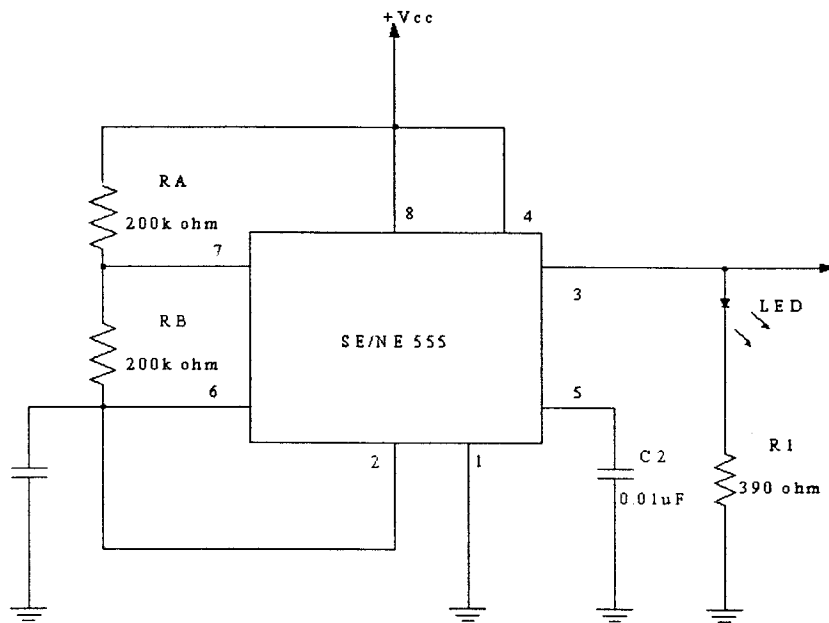
วงจรรวมตั้งเวลาเบอร์ 555 การทํางานของวงจรภายในตัวต้านทานทั้ง 3 ตัวจะทำหน้าที่แบ่งแรงดัน จากแหล่งจ่าย ซึ่งจะมีแรงดัน $1/3$ ของแหล่งจ่ายตกคร่อมที่ตัวต้านทานแต่ละตัว โดยที่แรงดันที่จุด $+(1/3)V_{cc}$ และ $+(2/3)V_{cc}$ จะเป็นแรงดันอ้างอิงให้กับวงจรเปรียบเทียบแรงดันที่ใช้ออป-แอมป์สองตัว วงจรเปรียบเทียบ แรงดันทั้งสองที่ใช้ออป-แอมป์นั้น จะเปลี่ยนสถานะเอาต์พุตก็ต่อเมื่อแรงดันที่อินพุตเกินแรงดันอ้างอิง วงจร เปรียบเทียบแรงดันหมายเลข 2 มีแรงดันอ้างอิงที่ $+(1/3)V_{cc}$ ถ้าแรงดันทริกเกอร์(Trigger) ที่ขา 2 ที่ป้อนให้ อินพุตลบของวงจรเปรียบเทียบแรงดันหมายเลข 2 ต่ำกว่า $+(1/3)V_{cc}$ มันจะทำให้เอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบ แรงดันหมายเลข 2 เปลี่ยนสถานะ วงจรเปรียบเทียบแรงดันหมายเลข 1 แรงดันอ้างอิงอยู่ที่ $+(2/3)V_{cc}$ ดังนั้น ถ้าแรงดันเทรชโฮล(Threshold) ที่ขา 6 มีค่ามากกว่าแรงดันอ้างอิงจะทำให้เอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบ แรงดันหมายเลข 1 มีการเปลี่ยนสถานะจะสังเกตเห็นว่าเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดันทั้งสอง ต่อเป็น อินพุตให้กับฟลิป-ฟลอป ซึ่งก็หมายถึงว่าการเปลี่ยนสถานะของฟลิป-ฟลอปถูกควบคุม โดยค่าแรงดันเอาต์พุต ของวงจรเปรียบเทียบแรงดันทั้งสองวงจร ดังนั้นการเปลี่ยนสถานะเอาต์พุตของฟลิป-ฟลอปจะ เกิดขึ้นเมื่อ แรงดันทริกเกอร์อินพุตขา 2 ต่ำกว่า $+(1/3)V_{cc}$ หรือเมื่อแรงดันอินพุตสูงเกิน $+(2/3)V_{cc}$ ดังแสดง

ในภาพประกอบ 41 แสดงบล็อกไดอะแกรมของไอ.ซี. เบอร์ 555

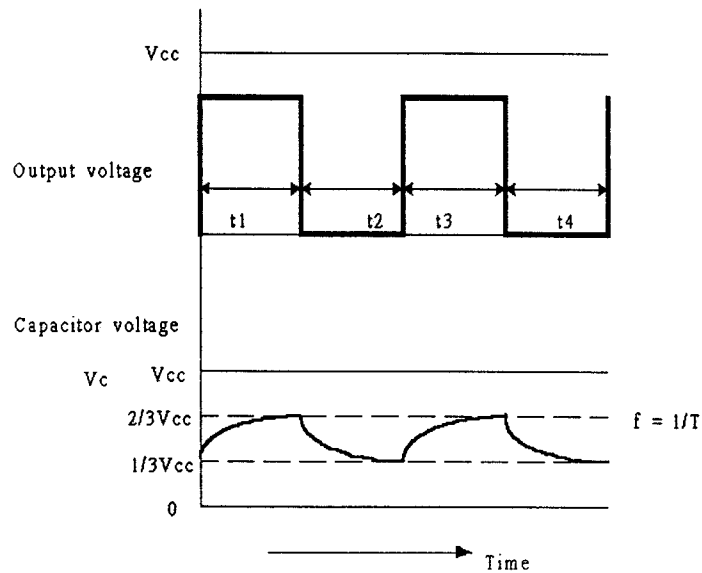


ภาพประกอบ 41 แสดงบล็อกไดอะแกรมของไอ.ซี. เบอร์ 555

เอาต์พุตของฟลิป-ฟลอป จะใช้ขับทรานซิสเตอร์ที่ใช้คายประจุ และภาคเอาต์พุต(Output Stage) เมื่อเอาต์พุตของฟลิป-ฟลอปเป็นสภาวะสูง จะทำให้ภาคเอาต์พุตมีสภาวะต่ำเป็นลอจิก 0 หรือกราวด์ และทรานซิสเตอร์ที่ใช้คายประจุทำงาน (นำกระแส) ถ้าเอาต์พุตของ ฟลิป-ฟลอปเป็นสภาวะต่ำ จะทำให้ทรานซิสเตอร์ที่ใช้คายประจุหยุดทำงาน และจะทำให้ภาคเอาต์พุตมีสภาวะสูงเป็นลอจิก 1 หรือประมาณ V_{cc} สภาวะของภาคเอาต์พุตและสภาวะการทำงานของทรานซิสเตอร์ที่ใช้คายประจุขึ้นอยู่กับค่าแรงดันที่ขาเทรชโฮล(Threshold)ขา 6 หรือขาทริกเกอร์(Trigger)ขา 2 การต่อไอซี 555 เป็นวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์(Astable Multivibrator) ซึ่งเป็นวงจรฐานเวลา โดยขา 8 และขา 4 ต่ออยู่กับแหล่งจ่ายไฟตรงค่าระหว่าง 5 ถึง 15 โวลต์ เมื่อต่อขา 2 กับ ขา 6 เข้าด้วยกัน ไอซี 555 จะมีการกระตุ้นตัวเอง ซึ่งจะให้อิซี 555 ทำงานเป็นวงจรฟรี-รันนิ่ง มัลติไวเบรเตอร์(Free-Running Multivibrator) ตัวเก็บประจุภายนอก (C1) จะสะสมประจุจากกระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทาน RA และ RB และคายประจุให้กระแสไหลผ่านตัวต้านทาน RB และอุปกรณ์ภายในของไอซีแสดงในภาพประกอบ 42และภาพประกอบ 43 ซึ่งแสดงรูปคลื่นแรงดันที่ขา 3ของวงจระอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์โดยใช้อิซี 555 และรูปคลื่นของแรงดันที่ผ่านตัวเก็บประจุ C2

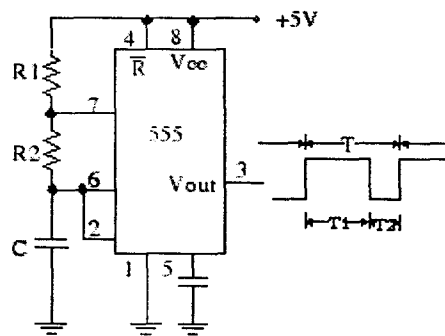


ภาพประกอบ 42 แสดงวงจรโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์โดยใช้ไอ.ซี. เบอร์ 555



ภาพประกอบ 43 แสดงรูปคลื่นแรงดันที่ขา 3 ของวงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์โดยใช้ไอซี 555

ตัวเก็บประจุจะสะสมประจุจาก $(1/3)V_{cc}$ ถึง $(2/3)V_{cc}$ แล้วคายประจุผ่าน R_B และตัวไอซีจนเหลือ $(1/3)V_{cc}$ ซึ่งจะเห็นว่าในขณะที่ C_1 เริ่มสะสมประจุ เอาต์พุตของวงจรจะเป็นสภาวะสูง ซึ่งมันจะคงสภาวะนี้ตลอดช่วงเวลา t_1 ซึ่งหาได้จากสูตร $t_1 = 0.693(R_A + R_B)C_1$ และค่าวัฏจักรหน้าที่(Duty Cycle)หาได้จาก t_1/T [4] เมื่อ C_1 เริ่มคายประจุผ่าน R_B แรงดันตกคร่อมตัวมันจะลดลงเหลือ $(1/3)V_{cc}$ และที่ช่วงเวลานี้(t_2) เอาต์พุตจะเป็นสภาวะต่ำ ซึ่งหาได้จาก $t_2 = 0.693R_B C_1$ [4] สำหรับความถี่เอาต์พุตหาได้จากสูตร $f = 1/T$ โดยที่ T คือคาบเวลาของการสะสมและการคายประจุซึ่งมีค่าเท่ากับ t_1+t_2 ดังนั้นเราจะได้ $f = 1/T = 1/(t_1+t_2) = 1.44/[(R_A + 2R_B)C_1]$ ไอซี Timer ที่กล่าวถึงนี้คือ ไอซี 555 เป็นไอซี ที่ประยุกต์ใช้งานซึ่งไม่ต้องการความแม่นยำสูงมากนักได้อย่างกว้างขวาง ในที่นี้จะกล่าวถึงการใช้งาน 3 ประเภท ความถี่ที่ผลิตได้เป็นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม (Square Wave) ซึ่งมีวงจรพื้นฐานดังต่อไปนี้

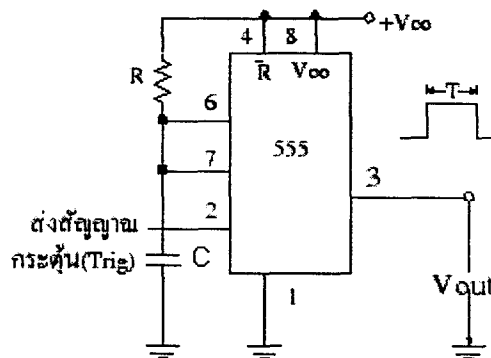


ภาพประกอบ 44 แสดงวงจรผลิตความถี่พื้นฐานใช้ ไอซี 555

(<http://elec.chandra.ac.th/tipntrick/timer.september.2002>)

การใช้ไอซี 555 เป็นโมโนสเตเบิล มัลติไวเบเรเตอร์

โมโนสเตเบิลเป็นวงจรที่เอาท์พุตเสถียรที่ระดับลอจิก "0" หรือ "1" เพียงสถานะเดียวเมื่อได้รับสัญญาณกระตุ้นจะเปลี่ยนสถานะของเอาท์พุตไปเป็นสถานะที่ไม่เสถียรชั่วขณะนานเท่ากับ ช่วงเวลาที่กำหนดโดย RC วงจรพื้นฐาน โดยที่ช่วงเวลา T สามารถจะกำหนดได้ โดย $T = 0.693 RC$

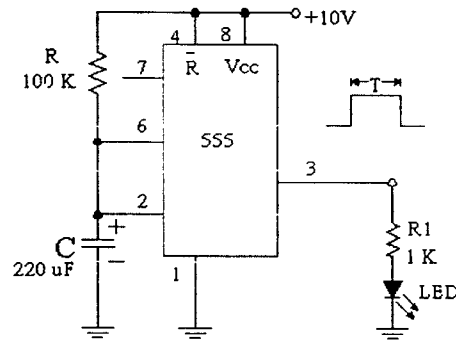


ภาพประกอบ 45 แสดงการใช้ไอซี 555 เป็นโมโนสเตเบิล มัลติไวเบเรเตอร์

(<http://elec.chandra.ac.th/tipntrick/timer.september.2002>)

การสร้างสัญญาณ Single Shot

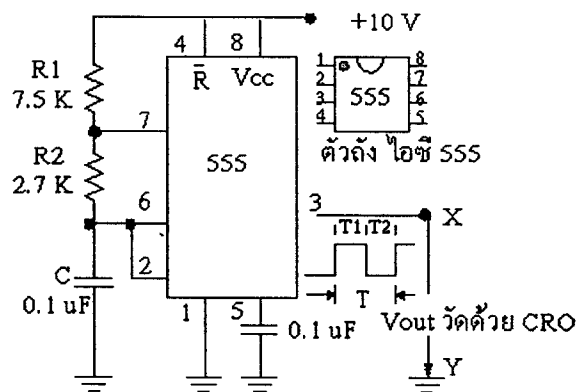
โดยหลักการของการสร้างสัญญาณแบบ Single Shot คือ วงจร Monostable นั้นเอง เพียงแต่สร้างสัญญาณครั้งเดียวแล้วหยุด การหาค่าเวลาทำได้เช่นเดียวกับ วงจร Monostable



ภาพประกอบ 46 แสดงวงจร Single Shot คาบเวลา T ของวงจรคือ $T = 0.693 RC$
(<http://elec.chandra.ac.th/tipntrick/timer.september.2002>)

การทดลองใช้ Timer

1. การใช้งานเป็น Astable Multivibrator มีหลักการดังนี้

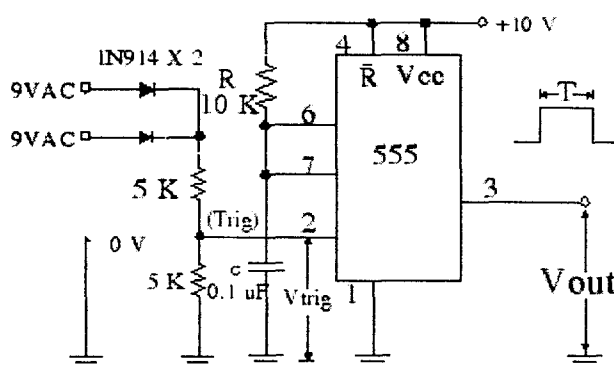


ภาพประกอบ 47 วงจร Astable Multivibrator ใช้ 555

(<http://elec.chandra.ac.th/tipntrick/timer.september.2002>)

CRO	= Cathode Ray Oscilloscope หมายถึง ออสซิลโลสโคป
T1	= คาบเวลาขณะ Output เป็น High = $0.693 (R1 + R2)C$
T2	= คาบเวลาขณะ Output เป็น Low = $0.693(R2)C$
T	= T1 + T2
f	= $1/T$

2. การใช้งานเป็น Monostable Multibrator



ภาพประกอบ 48 แสดงวงจรที่ใช้ทดลอง Monostable Multibrator

(<http://elec.chandra.ac.th/tipntrick/timer.september.2002>)

ภาคแสดงผลจอแสดงผลแบบผลึกเหลว (Liquid Crystal Display : LCD)

ในอุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์มากมายในปัจจุบันได้มีการติดตั้งจอแสดงผลแบบผลึกเหลวหรือ (Liquid Crystal Display : LCD) สำหรับใช้ในการแสดงผลการทำงานเพียงอย่างเดียวหรือแสดงผลในลักษณะของเมนูโต้ตอบเพื่อสั่งงานเครื่องกับผู้ใช้ งาน โมดูลจอแสดงผลแบบ LCD จึงถือเป็นอุปกรณ์แสดงผลประเภทหนึ่งที่มีจุดเด่นในหลายประการเช่น สามารถแสดงเป็นตัวอักษรแบบต่างๆหรือสัญลักษณ์รูปภาพทำให้สื่อสารเข้าใจง่าย มีน้ำหนักเบา และสามารถออกแบบเป็นรูปแบบต่างๆได้ ราคาถูกและกินกำลังไฟในขณะทำงานน้อย ด้วยข้อดีเหล่านี้จึงทำให้จอแสดงผลแบบ LCD ถูกนำมาใช้งานกันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะในเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก ซึ่งมีพื้นที่จำกัดและบ่อยครั้งที่ต้องใช้กำลังไฟจากแบตเตอรี่ จอแสดงผล LCD จึงเป็นตัวเลือกที่ดีที่สุดจากจอแสดงผลในทุกประเภทในโมดูล LCD จะมีส่วนประกอบหลักๆ 3 ส่วนดังนี้

ตัวแสดงผล(Display)ภายในเป็นผลึกเหลวที่สามารถแสดงผลให้เห็นโดยอาศัยแสงจากภายนอก ดังนั้นจึงต้องมีมุมในการมองข้อมูลที่แสดงผลบนจอ LCD

ตัวควบคุม(Controller) เป็นตัวรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกมาควบคุมการทำงานของโมดูล LCD เช่น จอรูปภาพ แสดงตัวอักษร หรือเลื่อนเคอร์เซอร์ เป็นต้น ตัวควบคุมนี้ใช้ชิปควบคุมโดยเฉพาะ ชิปที่นิยมใช้ก็คือ เบอร์ HD44780 และ HD61830 โดย HD44780 จะใช้ควบคุม LCD แบบอักษร ส่วน HD61830 ใช้ควบคุม LCD แบบกราฟิก

ตัวขับ(Driver) เป็นตัวรับสัญญาณจากตัวควบคุมมาขับให้ตัวแสดงผลแสดงข้อมูลตามที่กำหนด ชิปที่ใช้ทำหน้าที่เป็นตัวขับนี้ได้แก่ เบอร์ HD4410H และ MSM5259 เป็นต้น

1. โครงสร้างภายในของตัวควบคุมโมดูล LCD ในการใช้งานโมดูล LCD จำเป็นต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างและคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมให้เสียก่อน ในที่นี้จะขอยกตัวอย่างโมดูล LCD แบบอักษร เพราะสามารถเข้าใจได้ง่าย เป็นบล็อกไดอะแกรมภายในของชิปควบคุม LCD เบอร์ HD44780 ซึ่งใช้ในโมดูล LCD แบบอักษร ประกอบด้วย

บัฟเฟอร์อินพุตเอาต์พุต เป็นส่วนที่ใช้ในการติดต่อรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ภายนอก เพื่อที่จะถ่ายทอดข้อมูลเข้าออกภายในตัวควบคุม

รีจิสเตอร์คำสั่ง (Instruction Register:IR) เป็นรีจิสเตอร์ที่รับข้อมูลคำสั่งจากอุปกรณ์ภายนอกเพื่อถ่ายทอดไปยังหน่วยความจำที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลแสดงผล หรือนำข้อมูลไปสร้างตัวอักษรเพิ่มเติมในแรมเก็บตัวอักษร

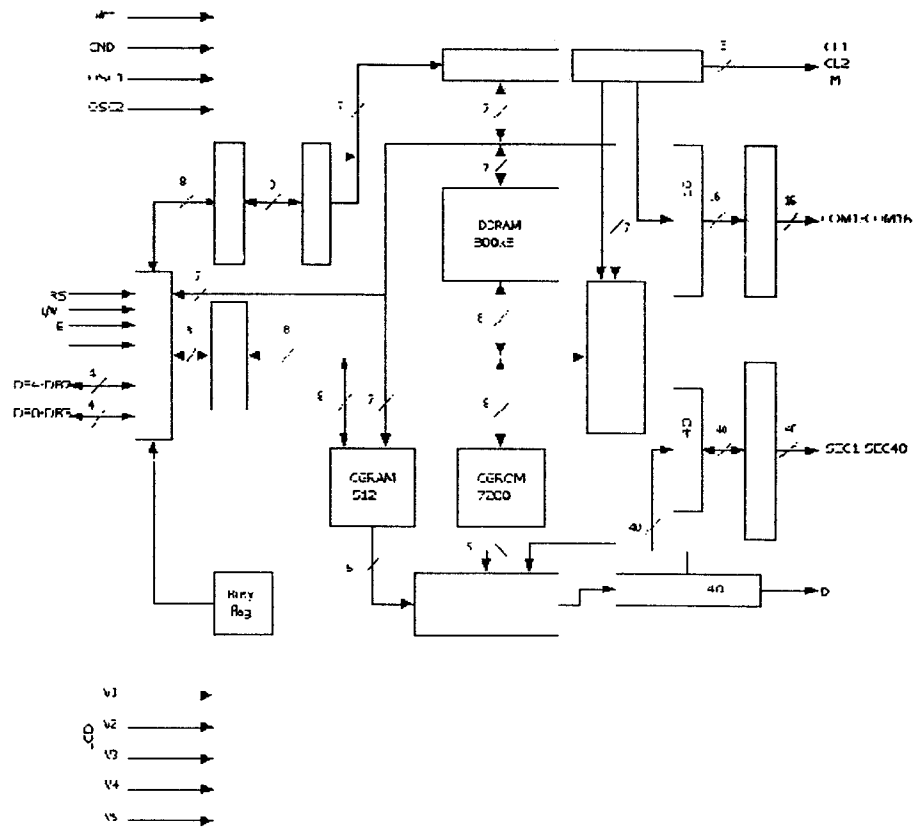
แรมเก็บข้อมูลแสดงผล(Display Data RAM:DDRAM) เป็นหน่วยความจำแรมทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่ได้จากรีจิสเตอร์ DR ตัวควบคุมจะนำข้อมูลใน DDRAM นี้ไปเปิดตาราง(Look Up- Table) ของตัวอักษรที่เก็บไว้ในหน่วยความจำรวมและแรมเก็บตัวอักษรเพื่อนำไปแสดงที่ตัวแสดงผล

รวมเก็บตัวอักษร(Charater Generator ROM:CGROM) เป็นหน่วยความจำรวมที่ใช้เก็บข้อมูลตัวอักษรหรือสัญลักษณ์ที่สามารถอ่านออกไปแสดงที่ตัวแสดงผลได้ มีขนาด 7200 บิต โดยจะถูกอ่านด้วยค่าของข้อมูลใน DDRAM

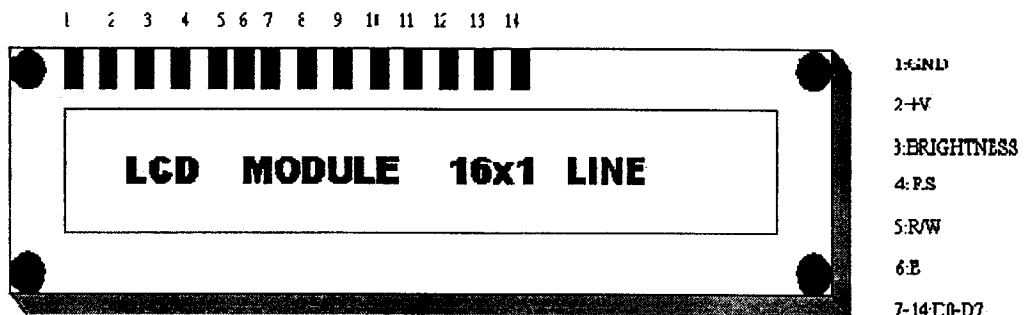
แรมเก็บตัวอักษร(Charater Generator RAM:CGRAM) เป็นหน่วยความจำแรมที่ใช้เก็บตัวอักษรที่มีการสร้างเพิ่มเติมขึ้นใหม่ ในกรณีที่ตัวอักษรใน CGROM ไม่เพียงพอ มีขนาด 512 บิต การเขียนและการอ่านค่าไปใช้นั้นทำได้เช่นเดียวกับ CGROM คือเขียนข้อมูลลงใน DDRAM แล้วตัวควบคุมจะมาอ่านค่าจาก CGRAM เอง

แฟล็ก Busy เป็นส่วนที่ทำหน้าที่แจ้งสถานะการทำงานของตัวควบคุมให้อุปกรณ์ภายนอกทราบว่า ตัวควบคุมพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือคำสั่งหรือไม่ ดังนั้นก่อนการส่งข้อมูลหรือคำสั่งมายังตัวควบคุมต้องตรวจสอบสถานะของแฟล็ก Busy นี้เสียก่อน

2. โมดูล LCD ขนาด 16 ตัวอักษร 1 บรรทัด(LCD 16x1)โมดูล LCD แบบ 16 ตัวอักษร 1บรรทัด เป็นโมดูลที่มีราคาถูก หาได้ง่าย และเป็นโมดูล LCD ที่มีโครงสร้างเป็นมาตรฐาน มีผู้ผลิตหลายรายและมีการระบุเบอร์แตกต่างกันออกไปตามผู้ผลิต เช่น LM020L ของฮิตาชิ, DMC-16117A ของคอปเทริกซ์(Coptrex) เป็นต้น อย่างไรก็ตามคอนโทรลเลอร์ที่ใช้คือเบอร์เดียวกันนั่นคือ เบอร์ HD44750 ของฮิตาชิ โมดูล LCD ขนาด 16x1 มีขาต่อใช้งานทั้งสิ้น 14 ขา มีการจัดขา สำหรับรายละเอียดการทำงานของแต่ละขา ประกอบด้วย VSS(ขา 1): ต่อกราวด์ VDD(ขา2): ต่อไฟเลี้ยง + 5โวลต์ VO (ขา 3):เป็นขาอินพุตรับแรงดันเพื่อปรับความเข้มของการแสดงผล RS(ขา4):เป็นขาอินพุตใช้ในการแยกชนิดของข้อมูลที่ทำการประมวลผล ในขณะนั้นว่าเป็นคำสั่งสำหรับรีจิสเตอร์ IR หรือเป็นข้อมูลสำหรับรีจิสเตอร์ DR โดยถ้าขานี้เป็น 0 ข้อมูลที่ส่งมาจะเป็นคำสั่ง แต่ถ้าขานี้เป็น 1 ข้อมูลที่ส่งมาจะเป็นข้อมูลสำหรับแสดงผล RW (ขา5):เป็นขาที่ใช้เลือกการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับ LCD ถ้าเป็น 0 เป็นการกำหนดให้เขียนข้อมูล แต่ถ้าเป็น 1 จะเป็นการอ่านข้อมูล E (ขา6):เป็นขาอินนาเบิล LCD ให้ทำงาน D0-D7(-k7-14):เป็นขาที่ใช้เป็นทางผ่านของข้อมูลระหว่าง LCD กับอุปกรณ์ภายนอกขนาด 8 บิต



ภาพประกอบ 49 แสดงไดอะแกรมการทำงานของโมดูล LCD แบบอักษร (http://come.to/ nakon)



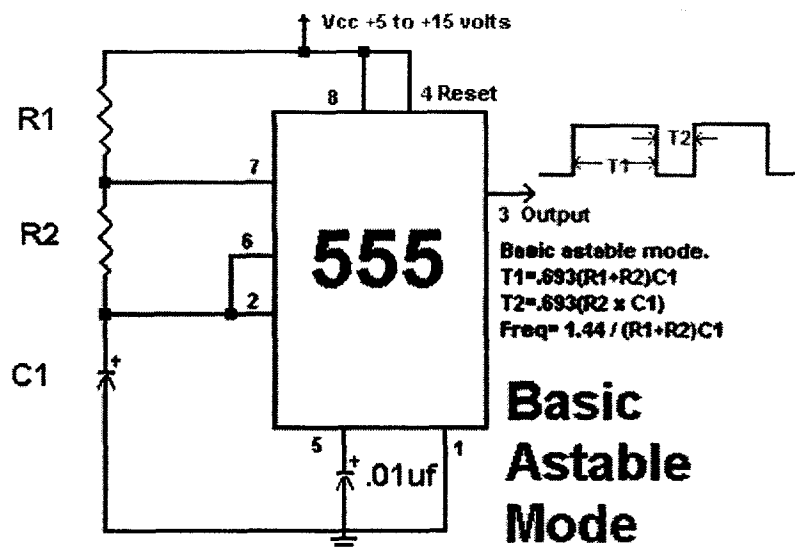
ภาพประกอบ 50 แสดงรูปร่างและการจัดขาโมดูล LCD แบบอักษร (http://come.to/ nakon)

การออกแบบวงจรเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึก การควบคุมการจราจรทางอากาศ

ความหมายของการออกแบบ คือ การกำหนดลักษณะวงจรไฟฟ้าและส่วนประกอบซึ่งเป็นผลจากการศึกษาค้นคว้าและการสร้าง คือ การนำเอาผลที่ได้จากการออกแบบมาประกอบเข้ากันเป็นชุดเครื่องมือแล้วสามารถทำงานได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ได้มีหลักการออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาหลักการและออกแบบวงจรของเครื่องตรวจสอบประกอบด้วย วงจรต่างๆ โดยมีรายละเอียดดังนี้

การออกแบบและสร้างวงจรถูกำเนิดสัญญาณ square wave โดยใช้ IC 555

IC เบอร์ 555 เป็น IC ที่เรารู้จักกันดีและสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่าง กว้างขวาง ในที่นี้เราจะมาดูการคำนวณการนำ IC 555 มาใช้งานเป็นวงจรถูกำเนิดความถี่แบบ square wave โดยเราเรียกวจรแบบนี้ว่า Astable Multivibrator



ภาพประกอบ 51 วงจรถูกำเนิดสัญญาณ square wave โดยใช้ IC 555

(http://www.electhai.com/E_classroom/class_astable.htm:november.2002)

ถ้าให้ T = คาบเวลา

T1 = ช่วงเวลาที่เอาท์พุทเป็น "HIGH"

T2 = ช่วงเวลาที่เอาท์พุทเป็น "LOW"

จะได้ $T1 = 0.693 (R1+R2) C$ $T2 = 0.693 (R2 C)$

ความถี่ที่ได้ $f = 1/T$

ถ้าให้ $R1 = 7.5$

K ; $R2 = 2.7 K$; $C = 0.1 mF$

$T1 = 0.693 (7.5K + 2.7K) 0.1 mF$

$= 0.693 \times 10.2 \times 10^3 \times 0.1 \times 10^{-6}$

$= 0.707 \times 10^{-3} \text{ sec} = 0.707 \text{ msec}$

$T2 = 0.693 \times 2.7K \times 0.1 mF$

$= 0.707 \text{ msec}$

และคาบเวลา $T = T1 + T2$

$= 0.707 \text{ msec} + 0.707 \text{ msec}$

$= 0.894 \text{ msec}$

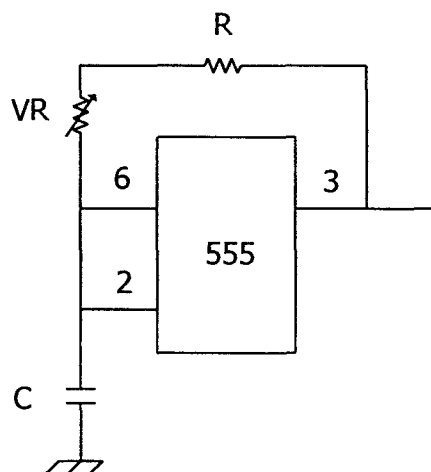
จะได้วงจรที่ออกแบบคือ

$R1 = 7.5 K$, $R2 = 2.7 K$, $C = 0.1 mF$

$T1 = 0.707 \text{ msec}$

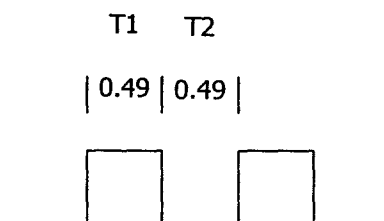
$T2 = 0.187 \text{ msec}$

$T = 0.894 \text{ msec}$



ภาพประกอบ 52 วงจรกำเนิดสัญญาณ Sine wave Gennerator ที่ใช้ในการออกแบบ

จากภาพประกอบเป็นวงจรที่ใช้ในการออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณ Sine wave Gennerator ที่ใช้ในเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อซึ่งได้มาจากสูตรการคำนวณดังนี้



$$f = 1020$$

$$T_1 = T_2 = 0.49 \text{ ms.}$$

$$T_1 = T_2 = 0.693 (R C)$$

$$\underline{0.49} = R C$$

$$0.693$$

$$R C = 0.707 \times 10^{-3}$$

ให้ $C = 0.1 \mu\text{F}$

$$\therefore R = \frac{0.707 \times 10^{-3}}{0.1 \times 10^{-6}}$$

$$= 7070.7 \Omega$$

ค่าที่ใช้ $\cong 7 \text{ K}\Omega$

หาค่าความผิดพลาด

$$T_1 = T_2 = .0693(7 \text{ K}\Omega \times 0.1 \times 10^{-6})$$

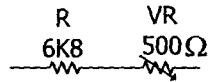
$$= 0.4851 \text{ ms.}$$

$$f = 1/T_1 + T_2$$

$$\therefore f = \frac{1}{(0.4851 \text{ ms} + 0.4851 \text{ ms})}$$

$$= 1030.7 \text{ Hz}$$

เพื่อให้ได้ความถี่ตรงตามเกณฑ์มาตรฐาน(ความถี่อ้างอิง)และเที่ยงตรงมากขึ้น ดังนั้นค่าความต้านทาน(R)ที่ใช้ 7070 Ω ใช้ R ปรับค่า 500 Ω ต่ออนุกรม

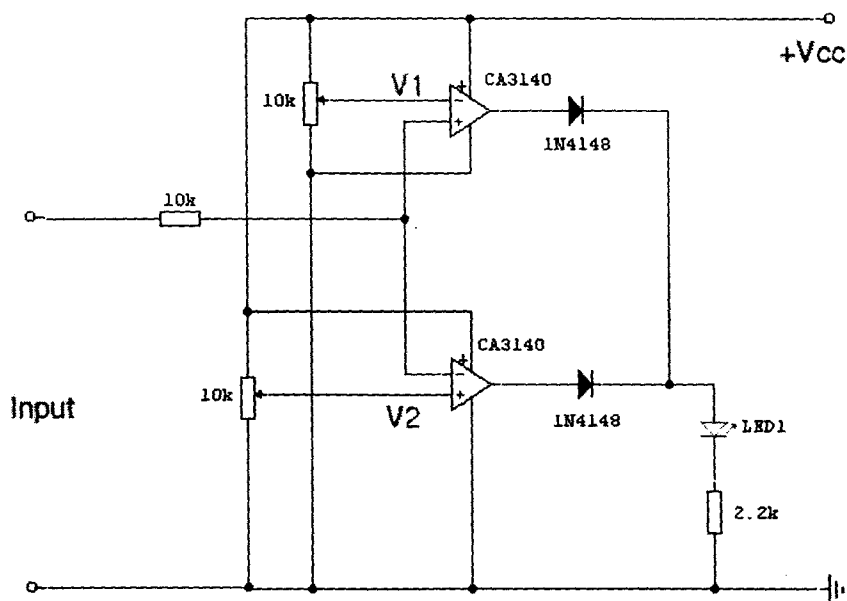


$$\therefore R \text{ 7070-250} = 6820 \Omega \cong 6K8$$

ความถี่อ้างอิง (Reference Frequency)

ความถี่อ้างอิงที่ใช้ในการทดสอบคือ 1020 Hz และมีความผิดพลาดไม่เกิน +2 Hz ถึง -7 Hz สหภาพโทรคมนาคมนานาชาติ (International Telecommunication Union – Telecommunication :ITU-T Rec. O.6. 1988 : 1)

การออกแบบวงจร Voltage Comparator Switch



ภาพประกอบ 53 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน

(<http://www.mitedu.freemove.co.uk/Circuits/Switching/comparator.htm:november.2002>)

การทำงานของวงจรคือวงจรนี้จะแสดงผลเมื่อแรงดันขาเข้า(Input)แตกต่างจากขอบเขตที่กำหนด 2 ค่า คือ V1 และ V2 แหล่งจ่ายแรงดัน (VCC) จะต้องมีความมากกว่าค่าสูงสุดของแรงดันขาเข้าอย่างน้อย 2 V. ดังตัวอย่างในการประยุกต์ใช้วงจรนี้สำหรับตรวจสอบแรงดันในแบตเตอรี่รถยนต์ขนาด 12 V. V1 จะกำหนดค่าเป็น 14 V. และ V2 เป็น 11 V. เพื่อแสดงค่าแบตเตอรี่ถูกประจุเกิน(Over Charge) หรือแบตเตอรี่อ่อน

ออปแอมป์ที่ใช้ในที่นี้เป็นชนิด MOSFET เบอร์ CA3140 ซึ่งมีข้อดีคือมีแรงดันออฟเซต(Off set)ทางด้านขาออก(Output)ต่ำและสามารถสวิตช์แรงดันใกล้ 0 V. ถ้าหากใช้ออปแอมป์เบอร์อื่นๆเช่น LF351 หรือ CA741 แล้วจำเป็นจะต้องมีการปรับแรงดันออฟเซต ให้เป็นศูนย์

วงจรนี้ออปแอมป์แต่ละตัวจะทำให้ LED สว่างเมื่อแรงดันขาเข้ามีค่าเกินขอบเขตที่กำหนดไดโอดเบอร์ 1N4148 2 ตัว ถูกต่อแบบ AND Gate ที่ขาออกของออปแอมป์ แรงดันขาเข้าที่จะถูกตรวจสอบจะถูกป้อนผ่านตัวต้านทาน 10 K Ω ไปยังขาเข้าของออปแอมป์ทั้งคู่ ถ้าแรงดันขาเข้ามีค่ามากกว่าขอบเขตที่กำหนดโดย V1 แล้วแรงดันขาออกของ CA3140 จะเปลี่ยนแปลงมีค่าเกือบจะเท่ากับแรงดันจากแหล่งจ่ายและทำให้ LED สว่าง ในทำนองเดียวกันถ้าแรงดันมีค่าน้อยกว่าขอบเขตที่กำหนดโดย V2 แล้วแรงดันขาออกของออปแอมป์ก็จะเปลี่ยนค่าเกือบเท่ากับแหล่งจ่าย(VCC)และทำให้(LED)สว่างเช่นกัน

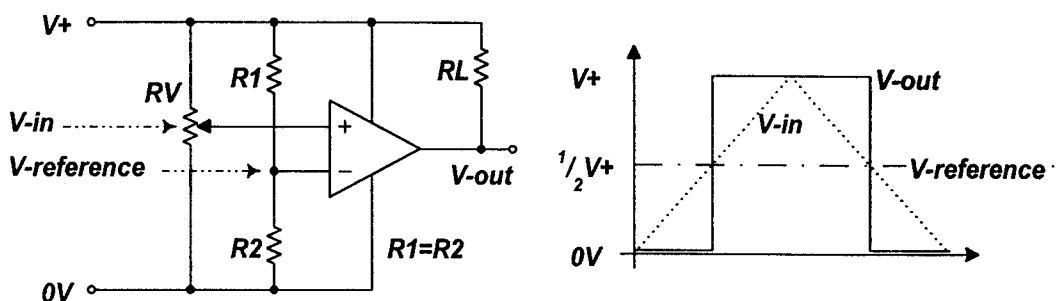
การเปรียบเทียบระดับสัญญาณ

หลักการทํางานทั่วไป

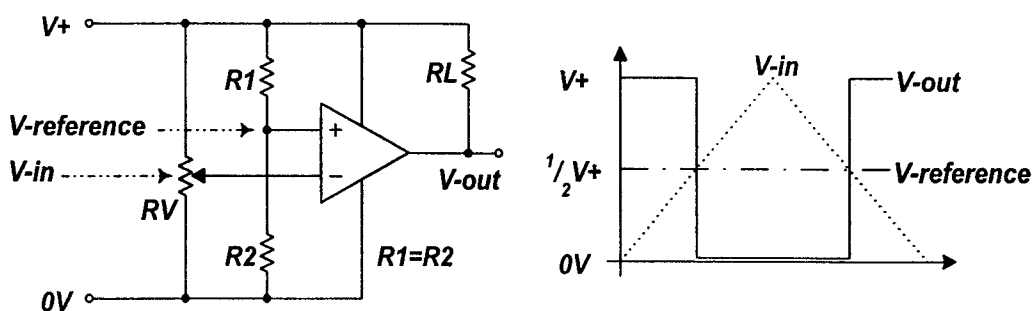
การเปรียบเทียบระดับสัญญาณที่ใช้ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่จะใช้อุปกรณ์ Op-amp เป็นส่วนประกอบพื้นฐานในการสร้างวงจรเปรียบเทียบแรงดัน(Voltage Comparator) เพื่อการเปรียบเทียบแรงดันขาเข้ากับแรงดันอ้างอิง(Reference Voltage) (<http://home.cogeco.ca/~rpaisley4/Comparators.html> : January 2003)

ชนิดของวงจรเปรียบเทียบระดับสัญญาณ

วงจรเปรียบเทียบแรงดัน(Voltage Comparator) แบบพื้นฐานแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ แบบที่ใช้ขาอินเวิร์ทติง(Inverting) ของ Op-amp เป็นแรงดันอ้างอิง(Reference Voltage) และแบบที่ใช้ขาอนอินเวิร์ทติง(Non-Inverting) ของ Op-amp เป็นแรงดันอ้างอิง



ภาพประกอบ 54 วงจรเปรียบเทียบแรงดันแบบที่ใช้ขาอินเวิร์ทติงเป็นแรงดันอ้างอิง



ภาพประกอบ 55 วงจรเปรียบเทียบแรงดันแบบที่ใช้ขาอนอินเวิร์ทติงเป็นแรงดันอ้างอิง

การออกแบบวงจรเปรียบเทียบระดับสัญญาณ

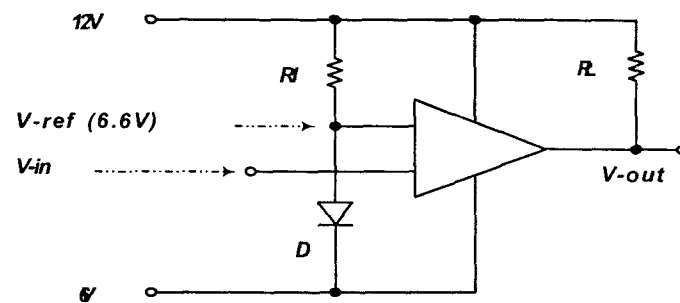
ในการออกแบบวงจรเปรียบเทียบระดับสัญญาณ ได้มีการสรุปข้อมูลที่เกี่ยวข้อง กำหนดขอบเขตของการออกแบบ การออกแบบส่วนประกอบ การออกแบบวงจร และการคำนวณค่าอุปกรณ์ต่างๆ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ข้อมูลการออกแบบ

ในการรับส่งสัญญาณเสียง และสัญญาณควบคุมจากระบบสื่อสารจำลอง จะรับส่งสัญญาณผ่านสายชนิด 2-Wire ในขณะที่ทำงานจะมีสัญญาณควบคุมเป็นแรงดัน 6 โวลต์ ที่สายสัญญาณทั้งสองเส้นเมื่อวัดเทียบกับกราวด์

การออกแบบวงจร

เลือกใช้วงจรเปรียบเทียบแรงดันแบบที่ใช้ชานอนอินเวิร์ทติ่งเป็นแรงดันอ้างอิง เนื่องจากต้องการให้แรงดันขาออก(V-out) เป็นศูนย์ เมื่อแรงดันขาเข้า(V-in) มากกว่า 6 โวลต์ ดังนั้นให้แรงดันอ้างอิง(Reference Voltage) เท่ากับ 6 โวลต์



ภาพประกอบ 56 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน

ให้กระแสไหลผ่าน R_1 และ $D = 120 \mu A$

$$\text{หาค่า } R_1 = (V_{R1} / I_{R1})$$

$$V_{R1} = 12V - V_D = 1$$

$$= 12V - 6.6V = 5.4V$$

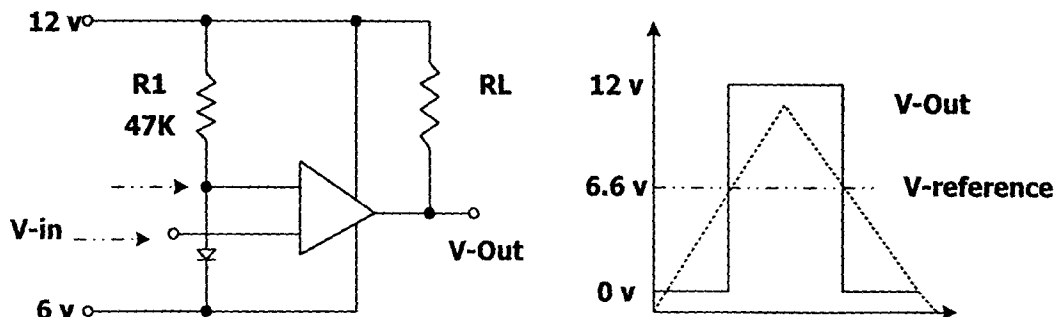
$$R_1 = 5.4V / 120 \mu A$$

$$= 45000 \Omega$$

ใช้ค่าประมาณ $47 K\Omega$

วงจรวงจรเปรียบเทียบแรงดัน

ดังนั้นจึงได้วงจรเปรียบเทียบแรงดัน โดยใช้อุปกรณ์ค่าต่างๆ ดังรูป



ภาพประกอบ 57 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน 6.6 โวลต์

ประสิทธิภาพของตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ

หมายถึง การทำงานของเครื่องได้กระทำการตรวจสอบได้ผลถูกต้องตามเกณฑ์ของระบบสื่อสารจำลองที่ตั้งไว้ดังนี้คือ

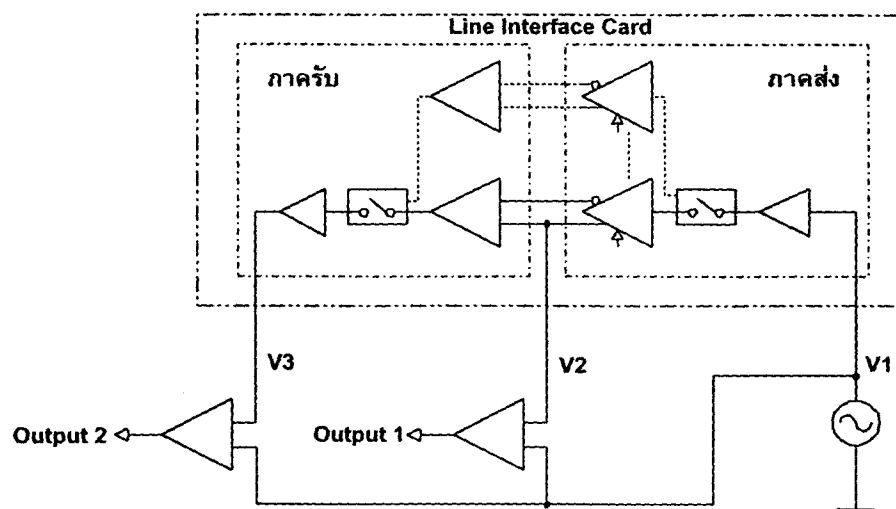
แสดงผลการตรวจสอบเมื่อระดับสัญญาณทางด้านส่ง มีค่าผิดพลาดมากกว่า ± 1 dB

ที่ระดับสัญญาณ -5 dB

แสดงผลการตรวจสอบเมื่อระดับสัญญาณเสียงทางด้านรับมีค่าผิดพลาดมากกว่า ± 1 dB

ที่ระดับสัญญาณ -5 dB

ค่าต่างๆ เหล่านี้เป็นข้อกำหนดเกณฑ์ของอุปกรณ์เชื่อมต่อตามที่ระบุไว้ในเอกสารการผลิตและคู่มือทางเทคนิค (Voice Communication Simulator (VCS3802)) ของกองการผลิต บริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด

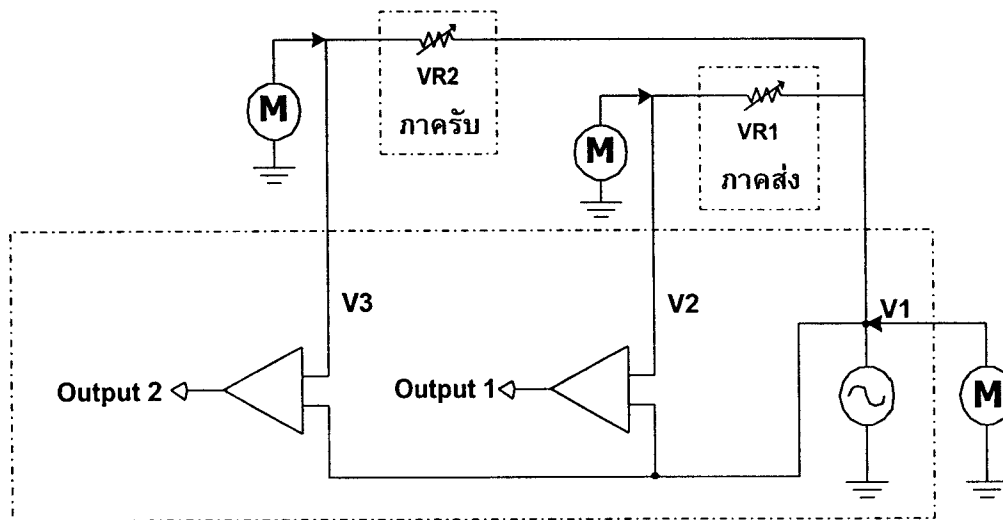


ภาพประกอบ 58 แสดงลักษณะการเชื่อมต่อระหว่างวงจรของเครื่องตรวจสอบกับวงจรของอุปกรณ์เชื่อมต่อ

วงจรทางด้านส่ง

Output มีค่าเท่ากับ 0 V. เมื่อ V1 และ V2 แตกต่างกันมากกว่า 1 dB

Output มีค่าเท่ากับ 5 V. เมื่อ V1 และ V2 แตกต่างกันน้อยกว่าหรือเท่ากับ 1 dB



ภาพประกอบ 59 แสดงวิธีการหาประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อ

จากภาพประกอบเป็นการแสดงวิธีการหาประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อโดยการนำวงจรแต่ละส่วนเช่น วงจรกำเนิดสัญญาณมาทำการป้อนสัญญาณให้กับวงจรของอุปกรณ์เชื่อมต่อทางด้านภาครับโดยมีเครื่องตรวจวัดความถี่ต่ออยู่เพื่อทำการตรวจวัดว่ามีความถี่ตรงตามความต้องการคือมีค่าเท่ากับ 1020 Hz และมีค่าผิดพลาด ± 10 Hz หรือไม่ ถ้าในกรณีซึ่งได้ค่าอยู่ในช่วงนี้ก็ถือว่าผ่านคือมีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ต้องการที่ใช้ได้ซึ่งในขั้นตอนนี้จะเป็นการทดลองตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้เกี่ยวกับการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธีรพงษ์ กิตติสยาม (2529:1) ได้สร้างชุดอุปกรณ์ต่อเชื่อมกับไมโครคอมพิวเตอร์ พร้อมโปรแกรมควบคุมทำให้ไมโครคอมพิวเตอร์มีความสามารถเป็นชุดเครื่องมือวัดระดับแรงดันไฟฟ้าและอุณหภูมิโดยมีขอบเขตของการสร้างคือสร้างอุปกรณ์เชื่อมต่อ 1 ชุด พร้อมหัววัดอีก 2 ชุดคือหัววัดระดับแรงดันไฟฟ้าและหัววัดระดับอุณหภูมิแล้วเขียนโปรแกรมควบคุมเพื่อให้ไมโครคอมพิวเตอร์สามารถรับข้อมูลที่เป็นระดับแรงดันไฟฟ้าหรือระดับอุณหภูมิ จากอุปกรณ์เชื่อมต่อเพื่อมาทำการประมวลผลที่ได้รับจากข้อมูลแล้วแสดงผลเป็นตัวเลข กราฟหรือภาพแสดงความหมายที่สามารถตีความหมายได้ออกมาทางจอภาพและเครื่องพิมพ์

นันทิ ฉุยฉาย. (2542:1) ได้ออกแบบและสร้างชุดเชื่อมต่องานระบบวิทยุสั่งการ โดยการหาตำแหน่งติดตั้งสถานีศูนย์กลางด้วยการคำนวณ ทำการทดสอบและจัดวงจร 4-Wire E&M เพื่อใช้สำหรับเชื่อมโยงสัญญาณเสียงจากตัวรับสัญญาณที่กระจายอยู่รอบพื้นที่ใช้งาน สิ่งที่จะทำให้การส่งสัญญาณเสียงไปถึงผู้รับได้อย่างถูกต้องและชัดเจน ต้องทำความเข้าใจและต้องคำนึงถึงระดับทดสอบและรูปแบบการวัด ย่านความถี่ ค่า

ความต้านทานต่อไฟฟ้ากระแสสลับ(Impedance) อัตราขยายของระบบส่งสัญญาณ ตัวปรับลดทอนสัญญาณ (Attenuator) ในการวัดและทดสอบระบบส่งสัญญาณ ได้ใช้ความถี่ 1 kHz Impedance 600 โอห์ม ระดับสัญญาณต้นทาง -16dBm และวัดที่ปลายทางได้ 23dBm (อัตราขยายของระบบส่งสัญญาณเท่ากับ 23dB) ส่วนการควบคุมสัญญาณระหว่าง 4-Wire E&M กับสถานีทวนสัญญาณใช้ Opto-Transistor เป็นตัวเชื่อมต่อ

วรพล ลีลาเกียรติกุลและคณะ (2537) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องจำลองสัญญาณเวลาดิจิตอลโดยในการทำงานทางด้านระบบไมโครโปรเซสเซอร์จะแบ่งการทำงาน 2 ลักษณะคือ 1. การออกแบบและพัฒนาระบบ 2. การซ่อมบำรุงซึ่งการทำงานทั้งสองลักษณะนี้จะมีกระบวนการหนึ่งที่คล้ายคลึงกันคือการตรวจสอบการทำงานของวงจรที่ออกแบบเสร็จหรือตรวจหาจุดผิดพลาดของวงจรที่ต้องการตรวจสอบ ถ้าเป็นการตรวจสอบการทำงานของวงจรที่ออกแบบเสร็จ วิธีหนึ่งที่จะทำให้ทราบว่ามีวงจรที่ได้รับการออกแบบทำงานถูกต้องหรือไม่อาจจะใช้วิธีการตรวจสอบ ทางด้านซอฟต์แวร์กล่าวคือใช้ซอฟต์แวร์จำลองการทำงานแต่ในการสร้างวงจรทางด้านฮาร์ดแวร์แล้วแต่ปัจจัยที่จะทำให้เกิดข้อผิดพลาดมีอยู่หลายอย่างแม้มีการตรวจสอบจากซอฟต์แวร์แล้วก็ตาม ถ้าวงจรที่ทำการตรวจสอบเป็น วงจรดิจิตอลที่ไม่ซับซ้อนมากนักการป้อนข้อมูลเพื่อทำการตรวจสอบก็ไม่ยุ่งยากมากนักแต่ถ้าวงจรที่ออกแบบนี้เป็นวงจรที่ทำงานด้วยสัญญาณนาฬิกาหรือเป็นวงจรที่ควบคุมด้วยระบบไมโครโปรเซสเซอร์แล้วจะนั่นการให้ข้อมูลอินพุทเพื่อตรวจสอบจึงยุ่งยากและเสียเวลาในการตรวจสอบมากขึ้นในการแก้ปัญหา ผู้ตรวจสอบสามารถสร้างเวลาที่ต้องการในรูปแบบต่างๆบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลและข้อมูลรูปแบบของสัญญาณนั้นจะถูกส่งมายังเครื่องจำลองสัญญาณเวลาดิจิตอลเพื่อป้อนสัญญาณอินพุทให้กับวงจรที่ต้องการทดสอบ

อภิชาติ งามวิลัย และ ศิริ ก้อนทอง. (2537 : 188-192) ได้ออกแบบชุดระบบเชื่อมต่อโทรศัพท์อัตโนมัติโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ เป็นการใช้เครื่องมือมือถือร่วมกับระบบโทรศัพท์ และมีการบันทึกการใช้งาน มีการติดต่อสื่อสารแบ่งออกเป็น 3 โหมด คือ โหมดการใช้โทรศัพท์เรียกเข้าระบบวิทยุ โหมดการใช้ระบบวิทยุเรียกเข้าโทรศัพท์ และโหมดการใช้ระบบวิทยุเรียกเข้าวิทยุ ภายในเครื่องประกอบด้วยวงจรตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง วงจรตรวจสอบหมายเลขโทรศัพท์ (DTMF) วงจรประมวลผล และวงจรเชื่อมต่อระหว่างสายโทรศัพท์กับเครื่องรับส่งวิทยุ วงจรเชื่อมต่อนี้ผู้วิจัยได้ใช้ทรานส์ฟอร์มเมอร์ 3 ขด ขดแรกต่อกับสายโทรศัพท์ที่เป็นการรับส่งสองทางแบบ 2 Wire ขดที่สองต่อกับเครื่องรับวิทยุ และขดสุดท้ายต่อกับเครื่องส่งวิทยุ เป็นการแปลงสัญญาณจากการรับส่งแบบ 2 Wire เป็น 4 Wire โดยไม่ใช้วงจร Hybrid ในการลดสัญญาณย้อนกลับจากด้านรับออกไปที่ด้านส่ง เนื่องจากวงจรด้าน 4 Wire เป็นการรับส่งแบบผลัดกันรับส่ง (Half-Duplex) ปัญหาที่พบในการวิจัยนี้คือ เกิดการสูญเสียในการ Coupling จากเครื่องรับไปด้าน 2 Wire ทำให้เสียงของเครื่องโทรศัพท์ที่รับฟังจากเครื่องรับวิทยุมีระดับที่เบา

Balci & Hikmet.(1999). A new adaptive defrost method, its instrumentation, and experimental verification. เป็นวิธีการละลายน้ำแข็งโดยใช้การตรวจจับและชดเชยอุณหภูมิการระเหยและพลังงานความร้อนระบบที่ไซทอลองเป็นการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมในการละลายน้ำแข็งซึ่งจะมีหน่วยความจำสำหรับโปรแกรม 4 ไบท์และหน่วยความจำข้อมูล 192 ไบท์

Schmit & Roger.(2003). Design of a portation pulse rate meter . การออกแบบมิเตอร์วัดลูกคลื่นแบบพกพาใช้สำหรับวัดอัตราการเต้นของหัวใจสำหรับบุคคลขณะออกกำลังกายภายในประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์วงจรตรวจสอบ(Detection) วงจรกรองความถี่สูง - ต่ำ วงจรดีเลย์เฟส วงจรเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกและแหล่งจ่ายไฟข้อสรุปจากการสร้างเครื่องนี้จะสามารถสร้างด้วยราคาต่ำเนื่องจากการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ช่วยในการวิเคราะห์และคำนวณอัตราการเต้นของหัวใจนอกจากนี้ยังสามารถใช้เชื่อมต่อกับวงจรต่างๆได้มาก

จากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้นำแนวความคิดจากการออกแบบชุดระบบเชื่อมต่อแล้วนำมาต่อเข้ากับระบบสื่อสาร โดยมีโปรแกรมควบคุมในการตรวจสอบจึงได้นำมาเป็นแนวทางและแนวความคิดในการออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อที่ได้จัดทำขึ้น

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

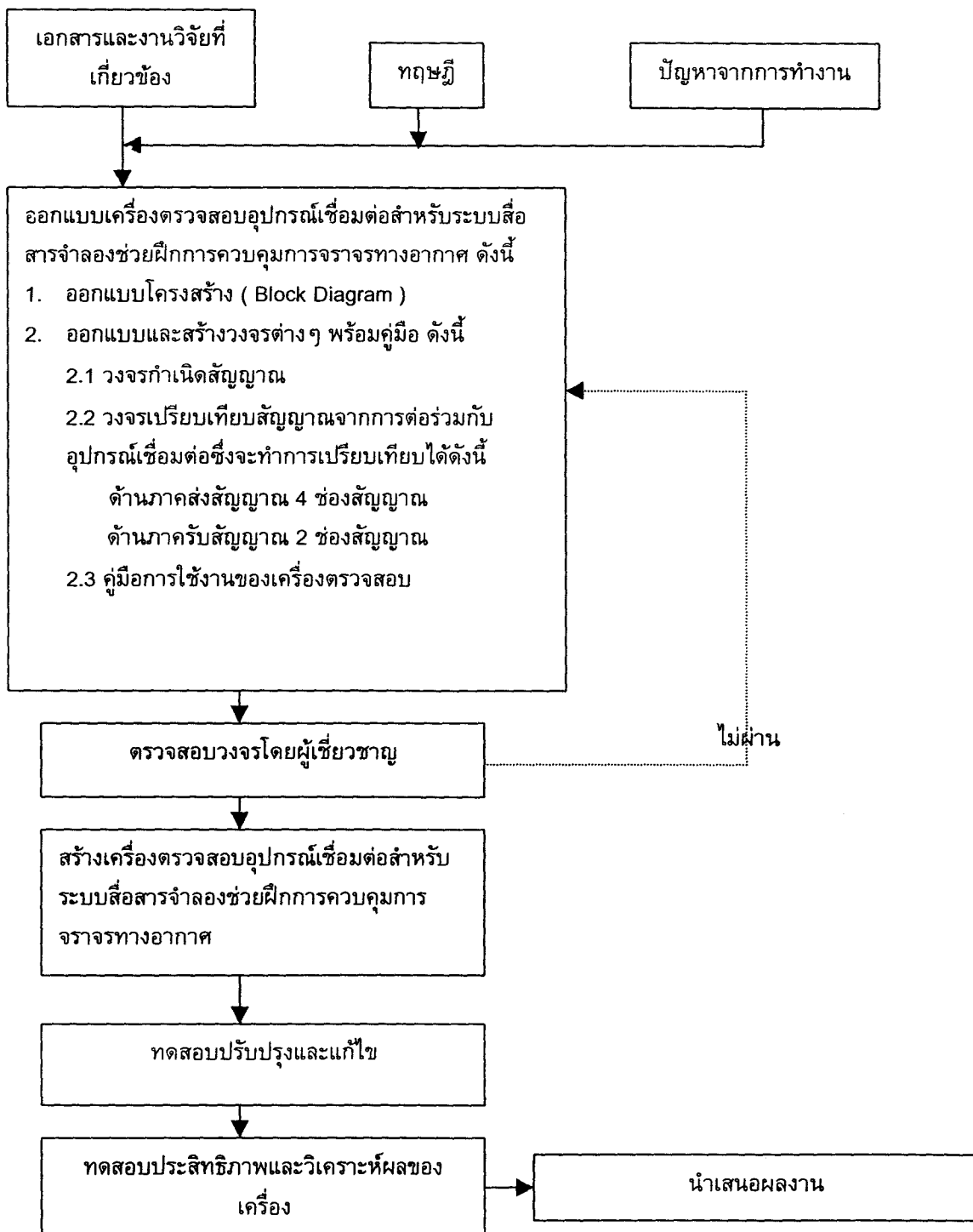
ในการออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ มีรายละเอียดขั้นตอนในการศึกษาค้นคว้าดังนี้

1. การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน
2. การออกแบบวงจรและส่วนประกอบต่างๆ
3. กำหนดวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือที่ใช้ในการสร้าง
4. ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบวงจร
5. กำหนดระยะเวลาและสถานที่ที่ใช้ในการสร้าง
6. สร้างเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจร

ทางอากาศ

7. ศึกษาประสิทธิภาพ
8. การวิเคราะห์ข้อมูล

กรอบความคิดขั้นตอนการดำเนินการวิจัย



ภาพประกอบ 60 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ

1. การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน

การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน เป็นการศึกษา รายละเอียด ของระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุม การจราจรทางอากาศ สำหรับการออกแบบและสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. หลักการของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ เป็นการศึกษารายละเอียดของหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

- 1.1 หลักการเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์
- 1.2 การขยายสัญญาณโดยใช้ Op-Amp
- 1.3 การใช้งาน IC Timer
- 1.4 ความรู้เกี่ยวกับจอแสดงผลแบบผลึกเหลว (Liquid Crystal Display : LCD)

2. หลักการของระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ โดยการศึกษาข้อมูลจากเอกสารการผลิตและคู่มือทางเทคนิค

3. การศึกษาข้อมูลพื้นฐานสำหรับกำหนดขั้นตอนและวิธีการทดสอบเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศประกอบด้วยหัวข้อที่ศึกษาดังนี้

3.1 ศึกษาขั้นตอนและวิธีการทดสอบระหว่างกระบวนการของระบบสื่อสารจำลอง จากเอกสารการผลิต(คู่มือทางเทคนิค)

3.2 ศึกษาวิธีการทดสอบและหาประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อ สำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ

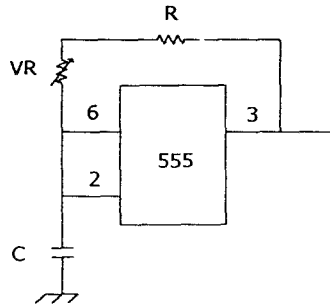
3.3 ศึกษาวิธีการวัด การทดสอบ และค่ามาตรฐานที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับระบบสื่อสารทางเสียงต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมจราจรทางอากาศ จากเอกสารมาตรฐานของสหภาพโทรคมนาคมนานาชาติ (ITU-T)

3.4 ศึกษาการใช้งาน วิธีการวัด การทดสอบ เครื่องมือวัดที่เกี่ยวข้อง เช่น วงจรกำเนิดสัญญาณ(Sine wave Generator) วงจรเลือกสัญญาณ วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ (ดูBlock diagram วงจร และแบบกล่อง ที่ภาคผนวก)

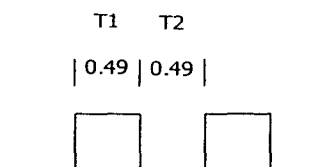
2. การออกแบบวงจรและส่วนประกอบต่าง ๆ

การออกแบบวงจรของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศมีรายละเอียดดังนี้

2.1 การออกแบบวงจรกำเนิดความถี่



วงจรที่ใช้ในการออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณ Sine wave Generator ที่ใช้ในเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อซึ่งได้มาจากสูตรการคำนวณดังนี้



$$f = 1020$$

$$T_1 = T_2 = 0.49 \text{ ms.}$$

$$T_1 = T_2 = 0.693 (R C)$$

$$\frac{0.49}{0.693} = R C$$

$$0.707$$

$$R C = 0.707 \times 10^{-3}$$

ให้ $C = 0.1 \mu\text{F}$

$$\therefore R = \frac{0.707 \times 10^{-3}}{0.1 \times 10^{-6}}$$

$$= 7070.7 \Omega$$

ค่าที่ใช้ $\cong 7 \text{ k}\Omega$

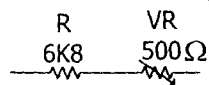
หาค่าความผิดพลาด

$$T_1 = T_2 = .0693(7 \text{ K}\Omega \times 0.1 \times 10^{-6}) \\ = 0.4851 \text{ ms.}$$

$$f = 1/T_1 + T_2$$

$$\therefore f = \frac{1}{(0.4851 \text{ ms} + 0.4851 \text{ ms})} \\ = 1030.7 \text{ Hz}$$

เพื่อให้ได้ความถี่ตรงตามเกณฑ์มาตรฐาน(ความถี่อ้างอิง)คือ 1020 Hz และมีความเที่ยงตรงมากขึ้น ดังนั้นค่าความต้านทาน(R) ที่ใช้ 7070 Ω ใช้ R ปรับค่า 500 Ω ต่ออนุกรม

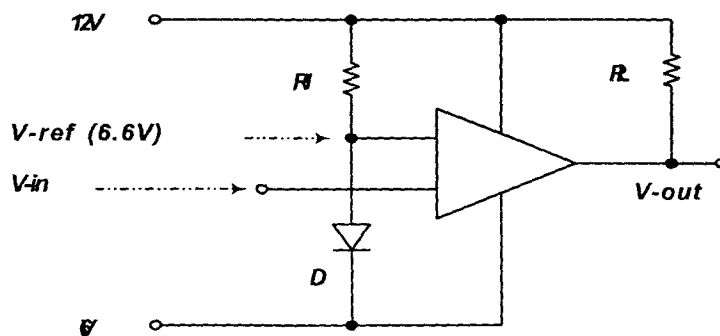


$$\therefore R \text{ 7070-250} = 6820 \text{ } \Omega \cong 6\text{K}8$$

2.2 การออกแบบวงจรเปรียบเทียบระดับสัญญาณ

ในการออกแบบวงจรเปรียบเทียบระดับสัญญาณได้การออกแบบวงจร และการคำนวณค่าอุปกรณ์ต่างๆ โดยมีรายละเอียดดังนี้

เลือกใช้วงจรเปรียบเทียบแรงดันแบบที่ใช้ขานอนอินเวอร์ทติ้งเป็นแรงดันอ้างอิง เนื่องจากต้องการให้แรงดันขาออก(V-out) เป็นศูนย์ เมื่อแรงดันขาเข้า(V-in) มากกว่า 6 โวลต์ ดังนั้นให้แรงดันอ้างอิง(Reference Voltage) เท่ากับ 6 โวลต์



ภาพประกอบ 61 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน

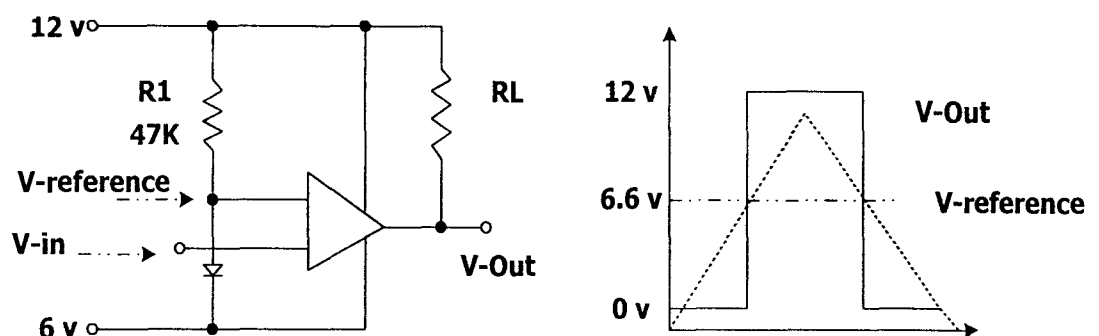
ให้กระแสไหลผ่าน R1 และ $D = 120 \mu\text{A}$

$$\text{หาค่า } R1 = (VR1 / IR1)$$

$$\begin{aligned} VR1 &= 12\text{V} - VD = 1 \\ &= 12\text{V} - 6.6\text{V} = 5.4\text{V} \\ R1 &= 5.4\text{V} / 120 \mu\text{A} \\ &= 45000 \Omega \end{aligned}$$

ใช้ค่าประมาณ $47 \text{ K}\Omega$

ดังนั้นจึงได้วงจรเปรียบเทียบแรงดัน โดยใช้อุปกรณ์ค่าต่างๆ ดังรูป



ภาพประกอบ 62 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน 6.6 โวลต์

2.3 ส่วนควบคุมการทำงานโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 (ดูรายละเอียด หลักการของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศจากบทที่ 2)

2.4 ภาคแสดงผลโดยใช้ LCD Display (ดูรายละเอียด หลักการของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศจากบทที่ 2)

3. กำหนดวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือที่ใช้ในการสร้าง

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ เป็นการกำหนดวัสดุและอุปกรณ์ ที่ใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อ(Line Interface Card) สำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ

3.1.1 แผ่นวงจรพิมพ์(Printed Circuit Board)

3.1.2 รายการอุปกรณ์ Line Interface card Tester มีดังนี้

C_1, C_2	$10 \mu\text{F } 16 \text{ V.}$
C_3, C_4, C_5, C_6, C_7	$0.1 \mu\text{F}$
$C_8, C_9, C_{10}, C_{11}, C_{12}, C_{13}, C_{14}$	$1 \mu\text{F}$
$C_{15}, C_{16}, C_{17}, C_{18}, C_{24}$	$1 \mu\text{F}$
C_{19}, C_{20}	$47 \mu\text{F}$

C ₂₁	4700 μ F
C ₂₂	47 μ F
C ₂₃	10 μ F
C ₂₅ , C ₂₆	30 pF 50 V. เซรามิก
Buzzer	BZ1
IC ₁	MC1458
IC ₂	LM555
IC ₃ , IC ₄ , IC ₅ , IC ₆	LM1458
IC ₇	7812
IC ₈	7805
D ₁ – D ₉	1N4148
X-TAL	11.0592 MHz
U ₁ U ₂ , U ₄ , U ₅	MC14504
U ₃	80C52
J ₁ , 2 , 3 , 4	แจ๊คเสียบตัวเมียยึดแทน
Q ₁ , 2 , 3	2N3904
BD1	AM158
VR ₁ , VR ₂ , VR ₃	10 K Ω
RP ₁ , RP ₂	47 K Ω
RP ₃ , RP ₄ , RP ₅ , RP ₆	10 K Ω
R ₁ , R ₂	47 K Ω
R ₃	7 K Ω
R ₄ R ₅ R ₆ R ₇	10 K Ω
R ₈	34 K Ω
R ₉	86 Ω
R ₁₀ – R ₂₆	47 K Ω

จอแสดงผล LCD

แผ่นอลูมิเนียม, น็อต, สกรู

สายไฟ

ตะกั่วบัดกรี

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

3.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองแบ่งเป็น

3.2.1.1 อุปกรณ์เชื่อมต่อ (Line Interface Card) ซึ่งทำการผลิตโดยกองการผลิต
บริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด

3.2.1.2 เครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อ(Line Interface Card) สำหรับระบบ
สื่อสารจำช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ

3.2.1.3 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ ใช้ทำการวัดและตรวจสอบแรงดัน ความต้านทาน ที่

ได้รับการออกแบบไว้ในวงจร

3.2.1.4 ออสซิลโลสโคป ใช้ทำการวัดและตรวจสอบสัญญาณรูปคลื่นต่างๆ ตามที่ได้รับการออกแบบไว้ในวงจร

3.2.1.5 หัวแรงไฟฟ้าชนิดแชนซ์ ใช้ในการบัดกรีอุปกรณ์ต่างๆ เข้ากับแผ่นวงจรพิมพ์(Printed Circuit Board) และการต่ออุปกรณ์จำพวกสายไฟต่างๆ กับขั้วต่อ

3.2.1.6 คีมจับ คีมตัด ใช้ในตัดและจับยึดอุปกรณ์ ในการประกอบและบัดกรี

3.2.1.7 ไขควง ใช้ในการขันสกรูเข้าออก จากเครื่องในการประกอบ

3.2.1.8 สว่านไฟฟ้าพร้อมแท่นเจาะ ใช้ในการเจาะรูเพื่อยึดอุปกรณ์ต่างๆ

3.2.1.9 ตะไบโลหะ ใช้ในการตะไบตกแต่งหลังจากการเจาะรู

3.2.1.10 เครื่องกำเนิดแล้ววัดความถี่

3.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลคือ แบบบันทึกผลการทดสอบการทำงาน

4. ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบวงจร

หลังจากออกแบบวงจรเรียบร้อยแล้ว นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเพื่อหาบกพร่องและข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไข

5. กำหนดระยะเวลาและสถานที่ที่ใช้ในการสร้าง

ระยะเวลาที่ใช้ในการสร้างเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ เริ่มตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน พ.ศ. 2546 ถึงวันที่ 10 มีนาคม พ.ศ. 2547 โดยใช้สถานที่ในการทดลอง คือ กองการผลิต บริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพฯ

6. สร้างเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ ตามที่ได้ทำการออกแบบไว้

การสร้างเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศครั้งนี้ ดำเนินการสร้าง ส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องเสร็จแล้วนำมาประกอบเข้าด้วยกันโดยมีลำดับขั้นตอนดังนี้

6.1 สั่งซื้ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการสร้าง

6.2 จัดทำแผ่นวงจรพิมพ์โดยทำแผ่นพิมพ์ วงจรจ่ายแรงดันไฟฟ้า วงจรกำเนิดสัญญาณ วงจรเปรียบเทียบแรงดัน และวงจรประมวลผล

6.3 ประกอบอุปกรณ์ลงแผ่นพิมพ์วงจรและบัดกรีให้เรียบร้อย

6.4 เตรียมกล่องสำหรับบรรจุ โดยใช้กล่องที่ผลิตขึ้นตามแบบกล่องซึ่งออกแบบสำหรับใส่วงจรพิมพ์ของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ

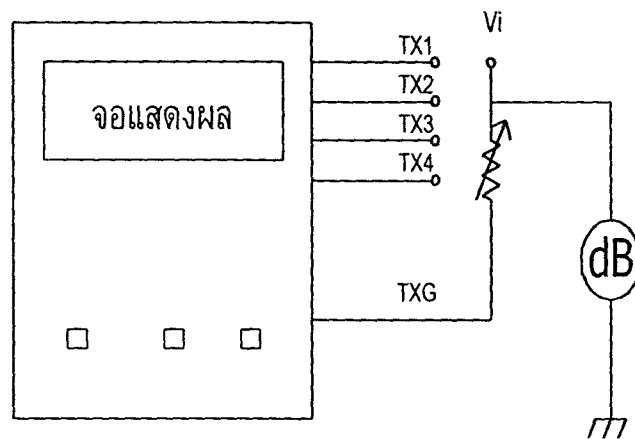
6.5 ประกอบอุปกรณ์เช่นชุดแหล่งจ่ายไฟ ชุดวงจรพร้อมอุปกรณ์อื่นๆลงกล่องที่เตรียมไว้

6.6 เชื่อมสาย เพื่อต่อโยงวงจรแต่ละชุดเข้าด้วยกันตามแบบลายวงจรที่ออกแบบไว้

6.7 ทดลองการทำงานของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศและทำการปรับปรุงแก้ไข

7. ศึกษาประสิทธิภาพและประเมินสมรรถนะเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ

7.1 หลังจากได้สร้างเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศขึ้นมาแล้ว ดำเนินการหาประสิทธิภาพโดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้



ภาพประกอบ 63 แสดงการเชื่อมต่อวงจรเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องทางด้านส่ง 4 ช่องสัญญาณ

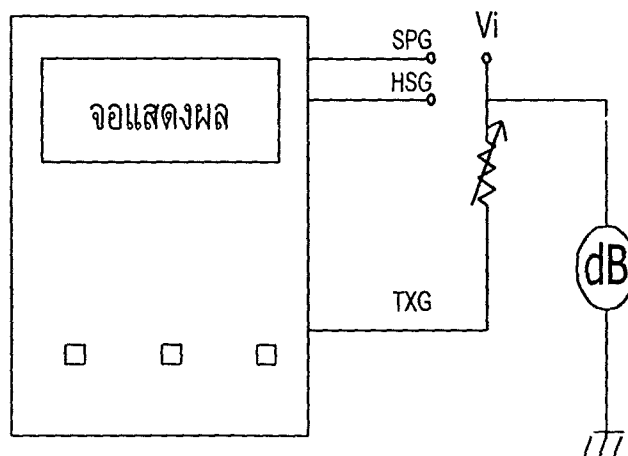
7.1.1 ต่อกับวงจรตามรูป

7.1.2 ต่อ Vi (ความถี่ 1020 Hz) เข้าทางด้านส่งช่องที่ 1 (TX1)

7.1.3 ปรับค่าความต้านทานเพื่อเปลี่ยนระดับที่ Vi มีค่าครั้งละ 0.1 dB ตั้งแต่ -3.5 dB ถึง -6.5 dB

7.1.4 สังเกตที่จอแสดงผล LCD และบันทึกผล

7.1.5 ต่อ Vi เข้าที่ TX2, TX3 และ TX4 ทำการทดลองตามข้อ 7.3 และ 7.4 ตามลำดับ



ภาพประกอบ 64 แสดงการเชื่อมต่อวงจรเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องทางด้านรับ 2 ช่องสัญญาณ

7.1.6 ต่อ Vi เข้าที่ SPG และ HSG ทำการทดลองตามข้อ 7.3 และ 7.4 ตามลำดับ
 7.2 การประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพโดยการประเมินจากแบบสอบถามมีรายละเอียด
 ดังนี้

7.2.1 ศึกษาข้อมูล วิธีการและกำหนดหัวข้อการประเมินแบ่งออกเป็น 2 ด้านคือ

7.2.1.1 ด้านลักษณะการออกแบบ

7.2.1.2 ด้านลักษณะการใช้งาน

7.2.2 สร้างแบบประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพแบบมาตราส่วนประมาณค่า
 (rating scale) กำหนดค่าคะแนนเป็น 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคอร์ท (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 117)

ระดับคะแนน 5 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดีมาก

ระดับคะแนน 4 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดี

ระดับคะแนน 3 หมายถึง ผลการประเมินในระดับพอใช้

ระดับคะแนน 2 หมายถึง ผลการประเมินในระดับต้องปรับปรุง

ระดับคะแนน 1 หมายถึง ผลการประเมินในระดับใช้ไม่ได้

7.2.3 กำหนดเกณฑ์ในการแปลความหมายข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยต่างๆ ดังต่อไปนี้

ระดับคะแนนเฉลี่ยระหว่าง 4.51 – 5.00 แปลความได้ระดับดีมาก

ระดับคะแนนเฉลี่ยระหว่าง 3.51 – 4.50 แปลความได้ระดับดี

ระดับคะแนนเฉลี่ยระหว่าง 2.51 – 3.50 แปลความได้ระดับพอใช้

ระดับคะแนนเฉลี่ยระหว่าง 1.51 – 2.50 แปลความได้ระดับต้องปรับปรุง

ระดับคะแนนเฉลี่ยระหว่าง 1.00 – 1.50 แปลความได้ระดับใช้ไม่ได้

7.2.4 นำแบบประเมินเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง

7.2.5 ขอหนังสือแต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญที่มีความสามารถในการ วิเคราะห์ จำนวน
 ออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์และประเมินสมรรถนะ จากบัณฑิต-วิทยาลัย จำนวน 5 คน ดังนี้

1. นายกัมปนาท เรืองรายวัน ตำแหน่งผู้จัดการงานวิศวกรรม หน่วยวิจัยและ
 พัฒนากองการผลิต บริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด วุฒิการศึกษาปริญญาโททางด้าน การออกแบบ
 วงจรอิเล็กทรอนิกส์

2. นายชายเทพ รอดฮวบ ตำแหน่ง วิศวกรระบบอาวุโส หน่วยวิจัยและพัฒนา
 กองการผลิต บริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด วุฒิการศึกษาปริญญาตรี มีประสบการณ์ในการเขียน
 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ทำงานด้านการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

3. นายเกียรติศักดิ์ เจริญบุญ ตำแหน่ง วิศวกรระบบอาวุโส หน่วยผลิต กองการ
 ผลิต บริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด วุฒิการศึกษาปริญญาตรี มีประสบการณ์ในการทำงานด้าน
 การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ การผลิต และการซ่อมบำรุงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

4. นายสิทธิพงศ์ ศรีสุวรรณ ตำแหน่ง วิศวกรระบบอาวุโส หน่วยผลิต กองการ
 ผลิต บริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด วุฒิการศึกษาปริญญาตรี มีประสบการณ์ในการทำงานด้าน
 การผลิต และการซ่อมบำรุงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

5. นายเกรียงไกร เมธาวิวงศ์ ตำแหน่ง วิศวกรบริหารระบบ หน่วยมาตรฐาน เครื่องมือวัดบริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด วุฒิกการศึกษาปริญญาโท มีประสบการณ์ในการทำงาน ด้านการผลิต การสอบเทียบเครื่องมือวัด และการซ่อมบำรุงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

8. การวิเคราะห์ข้อมูล

เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อมาใช้ในการวิเคราะห์โดยใช้เกณฑ์ ดังนี้

8.1 ด้านภาคส่งสัญญาณ 4 ช่อง ที่ TX1 ถึง TX4

ที่ V_i -6.0 ถึง -4.0dB ไม่มีการแสดงผล ผลการวิเคราะห์ ผ่าน
มีการแสดงผล ผลการวิเคราะห์ ไม่ผ่าน
ที่ $V_i < -6.0$ หรือ $> -3.5dB$ ไม่มีการแสดงผล ผลการวิเคราะห์ ไม่ผ่าน
มีการแสดงผล ผลการวิเคราะห์ ผ่าน

8.2 ด้านภาครับสัญญาณ 2 ช่อง ที่ SPG และ HSG

ที่ V_i -6.0 ถึง -4.0 dB ไม่มีการแสดงผล ผลการวิเคราะห์ ผ่าน
มีการแสดงผล ผลการวิเคราะห์ ไม่ผ่าน
ที่ $V_i < -6.0$ หรือ $> -3.5dB$ ไม่มีการแสดงผล ผลการวิเคราะห์ ไม่ผ่าน
มีการแสดงผล ผลการวิเคราะห์ ผ่าน

สถิติที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศมีดังนี้

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$$\bar{X} = \sum X / N$$

$$\bar{X} = \text{ค่าเฉลี่ย}$$

$$\sum X = \text{ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด}$$

$$N = \text{จำนวนกลุ่มตัวอย่าง}$$

ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(Standard Deviation)

$$SD = \sqrt{\frac{N\sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}}$$

$$SD = \text{ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง}$$

$$\bar{X} = \text{ข้อมูลแต่ละจำนวน}$$

$$N = \text{จำนวนกลุ่มตัวอย่าง}$$

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ซึ่งมีรายละเอียดต่างๆที่ใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศคือ ออกแบบวงจรส่วนประกอบต่างๆ กำหนดวัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือที่ใช้ในการสร้าง กำหนดระยะเวลาที่ใช้ในการสร้างทดสอบปรับปรุงแก้ไขการทำงานของเครื่องตรวจสอบ ศึกษาประสิทธิภาพและประเมินสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ ดังนั้นผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากการทดลองใช้เครื่องมาทำการวิเคราะห์ซึ่งได้ผลดังนี้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การหาประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศให้ได้ตามเกณฑ์ของระบบสื่อสารจำลองรุ่น VCS 3802 ของบริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด ที่ตั้งไว้ดังนี้

แสดงผลการตรวจสอบเมื่อระดับสัญญาณเสียงทางด้านส่ง 4 ช่องสัญญาณ มีค่าผิดพลาดมากกว่า ± 1 dB ที่ระดับสัญญาณ -5 dB

แสดงผลการตรวจสอบเมื่อระดับสัญญาณเสียงทางด้านรับ 2 ช่องสัญญาณ มีค่าผิดพลาดมากกว่า ± 1 dB ที่ระดับสัญญาณ -5 dB

ขั้นตอนการทดลอง

ต่อวงจรตามขั้นตอนการทดลองดังภาพประกอบ 67 และ 68 แล้วป้อนสัญญาณตามรูปแล้วสังเกตดูผลจากจอแสดงผลนำมาเปรียบเทียบกับเงื่อนไขของการวิเคราะห์ผลการทดลองซึ่งจะได้ผลตามตาราง

ตาราง 1 การบันทึกผลการทดลองการหาประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบ เมื่อต่อ Vi เข้ากับ TX1
เป็นระดับสัญญาณเสียงทางด้านส่ง ช่องที่ 1

ระดับสัญญาณที่ TX1 (dB)	การแสดงผลข้อผิดพลาด	ผลการวิเคราะห์
-3.5	TX1 – TXG	ผ่าน
-3.6	TX1 – TXG	ผ่าน
-3.7	TX1 – TXG	ผ่าน
-3.8	TX1 – TXG	ผ่าน
-3.9	TX1 – TXG	ผ่าน
-4.0	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.1	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.2	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.3	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.4	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.5	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.6	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.7	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.8	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.9	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.0	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.1	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.2	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.3	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.4	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.5	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.6	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.7	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.8	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.9	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-6.0	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-6.1	TX1 – TXG	ผ่าน
-6.2	TX1 – TXG	ผ่าน

ตาราง 1 (ต่อ)

ระดับสัญญาณที่ TX1 (dB)	การแสดงผลข้อผิดพลาด	ผลการวิเคราะห์
-6.3	TX1 – TXG	ผ่าน
-6.4	TX1 – TXG	ผ่าน
-6.5	TX1 – TXG	ผ่าน

จากตาราง 1 แสดงว่าเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ มีการป้อนสัญญาณที่ TX1 ในช่วงระดับสัญญาณ -6.0 dB ถึง -4.0 dB เครื่องไม่แสดงผลข้อผิดพลาดและในช่วงที่มากกว่า -3.9 dB ถึง -3.5 dB มีการแสดงผลข้อผิดพลาด

ผลการวิเคราะห์จากตาราง 1 ได้ค่าประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบด้านส่งช่องที่ 1 ผ่านเกณฑ์ของระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ รุ่น VCS. 3802 ของบริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย

ตาราง 2 การบันทึกผลการทดลองการหาประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบ เมื่อต่อ Vi เข้ากับ TX2 เป็นระดับสัญญาณเสียงทางด้านส่ง ช่องที่ 2

ระดับสัญญาณที่ TX2 (dB)	การแสดงผลข้อผิดพลาด	ผลการวิเคราะห์
-3.5	TX2 – TXG	ผ่าน
-3.6	TX2 – TXG	ผ่าน
-3.7	TX2 – TXG	ผ่าน
-3.8	TX2 – TXG	ผ่าน
-3.9	TX2 – TXG	ผ่าน
-4.0	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.1	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.2	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.3	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.4	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.5	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.6	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.7	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.8	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.9	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.0	ไม่แสดงผล	ผ่าน

ตาราง 2 (ต่อ)

ระดับสัญญาณที่ TX2 (dB)	การแสดงผลข้อผิดพลาด	ผลการวิเคราะห์
-5.1	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.2	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.3	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.4	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.5	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.6	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.7	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.8	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.9	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-6.0	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-6.1	TX2 – TXG	ผ่าน
-6.2	TX2 – TXG	ผ่าน
-6.3	TX2 – TXG	ผ่าน
-6.4	TX2 – TXG	ผ่าน
-6.5	TX2 – TXG	ผ่าน

จากตาราง 2 แสดงว่าเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ มีการป้อนสัญญาณที่ TX2 ในช่วงระดับสัญญาณ -6.0 dB ถึง -4.0 dB เครื่องไม่แสดงผลข้อผิดพลาดและในช่วงที่มากกว่า -3.9 dB ถึง -3.5 dB มีการแสดงผลข้อผิดพลาด

ผลการวิเคราะห์จากตาราง 2 ได้ค่าประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบด้านส่งช่องที่ 2 ผ่านเกณฑ์ของระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ รุ่น VCS. 3802 ของบริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย

ตาราง 3 การบันทึกผลการทดลองการหาประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบเมื่อต่อ Vi เข้ากับ TX3
เป็นระดับสัญญาณเสียงทางด้านส่ง ช่องที่ 3

ระดับสัญญาณที่ TX3 (dB)	การแสดงผล	ผลการวิเคราะห์
-3.5	TX3 – TXG	ผ่าน
-3.6	TX3 – TXG	ผ่าน
-3.7	TX3 – TXG	ผ่าน
-3.8	TX3 – TXG	ผ่าน
-3.9	TX3 – TXG	ผ่าน
-4.0	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.1	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.2	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.3	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.4	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.5	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.6	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.7	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.8	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.9	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.0	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.1	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.2	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.3	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.4	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.5	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.6	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.7	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.8	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.9	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-6.0	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-6.1	TX3 – TXG	ผ่าน
-6.2	TX3 – TXG	ผ่าน

ตาราง 3 (ต่อ)

ระดับสัญญาณที่ TX3 (dB)	การแสดงผลข้อผิดพลาด	ผลการวิเคราะห์
-6.3	TX3 – TXG	ผ่าน
-6.4	TX3 – TXG	ผ่าน
-6.5	TX3 – TXG	ผ่าน

จากตาราง 3 แสดงว่าเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ มีการบ่อนสัญญาณที่ TX3 ในช่วงระดับสัญญาณ -6.0 dB ถึง -4.0 dB เครื่องไม่แสดงผลข้อผิดพลาดและในช่วงที่มากกว่า -3.9 dB ถึง -3.5 dB มีการแสดงผลข้อผิดพลาด

ผลการวิเคราะห์จากตาราง 3 ได้ค่าประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบด้านส่งช่องที่ 3 ผ่านเกณฑ์ของระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ รุ่น VCS. 3802 ของบริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย

ตาราง 4 การบันทึกผลการทดลองการหาประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบเมื่อต่อ Vi เข้ากับ TX4 เป็นระดับสัญญาณเสียงทางด้านส่ง ช่องที่ 4

ระดับสัญญาณที่ TX4 (dB)	การแสดงผล	ผลการวิเคราะห์
-3.5	TX4 – TXG	ผ่าน
-3.6	TX4 – TXG	ผ่าน
-3.7	TX4 – TXG	ผ่าน
-3.8	TX4 – TXG	ผ่าน
-3.9	TX4 – TXG	ผ่าน
-4.0	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.1	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.2	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.3	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.4	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.5	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.6	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.7	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.8	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.9	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.0	ไม่แสดงผล	ผ่าน

ตาราง 4 (ต่อ)

ระดับสัญญาณที่ TX4 (dB)	การแสดงผล	ผลการวิเคราะห์
-5.1	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.2	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.3	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.4	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.5	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.6	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.7	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.8	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.9	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-6.0	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-6.1	TX4 – TXG	ผ่าน
-6.2	TX4 – TXG	ผ่าน
-6.3	TX4 – TXG	ผ่าน
-6.4	TX4 – TXG	ผ่าน
-6.5	TX4 – TXG	ผ่าน

จากตาราง 4 แสดงว่าเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ มีการป้อนสัญญาณที่ TX4 ในช่วงระดับสัญญาณ -6.0 dB ถึง -4.0 dB เครื่องไม่แสดงผลข้อผิดพลาดและในช่วงที่มากกว่า -3.9 dB ถึง -3.5 dB มีการแสดงผลข้อผิดพลาด

ผลการวิเคราะห์จากตาราง 4 ได้ค่าประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบด้านส่งช่องที่ 4 ผ่านเกณฑ์ของระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ รุ่น VCS. 3802 ของบริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย

ตาราง 5 การบันทึกผลการทดลองการหาประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบเมื่อต่อ Vi เข้ากับ SPG
เป็นระดับสัญญาณเสียงทางด้านรับ ช่องที่ 1

ระดับสัญญาณที่ SPG (dB)	การแสดงผล	ผลการวิเคราะห์
-3.5	SPG – TXG	ผ่าน
-3.6	SPG – TXG	ผ่าน
-3.7	SPG – TXG	ผ่าน
-3.8	SPG – TXG	ผ่าน
-3.9	SPG – TXG	ผ่าน
-4.0	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.1	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.2	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.3	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.4	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.5	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.6	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.7	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.8	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.9	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.0	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.1	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.2	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.3	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.4	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.5	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.6	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.7	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.8	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.9	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-6.0	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-6.1	SPG – TXG	ผ่าน
-6.2	SPG – TXG	ผ่าน

ตาราง 5 (ต่อ)

ระดับสัญญาณที่ SPG (dB)	การแสดงผลข้อผิดพลาด	ผลการวิเคราะห์
-6.3	SPG – TXG	ผ่าน
-6.4	SPG – TXG	ผ่าน
-6.5	SPG – TXG	ผ่าน

จากตาราง 5 แสดงว่าเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ มีการป้อนสัญญาณที่ SPG ในช่วงระดับสัญญาณ -6.0 dB ถึง -4.0 dB เครื่องไม่แสดงผลข้อผิดพลาดและในช่วงที่มากกว่า -3.9 dB ถึง -3.5 dB มีการแสดงผลข้อผิดพลาด

ผลการวิเคราะห์จากตาราง 4 ได้ค่าประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบด้านรับช่องที่ 1 ผ่านเกณฑ์ของระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ รุ่น VCS. 3802 ของบริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย

ตาราง 6 การบันทึกผลการทดลองการหาประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบเมื่อต่อ Vi เข้ากับ HSG เป็นระดับสัญญาณเสียงทางด้านรับ ช่องที่ 2

ระดับสัญญาณที่ HSG (dB)	การแสดงผล	ผลการวิเคราะห์
-3.5	HSG – TXG	ผ่าน
-3.6	HSG – TXG	ผ่าน
-3.7	HSG – TXG	ผ่าน
-3.8	HSG – TXG	ผ่าน
-3.9	HSG – TXG	ผ่าน
-4.0	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.1	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.2	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.3	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.4	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.5	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.6	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.7	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.8	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-4.9	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.0	ไม่แสดงผล	ผ่าน

ตาราง 6 (ต่อ)

ระดับสัญญาณที่ HSG (dB)	การแสดงผลข้อผิดพลาด	ผลการวิเคราะห์
-5.1	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.2	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.3	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.4	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.5	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.6	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.7	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.8	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-5.9	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-6.0	ไม่แสดงผล	ผ่าน
-6.1	HSG – TXG	ผ่าน
-6.2	HSG – TXG	ผ่าน
-6.3	HSG – TXG	ผ่าน
-6.4	HSG – TXG	ผ่าน
-6.5	HSG – TXG	ผ่าน

จากตาราง 6 แสดงว่าเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ มีการป้อนสัญญาณที่ HSG ในช่วงระดับสัญญาณ -6.0 dB ถึง -4.0 dB เครื่องไม่แสดงผลข้อผิดพลาดและในช่วงที่มากกว่า -3.9 dB ถึง -3.5 dB มีการแสดงผลข้อผิดพลาด

ผลการวิเคราะห์จากตาราง 4 ได้ค่าประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบด้านรับช่องที่ 2 ผ่านเกณฑ์ของระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ รุ่น VCS. 3802 ของบริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย

2. การประเมินสมรรถนะโดยผู้เชี่ยวชาญ ของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสาร จำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศได้ทำการประเมิน 2 ด้านคือ ด้านการออกแบบวงจรและด้าน ลักษณะการใช้งานดังต่อไปนี้

ตาราง 7 แสดงรายละเอียดสมรรถนะด้านการออกแบบและด้านลักษณะการใช้งานของเครื่องตรวจสอบ อุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ

รายละเอียดสมรรถนะ	\bar{X}	SD	แปลความ
ด้านการออกแบบวงจร			
การออกแบบขนาดและรูปร่าง	4.80	0.45	ดีมาก
การจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์บนแผ่นวงจร	4.40	0.55	ดี
การออกแบบรูปแบบขั้นตอนการทำงาน	4.60	0.55	ดีมาก
การเชื่อมโยงสายภายในเครื่อง	4.80	0.45	ดีมาก
ความเหมาะสมของวงจรในการใช้งาน	4.20	0.45	ดี
ค่าเฉลี่ยในด้านการออกแบบวงจร	4.56	0.49	ดีมาก
ด้านลักษณะการใช้งาน			
การติดตั้งใช้งาน	4.40	0.55	ดี
การเคลื่อนย้าย	4.80	0.45	ดีมาก
การใช้งานเครื่องถูกต้องตามสรีระการทำงาน	4.60	0.55	ดีมาก
สามารถวิเคราะห์จุดบกพร่องได้	4.60	0.55	ดีมาก
การใช้งานปุ่มกดต่างๆ จอแสดงผลและการบำรุงรักษา	4.60	0.55	ดีมาก
ค่าเฉลี่ยในลักษณะการใช้งาน	4.60	0.53	ดีมาก
เฉลี่ยรวม	4.58	0.51	ดีมาก

จากตาราง 7 แสดงสมรรถนะด้านการออกแบบและด้านลักษณะการใช้งานตามรายละเอียด ดังต่อไปนี้

สมรรถนะด้านการออกแบบ ประกอบด้วยข้อ 1-5 โดยผู้เชี่ยวชาญได้ทำการประเมินผลในภาพรวม ว่า ดีมาก ค่าเฉลี่ย 4.56 เมื่อพิจารณาในรายละเอียดพบว่า เครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ มีการออกแบบขนาดและรูปร่างกับการเชื่อมโยงสายภายในเครื่อง ดีมาก ค่าเฉลี่ยสูงสุด 4.80 รองลงมาคือ การออกแบบรูปแบบขั้นตอนการทำงานและการจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์บนแผ่นวงจร คือ 4.60 ระดับดีมาก และ 4.40 ระดับดี การประเมินต่ำสุดคือ ความเหมาะสมของวงจรในการใช้งาน 4.20 ระดับดี

ด้านลักษณะการใช้งาน ประกอบด้วยข้อ 1-5 โดยผู้เชี่ยวชาญได้ทำการประเมินผลในภาพรวมว่า ดีมาก ค่าเฉลี่ย 4.60 เมื่อพิจารณาในรายละเอียดพบว่า การเคลื่อนย้าย ระดับดีมาก 4.80 การใช้งานเครื่องถูกต้องตามสรีระการทำงาน, สามารถวิเคราะห์จุดบกพร่องได้และการใช้งานปุ่มกดต่างๆ จอแสดงผลและการบำรุงรักษา อยู่ในระดับดีมาก ค่าเฉลี่ยสูงสุด 4.60 ค่าต่ำสุดคือ การติดตั้งใช้งาน อยู่ในระดับดี 4.40

ตาราง 8 ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ 5 คนที่มีต่อสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ

ข้อเสนอแนะ	จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ให้ข้อเสนอแนะ
1. ควรตรวจสอบและแสดงผลในจุดเสียได้ละเอียดมากกว่านี้	1
2. ในส่วนของแหล่งจ่ายไฟควรมีฟิวส์เพื่อตัดไฟเมื่อมีไฟลัดวงจร	1
3. รูปลักษณ์ของกล่องบรรจุควรมีการออกแบบให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานคือมีช่องเสียบอุปกรณ์เชื่อมต่อด้านบนของเครื่องเพื่อความสะดวกมากด้านหน้า	1
4. ควรออกแบบเพื่อให้ตรวจสอบที่ความถี่อื่นๆได้ด้วย	1
5. ควรออกแบบเพื่อให้ตรวจสอบอุปกรณ์อื่นได้ไม่ใช่ตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อได้อย่างเดียว	1

บทที่ 5

สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยการออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบมีรายละเอียดดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ความมุ่งหมายของการวิจัยครั้งนี้เพื่อ

1. ออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อ สำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ
2. ศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อ สำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ ให้ได้ตามเกณฑ์ของระบบสื่อสารจำลองที่กำหนดไว้

ความสำคัญของการวิจัย

ผลการวิจัยครั้งนี้ได้เครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อ สำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ ซึ่งสามารถลดค่าใช้จ่ายในการเตรียมระบบสื่อสารจำลองเพื่อใช้สำหรับทดสอบและลดขั้นตอนที่ใช้ในการตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อ อีกทั้งยังเป็นการนำเอาเทคโนโลยีของไมโครคอนโทรลเลอร์ไปพัฒนาและประยุกต์ใช้ในงานที่ต้องการประโยชน์ในแนวคล้ายคลึงกันได้

สมมุติฐานในการวิจัย

เครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศที่ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ของระบบสื่อสารจำลองรุ่น VCS 3802 ของบริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด

การดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งกระบวนการวิจัยเป็นขั้นตอนดังนี้คือ
ขั้นตอนที่ 1 ออกแบบวงจรต่างๆ ของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ ดังนี้

- 1.1 วงจรกำเนิดสัญญาณ
- 1.2 วงจรเปรียบเทียบสัญญาณจากการต่อร่วมกับอุปกรณ์เชื่อมต่อซึ่งจะทำการเปรียบเทียบได้ดังนี้

ด้านภาคส่งสัญญาณ 4 ช่องสัญญาณ

ด้านภาครับสัญญาณ 2 ช่องสัญญาณ

- 1.3 คู่มือการใช้งานของเครื่องตรวจสอบ

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ มีวิธีการดังนี้

- 2.1 ออกแบบลายวงจรและผลิตแผ่นวงจร
- 2.2 ลงอุปกรณ์บนแผ่นวงจร
- 2.3 ผลิตกล่อง
- 2.4 ประกอบเครื่อง

ขั้นตอนที่ 3 ตรวจสอบการออกแบบวงจรโดยผู้เชี่ยวชาญ

ขั้นตอนที่ 4 นำเครื่องตรวจสอบไปทดสอบหาประสิทธิภาพและวิเคราะห์ผล

การทดสอบหาประสิทธิภาพ

โดยการต่อสัญญาณ Vi เข้ากับ TX1- TX 4 ซึ่งเป็นภาคส่งสัญญาณ 4 ช่องสัญญาณและต่อเข้ากับ SPG และ HSG เป็นภาครับ 2 ช่อง สังเกตดูจอแสดงผลของเครื่อง(ดังภาพประกอบ 68 และ 69)แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับเงื่อนไขของการวิเคราะห์ผล

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ออกแบบวงจรเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ แล้วทดลองการทำงานหาประสิทธิภาพและสมรรถนะ ของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้นำผลการวิจัยมานำเสนอเป็นหัวข้อเพื่อให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการวิจัยดังนี้

1. การออกแบบวงจรของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศโดยนำมาทดสอบหาประสิทธิภาพให้ได้ตามเกณฑ์ของระบบสื่อสารจำลองรุ่น VCS. 3802 ของบริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด ซึ่งมีส่วนประกอบของวงจรในส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1.1 วงจรกำเนิดสัญญาณ ในการออกแบบวงจรส่วนนี้จะใช้ไอซีเบอร์ 555 เป็นไอซีที่ประยุกต์ใช้งานในด้านการผลิตความถี่ซึ่งมีความแม่นยำสูง ความถี่ที่ผลิตได้เป็นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม(Square Wave) และในวงจรที่ได้ทำการออกแบบให้ผลิตความถี่เท่ากับ 1020Hz

1.2 เปรียบเทียบสัญญาณ ผู้วิจัยได้เลือกใช้ไอซีเบอร์ LM 1458 มาใช้ในการออกแบบวงจรเปรียบเทียบซึ่งเป็นวงจรที่เราใช้ในการตรวจสอบ voltage ของ input หนึ่งว่ามีขนาดสูงหรือต่ำกว่า input หนึ่งหรือไม่

1.3 ส่วนควบคุมการทำงานโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เนื่องจากโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์มีอุปกรณ์สนับสนุนอยู่ภายในทำให้การใช้งานง่ายขึ้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยไม่ต้องเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกเพิ่มเติมมาก

1.4 ภาคแสดงผลจอแสดงผลแบบผลึกเหลว โดยใช้วงจรสำเร็จรูปสามารถแสดงผลเป็นรูปตัวอักษรแบบต่างๆได้มีน้ำหนักเบา ราคาถูก กินกำลังไฟขณะทำงานน้อย

2. ประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศโดยทำการทดลองตามขั้นตอนของการทดลองคือ เมื่อป้อนสัญญาณเข้าทางด้านส่ง 4 ช่องสัญญาณและทางด้านรับ 2 ช่องสัญญาณของเครื่องตรวจสอบ ผลปรากฏว่าเครื่องได้แสดงผลที่จอแสดงผลตามที่มีการป้อนสัญญาณที่อยู่ในช่วงระดับสัญญาณ -6.0 dB ถึง -4.0 dB เครื่องไม่แสดงผลข้อผิดพลาดและในช่วงที่มากกว่า -3.9 dB ถึง -3.5 dB มีการแสดงผลข้อผิดพลาด ซึ่งจากผลที่แสดงจะได้ค่าประสิทธิภาพของเครื่องตรวจสอบด้านส่งและรับผ่านเกณฑ์ของระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ รุ่น VCS. 3802 ของบริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย

3. การประเมินสมรรถนะของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศโดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ทำการประเมินดังผลการประเมินดังนี้

3.1 สมรรถนะด้านการออกแบบ 5 ข้อ คือ การออกแบบขนาดและรูปร่าง การจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์บนแผงวงจร การออกแบบรูปแบบขั้นตอนการทำงาน การเชื่อมสายภายในเครื่อง ความเหมาะสมของวงจรในการใช้งาน ผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย 4.56 ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐาน

3.2 สมรรถนะด้านลักษณะการใช้งาน 5 ข้อ คือ การติดตั้งใช้งาน การเคลื่อนย้าย การใช้งานเครื่องถูกต้องตามสรีระการทำงาน สามารถวิเคราะห์จุดบกพร่องได้ การใช้งานปุ่มกดต่างๆ จอแสดงผลและการบำรุงรักษา มีผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ย 4.60 ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐาน

อภิปรายผล

จากสมมุติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้คือ เครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศที่ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ของระบบสื่อสารจำลองรุ่น VCS. 3802 ของบริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด และมีสมรรถนะอยู่ในเกณฑ์ดี ซึ่งมีความสอดคล้องกับผลการวิจัยในบทที่ 4 คือ

ในด้านสมมุติฐานการวิจัยเกี่ยวกับการหาประสิทธิภาพโดยทำการทดลองต่อวงจรแล้วสังเกตผลที่จอแสดงผล เปรียบเทียบกับเกณฑ์ของระบบสื่อสารจำลองรุ่น VCS. 3802 ของบริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด ที่ตั้งไว้ผลที่ได้ปรากฏว่าเครื่องตรวจสอบได้แสดงผลผ่านตรงกับเกณฑ์คือ แสดงผลการตรวจสอบเมื่อระดับสัญญาณเสียงทางด้านส่ง 4 ช่องสัญญาณ มีค่าผิดพลาดมากกว่า ± 1 dB ที่ระดับสัญญาณ -5 dB และแสดงผลการตรวจสอบเมื่อระดับสัญญาณเสียงทางด้านรับ 2 ช่องสัญญาณ มีค่าผิดพลาดมากกว่า ± 1 dB ที่ระดับสัญญาณ -5 dB จากผลที่ได้เกิดขึ้นจากวงจรภายในซึ่งประกอบด้วย วงจรส่วนควบคุมการทำงานโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 หน่วยประมวลผลเป็นส่วนควบคุมการทำงานของเครื่องทั้งหมดได้ทำการโปรแกรมควบคุมของระบบที่ใช้เป็นภาษาซีเข้าไปในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทำให้มีการแสดงผลได้ตรงกับเกณฑ์ ตามหลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์สอดคล้องกับงานวิจัยของ วรพล ลีลาเกียรติกุลและคณะ (2537) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องจำลองสัญญาณเวลาดิจิทัลโดยในการทำงานทางด้านระบบไมโครโปรเซสเซอร์จะแบ่งการทำงาน 2 ลักษณะคือ 1. การออกแบบและพัฒนาระบบ 2. การซ่อมบำรุง ซึ่งการทำงานทั้งสองลักษณะนี้จะมีกระบวนการหนึ่งที่คล้ายคลึงกันคือการตรวจสอบการทำงานของ วงจรที่ออกแบบเสร็จหรือตรวจหาจุดผิดพลาดของวงจรที่ต้องการตรวจสอบ ถ้าเป็นการตรวจสอบการทำงานของวงจรที่ออกแบบเสร็จ วิธีหนึ่งที่จะทำให้ทราบว่าจะวงจรที่ได้รับการออกแบบทำงานถูกต้องหรือไม่อาจจะใช้วิธีการตรวจสอบทางด้านซอฟต์แวร์กล่าวคือใช้ซอฟต์แวร์จำลองการทำงานแต่ในการสร้างวงจรทางด้านฮาร์ดแวร์แล้ว

แต่ปัจจัยที่จะทำให้เกิดข้อผิดพลาดมีอยู่หลายอย่างแม้มีการตรวจสอบจากซอฟต์แวร์แล้วก็ตาม ถ้าวงจรที่ทำการตรวจสอบเป็น วงจรดิจิทัลที่ไม่ซับซ้อนมากนักการป้อนข้อมูลเพื่อทำการตรวจสอบก็ไม่ยุ่งยากมากนัก แต่ถ้าวงจรที่ออกแบบนี้เป็นวงจรที่ทำงานด้วยสัญญาณนาฬิกาหรือเป็นวงจรที่ควบคุมด้วยระบบไมโครโปรเซสเซอร์แล้วจะเน้นการให้ข้อมูลอินพุตเพื่อตรวจสอบจึงยุ่งยากและเสียเวลาในการตรวจสอบมากขึ้นในการแก้ปัญหา ส่วนของวงจรสร้างสัญญาณ 1020 Hz โดยใช้ IC 555 เพราะเป็น IC เบอร์ 555 เป็น IC ที่เรารู้จักกันดีและสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้กว้างขวาง ในที่นี้เรานำ IC 555 มาใช้งานเป็นวงจรถูกกำเนิดความถี่ที่ต้องการ ซึ่งวงจรส่วนนี้ได้ผลิตความถี่ตรงตามที่กำหนดไว้ซึ่งจะสอดคล้องตามทฤษฎีของวงจรถูกกำเนิดความถี่ของ สุนัน แสงโพธิ์ สุทิน ดันรัตน์กรและ Advanced Engineering Group(104) และส่วนที่เป็นวงจรถูกเปรียบเทียบระดับสัญญาณที่ใช้ในวงจรถูกอิเล็กทรอนิกส์ใช้อุปกรณ์Op-ampเป็นส่วนประกอบพื้นฐานในการสร้างวงจรถูกเปรียบเทียบแรงดัน(VoltageComparator)เพื่อการเปรียบเทียบแรงดันกับแรงดันอ้างอิง(ReferenceVoltage) ตามทฤษฎีการทำงานของ Op Amp

ด้านสมรรถนะโดยรวมของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ อยู่ในเกณฑ์ดีเช่น การออกแบบขนาดและรูปร่าง การจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์บนแผ่นวงจร การจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์บนแผ่นวงจร การออกแบบรูปแบบขั้นตอนการทำงาน การเชื่อมโยงสายภายในเครื่อง ความเหมาะสมของวงจรในการใช้งานดี การติดตั้งใช้งานง่าย การเคลื่อนย้ายสะดวก การใช้งานเครื่องถูกต้องตามสรีระการทำงาน สามารถวิเคราะห์จุดบกพร่องได้ การใช้งานปุ่มกดต่างๆ จอแสดงผลและการบำรุงรักษา ซึ่งการใช้งานของเครื่องตรงตามคู่มือการใช้งานและตารางลำดับขั้นการตรวจสอบเมื่อมีการผลิตใหม่และเมื่อมีอาการเสีย

ข้อเสนอแนะ

เพื่อให้การวิจัยนี้สมบูรณ์ผู้วิจัยจึงได้ เสนอแนะเพื่อให้เกิดแนวคิดใหม่ๆ เกี่ยวกับงานวิจัยนี้และสำหรับการวิจัยครั้งต่อไปดังนี้

1. จากการออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการใช้งานดังนี้

1.1 ควรตรวจสอบและแสดงผลในจุดเสียได้ละเอียดมากกว่านี้

1.2 ในส่วนของแหล่งจ่ายไฟควรมีฟิวส์เพื่อตัดไฟเมื่อมีไฟลัดวงจร

1.3 รูปลักษณ์ของกล่องบรรจุควรมีการออกแบบให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานคือมีช่องเสียบอุปกรณ์เชื่อมต่อด้านบนของเครื่องเพื่อความสะดวกมากด้านหน้า

1.4 ควรออกแบบเพื่อให้ตรวจสอบที่ความถี่อื่นๆได้ด้วย

1.5 ควรออกแบบเพื่อให้ตรวจสอบอุปกรณ์อื่นได้ไม่ใช่ตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อได้อย่างเดียว

เดียว

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป ควรมีการศึกษาวงจรเพิ่มเติม ในส่วนของการตรวจสอบเพื่อออกแบบให้สามารถแสดงผลของระดับสัญญาณระหว่างสัญญาณป้อนเข้ากับสัญญาณที่อ้างอิงและสามารถตรวจสอบได้ในอีกหลายจุด

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- ธีรพงษ์ กิตติสยาม. (2529). *สร้างชุดอุปกรณ์เชื่อมต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ พร้อมโปรแกรมควบคุมเพื่อใช้วัดระดับแรงดันไฟฟ้าและอุณหภูมิ*. ปริญญาโท กศ.ม. กรุงเทพฯ:บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร
- นัทที ฉุยฉาย. (2542). *การออกแบบและสร้างชุดควบคุมเชื่อมต่อบริษัทวิทยุสื่อสาร*. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. ถ่ายเอกสาร
- บริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด. (2538) . *รายงานการปฏิบัติงานของบริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย*. กรุงเทพฯ : กองการเจ้าหน้าที่สวัสดิการ บริษัทฯ.
- . (2534). *แผนวิสาหกิจฉบับที่ 7 ปี 2534-2546*. กรุงเทพฯ : ม.ป.พ.
- . (2543). *Voice Communication Simulator (VCS 3802) : คู่มือทางเทคนิค*. กรุงเทพฯ : กองการผลิต. บริษัทฯ. ม.ป.พ.
- . (2544). *ATC Radar Simulator:คู่มือการใช้งาน*.กรุงเทพฯ : กองการผลิต. บริษัทฯ. ม.ป.พ.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- ยีน ภู่วรรณ. (2521ก).*ทฤษฎีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์ เล่ม 2* กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- . (2534ข). *ทฤษฎีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์ เล่ม 3* กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- วรพล ลีลาเกียรติกุล และคณะ. (2537)."*เครื่องจำลองสัญญาณเวลาดิจิตอล* " ในการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 17. หน้า 355-357. กรุงเทพฯ : วิศวกรรมศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- อภิชาติ งามวิลัย และ ศิริ ก้อนทอง. (2537). "*การออกแบบชุดระบบเชื่อมต่อโทรศัพท์อัตโนมัติโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์*" ในการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 17 หน้า 188-192, กรุงเทพฯ : วิศวกรรมศาสตร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- Balci&Hikmet.(1999). *A new adaptive defrost method, its instrumentation, and experimental verification*.
- Schmit&Roger.(2003). *Design of a portation pulse rate meter* .
- http://homeaerothai.or.th/organize/test5/policyaero/body_policyaerohtml: May.2002
- <http://come.to/nakon> july.2002
- <http://elec.chandra.ac.th/tipntrick/timer>.september.2002
- http://www.electhai.com/E_classroom/class_astable.htm: november.2002
- <http://www.mitedu.freemove.co.uk/Circuits/Switching/comparator.htm> : november.2002
- <http://home.cogeco.ca/~rpaisley4/Comparators.html> : January 2003
- <http://203.154.220.127/~elec2/paraopamp.php>.19 May2003)

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
จดหมายขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ



บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๔๒ พฤศจิกายน 2546

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการกองการผลิต บริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด

เนื่องด้วย นายรัตตัญญู กลิ่นพิกุล นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญาโท เรื่อง “ออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ” โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์บุทโธ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญาโท ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ นายกัมปนาท เรืองราษฎร์ ผู้จัดการงานวิศวกรรม นายเกียรติศักดิ์ เจริญบุญ วิศวกรระบบอาวุโส นายชายเทพ รอดยวบ วิศวกรระบบอาวุโส นายสิทธิพงษ์ ศรีสุวรรณ วิศวกรบริหารระบบ และ นายเกรียงไกร เมธาวิวงศ์ วิศวกรบริหารระบบ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลอง

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อฯ ให้ นายรัตตัญญู กลิ่นพิกุล และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

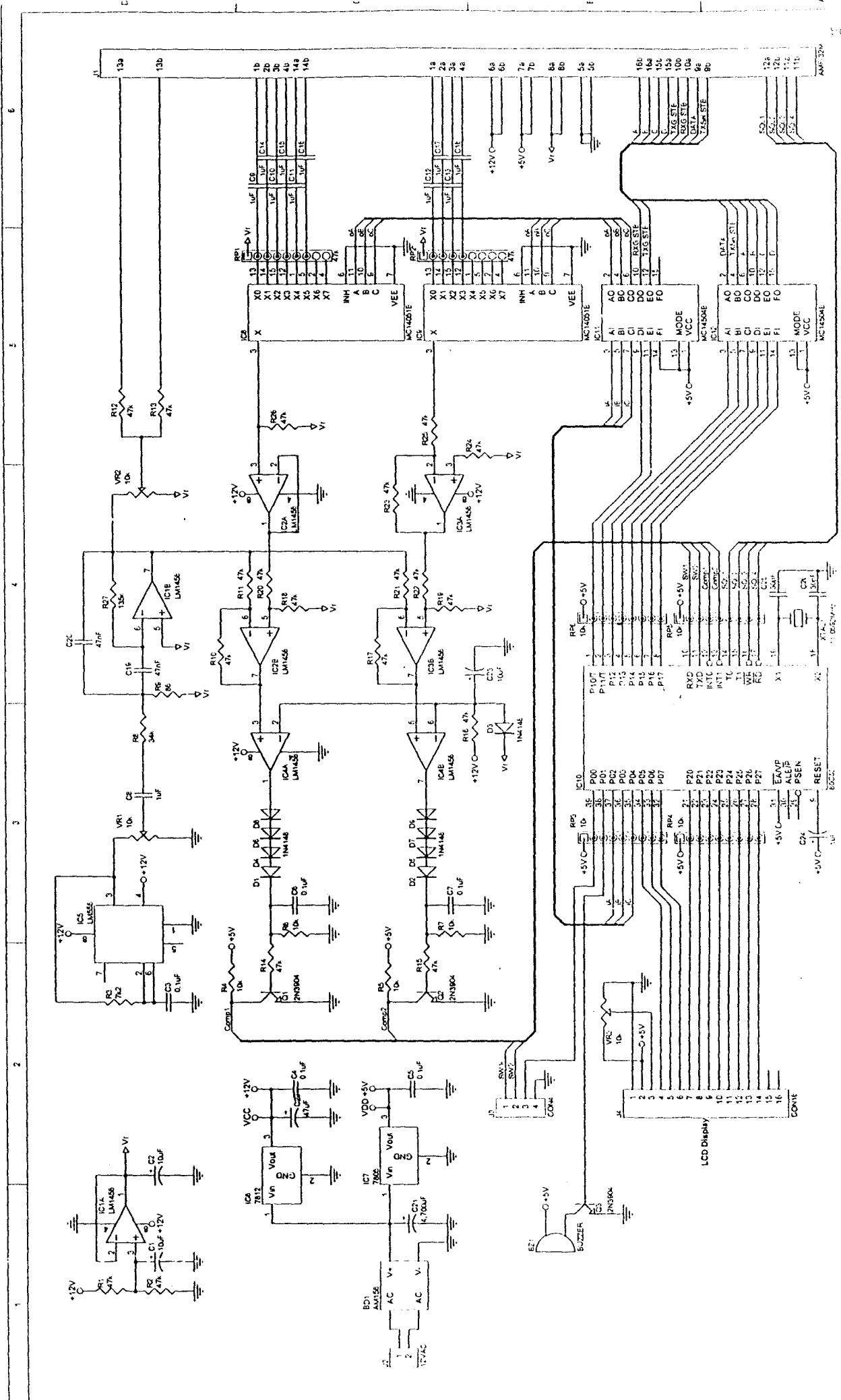
(รองศาสตราจารย์นภาพรณ์ หะวานนท์)
รักษาราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

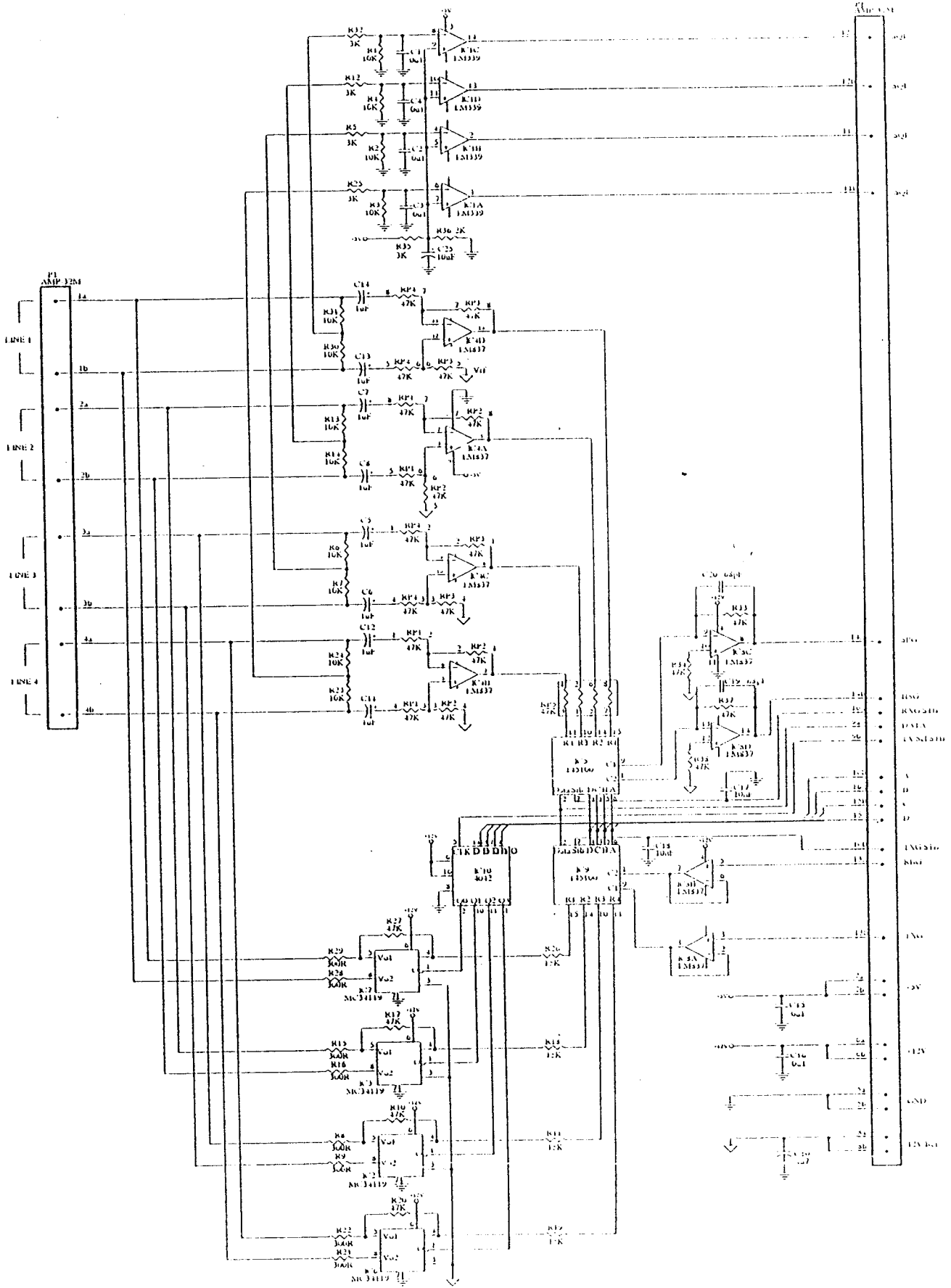
โทร. 02-664-1000 ต่อ 5618, 5731

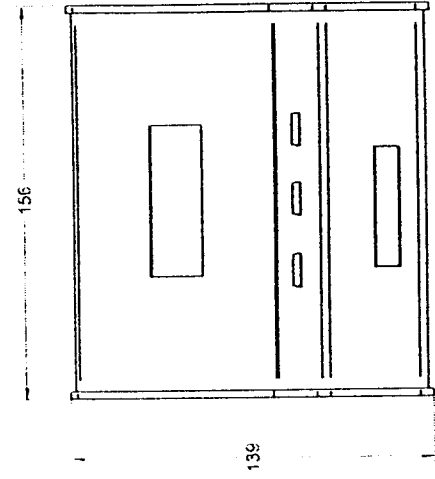
หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 02-2859230 มือถือ 01-9193125

ภาคผนวก ข
โครงสร้าง วงจรและแบบกล่อง

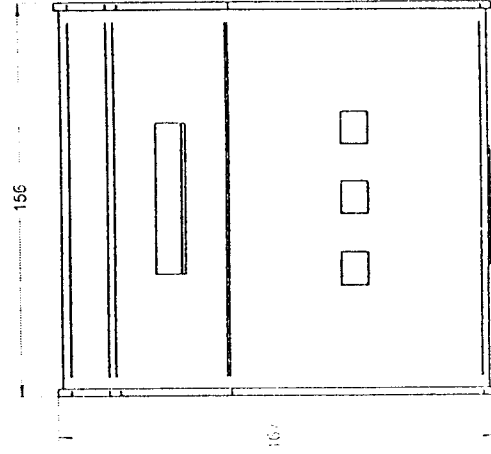


Checked by: _____
 Drawn by: _____
 Approved by: _____
 The Line Interface Tester
 Date: _____
 Scale: _____
 Project: _____
 Page: _____ of _____
 Title: _____

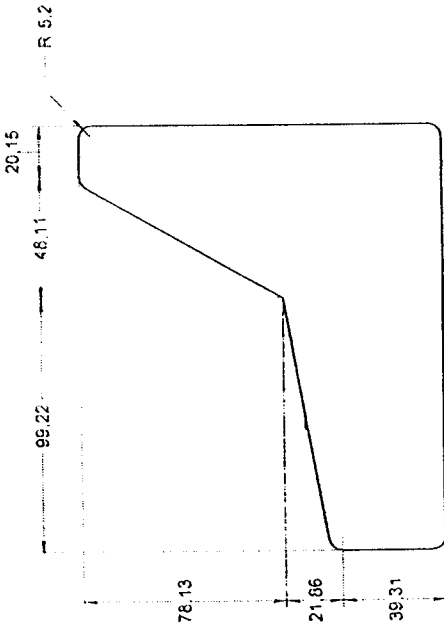




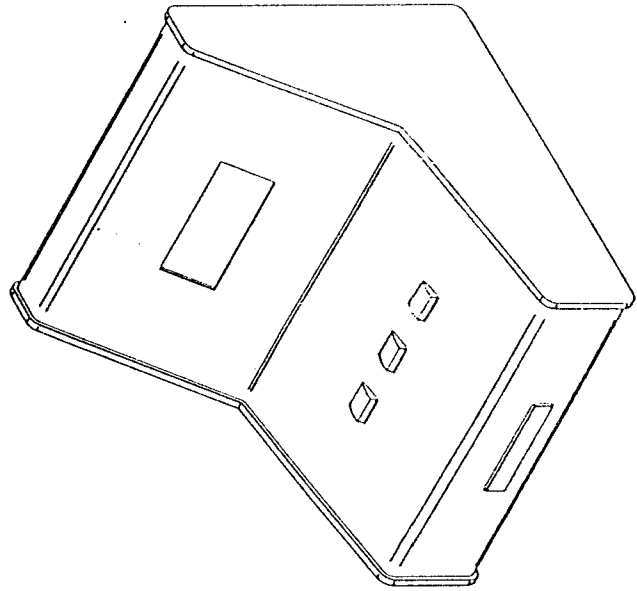
FRONT VIEW



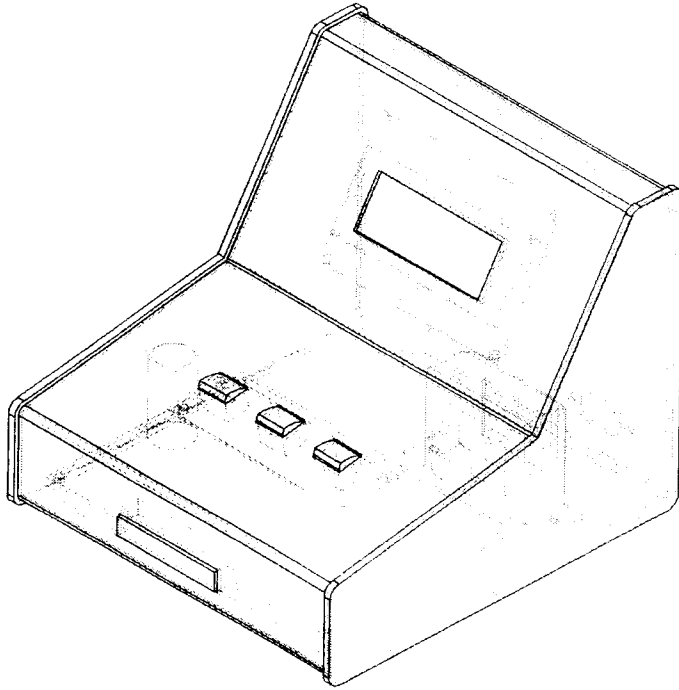
TOP VIEW



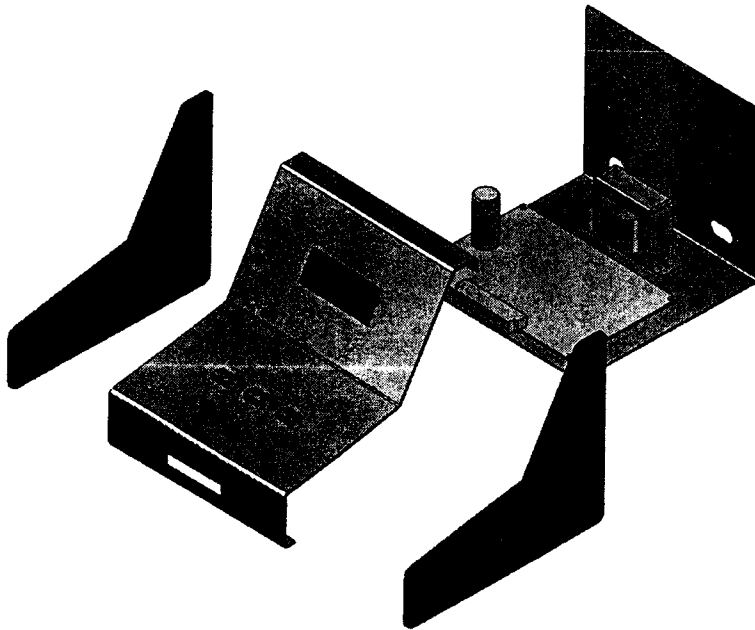
RIGHT VIEW



ISOMETRIC VIEW



ภาพประกอบ 65 แสดงโครงสร้างภายในของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อ

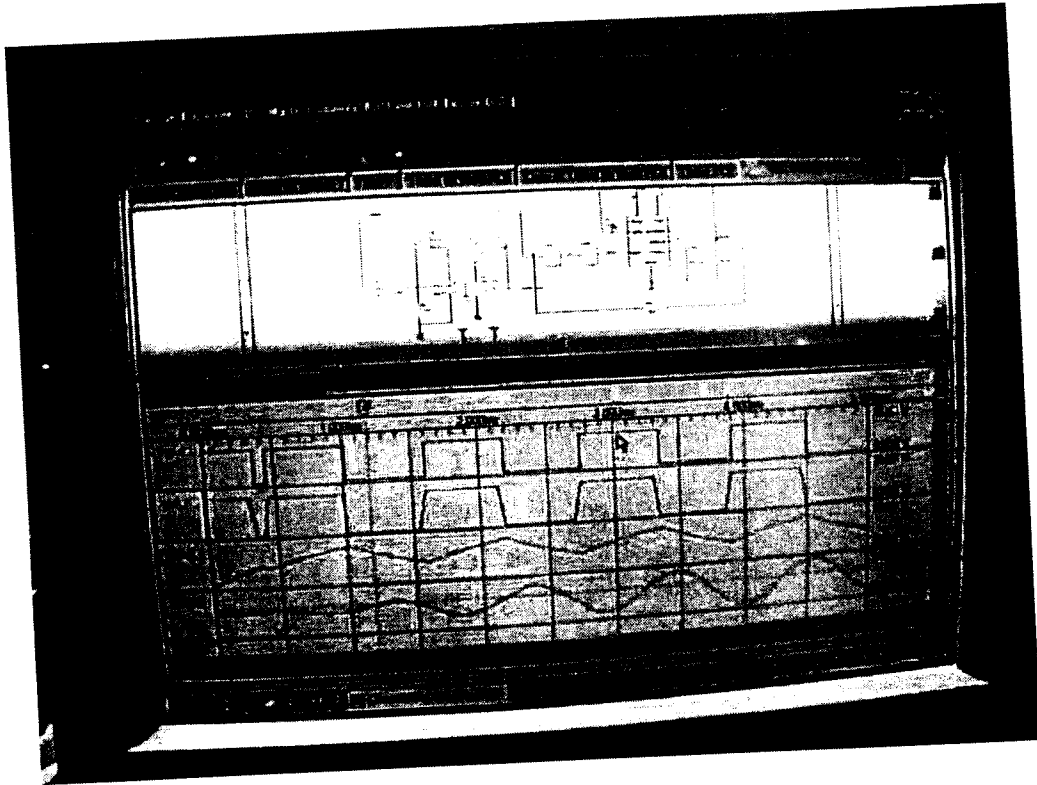


ภาพประกอบ 66 แสดงส่วนประกอบของกล่อง

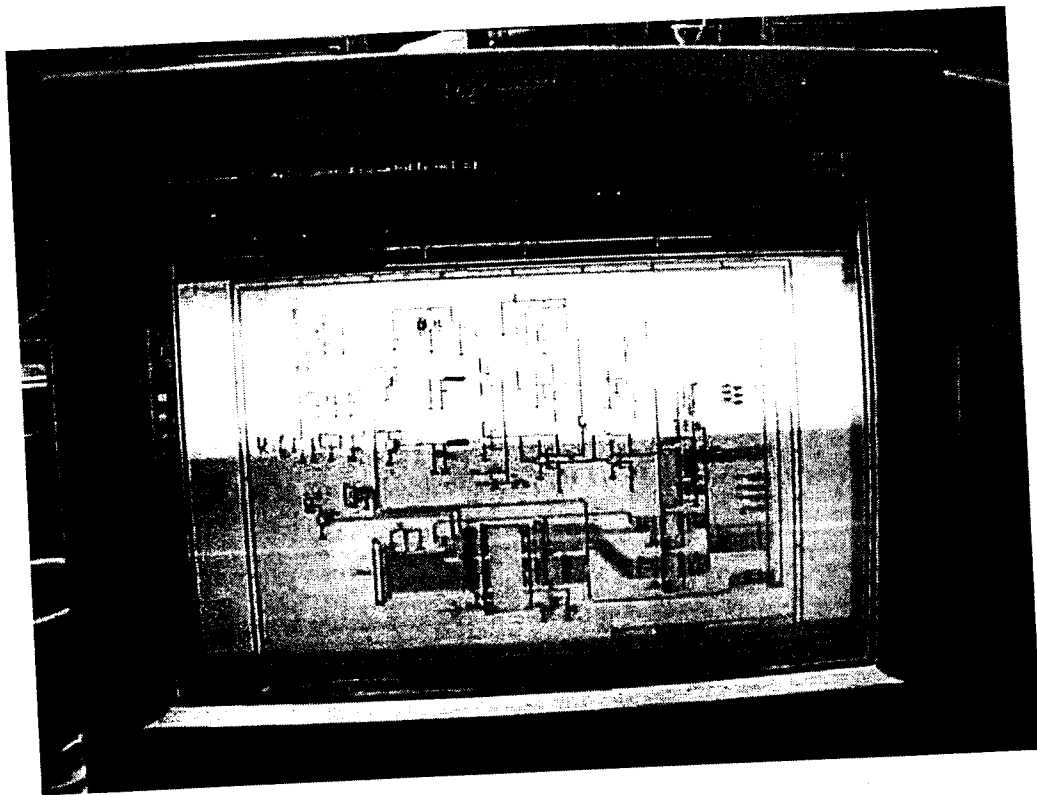


ภาพประกอบ 67 แสดงแบบรูปลักษณะของเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อ

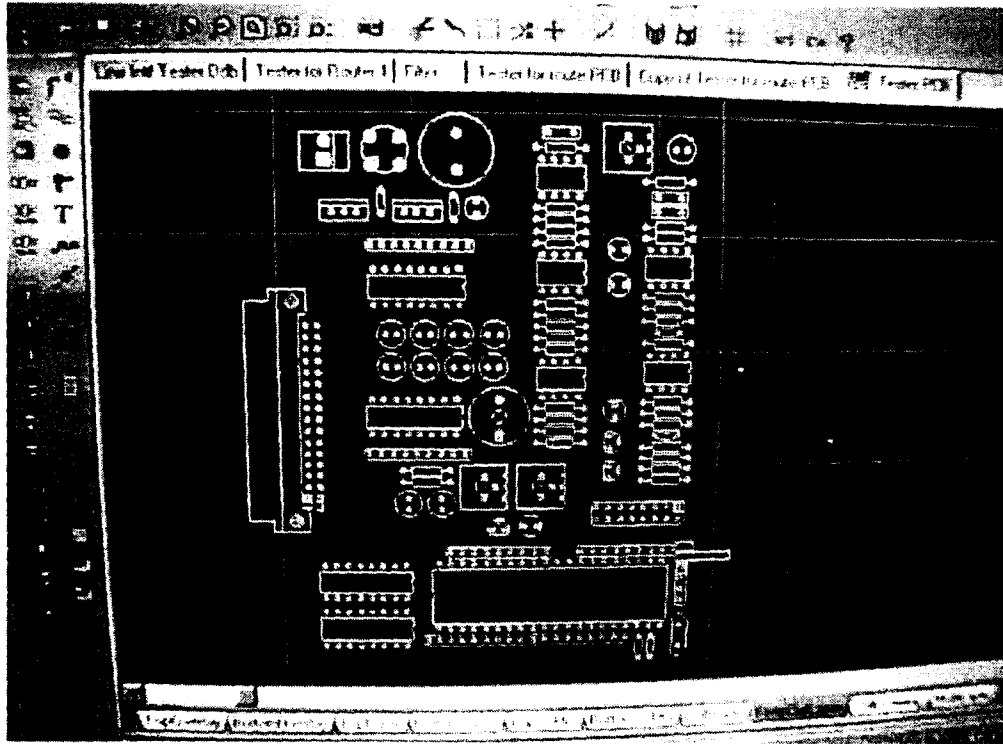
ภาคผนวก ค
ลำดับสถานะการทำงาน



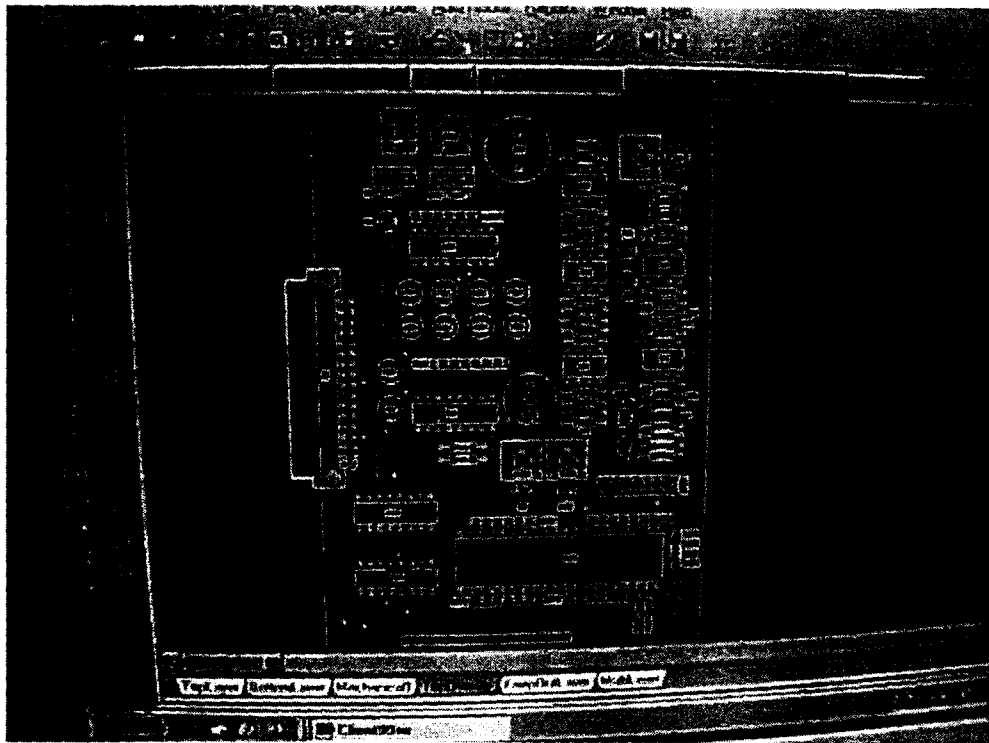
ภาพประกอบ 68 การออกแบบวงจรรย่อยและจำลองการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์



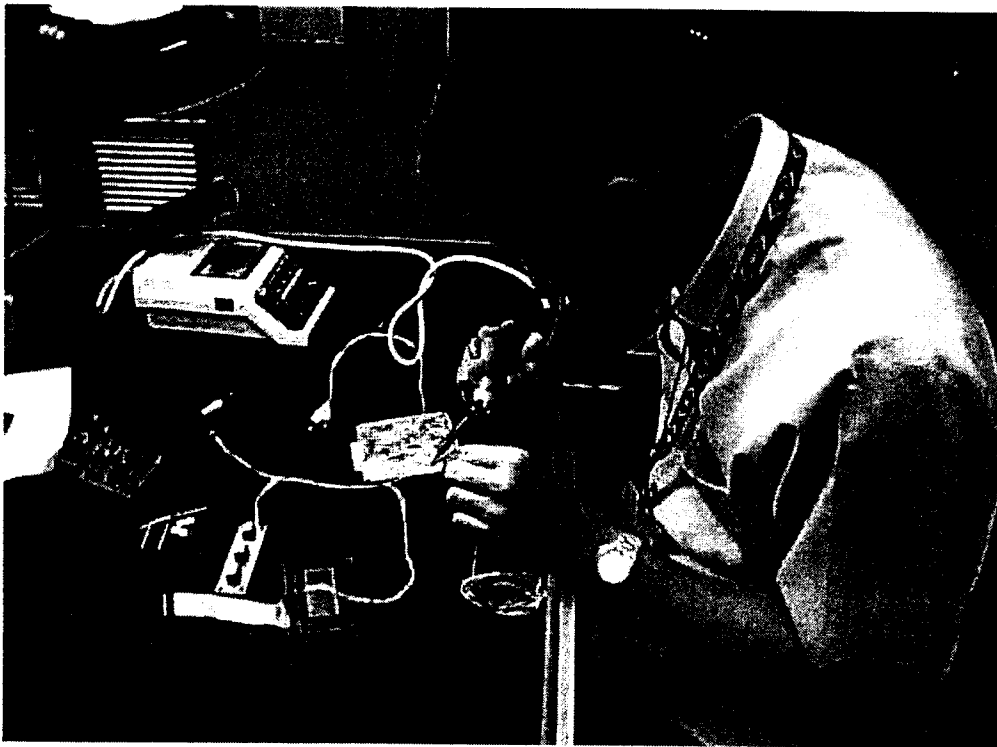
ภาพประกอบ 69 การออกแบบวงจรร



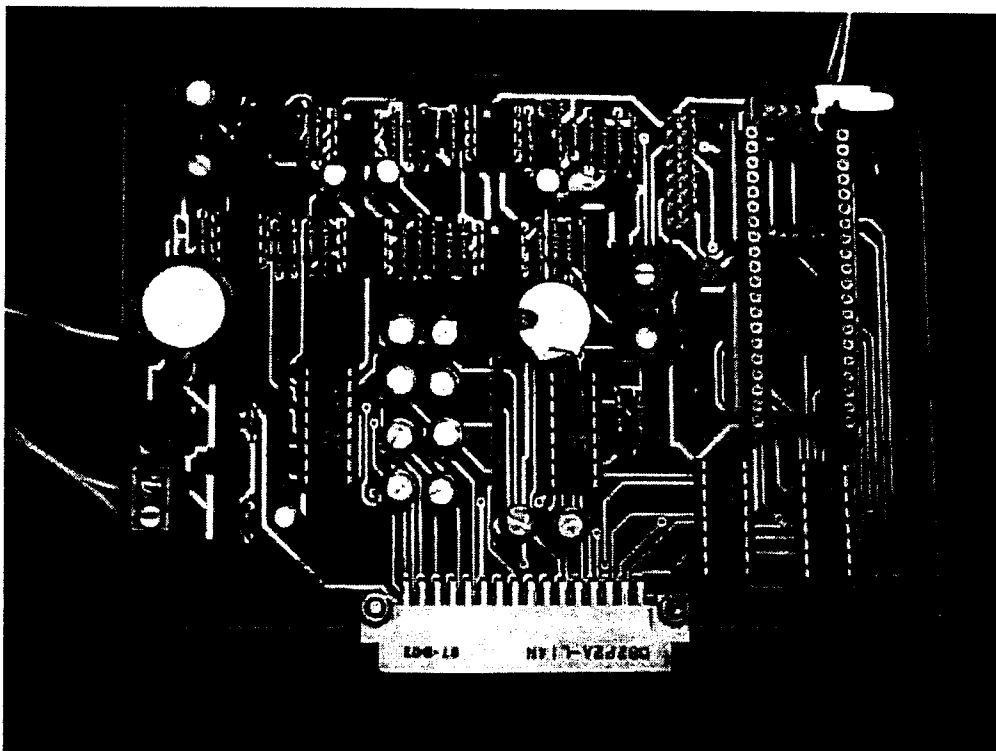
ภาพประกอบ 70 การออกแบบวงจรพิมพ์ - วางอุปกรณ์



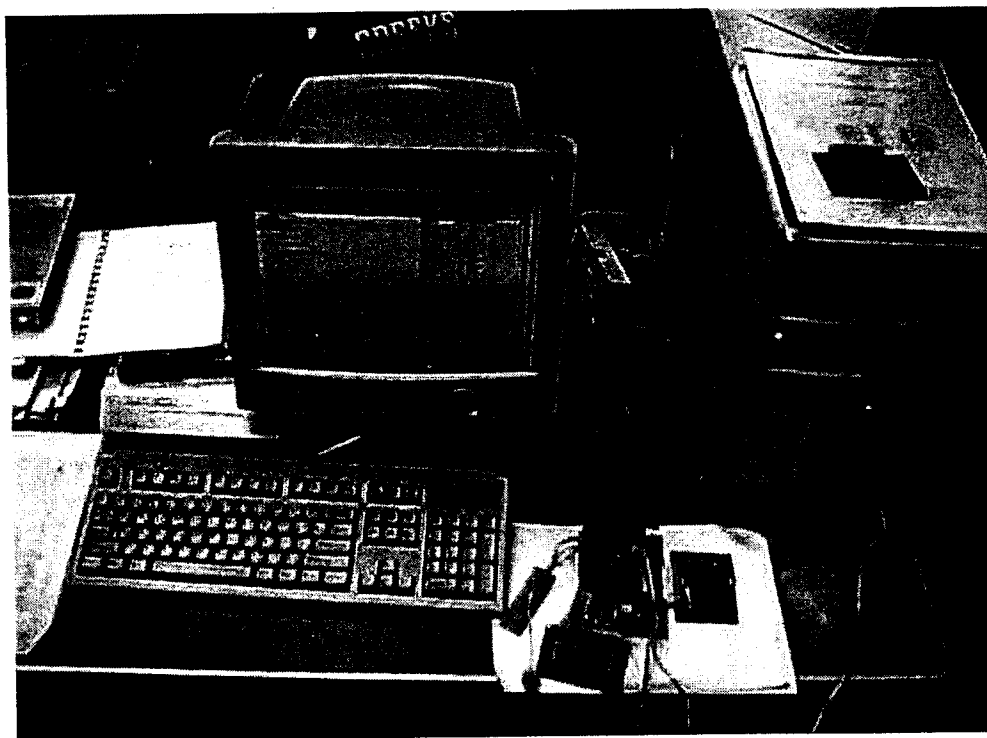
ภาพประกอบ 71 การออกแบบวงจรพิมพ์ - ลากเส้นอัตโนมัติ



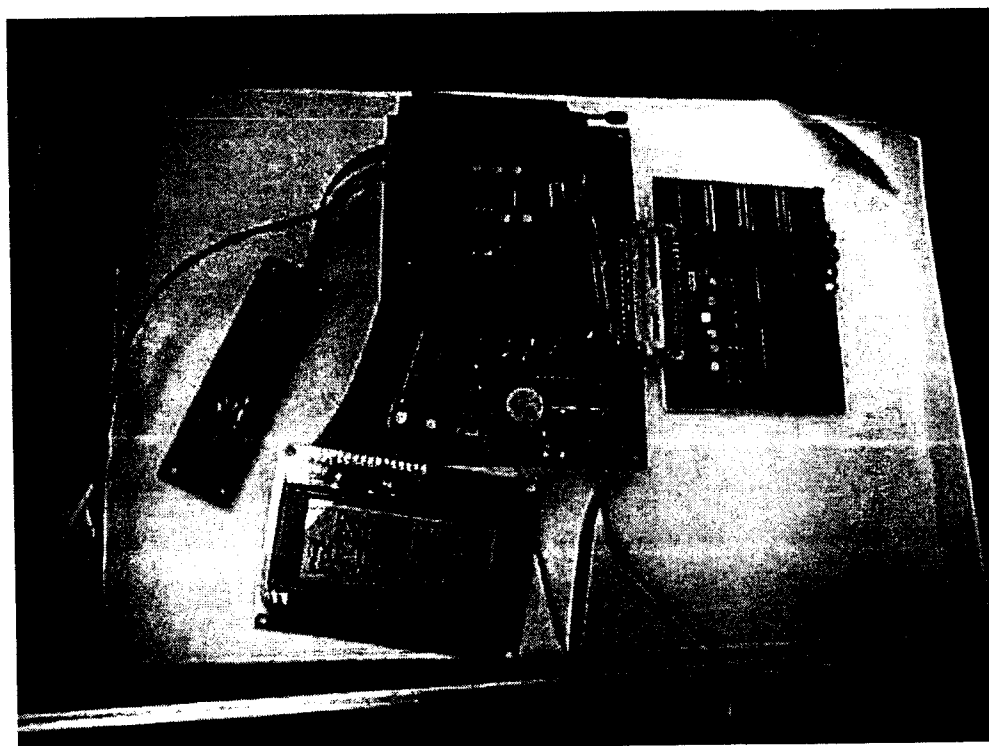
ภาพประกอบ 72 การประกอบอุปกรณ์



ภาพประกอบ 73 แผงวงจรที่ลงอุปกรณ์เสร็จเรียบร้อยแล้ว



ภาพประกอบ 74 การเขียนโปรแกรมควบคุม



ภาพประกอบ 75 ทดสอบการทำงาน

ภาคผนวก
คู่มือการใช้งาน และคู่มือทดสอบการทำงาน

คำนำ

เครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการตรวจสอบและการซ่อมบำรุงอุปกรณ์เชื่อมต่อในกรณีที่อุปกรณ์นี้ทำการผลิตขึ้นมาใหม่และเมื่อมีอาการเสียเช่น ไม่มีสัญญาณเสียงออกทางหูฟังหรือไม่มีเสียงออกทางลำโพง จึงต้องทำการตรวจสอบเพื่อหาจุดบกพร่องที่เกิดขึ้นในระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ ซึ่งจะช่วยให้เป็นการลดขั้นตอนและประหยัดเวลาในการตรวจสอบอีกด้วย จึงได้จัดทำคู่มือการใช้งานขึ้นมาซึ่งเนื้อหาประกอบด้วย

ดังนั้นผู้วิจัยหวังว่าคู่มือการใช้งานฉบับนี้ จะทำให้ผู้ใช้งานเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศได้ดียิ่งขึ้น

รัตติญญ กลิ่นพิกุล

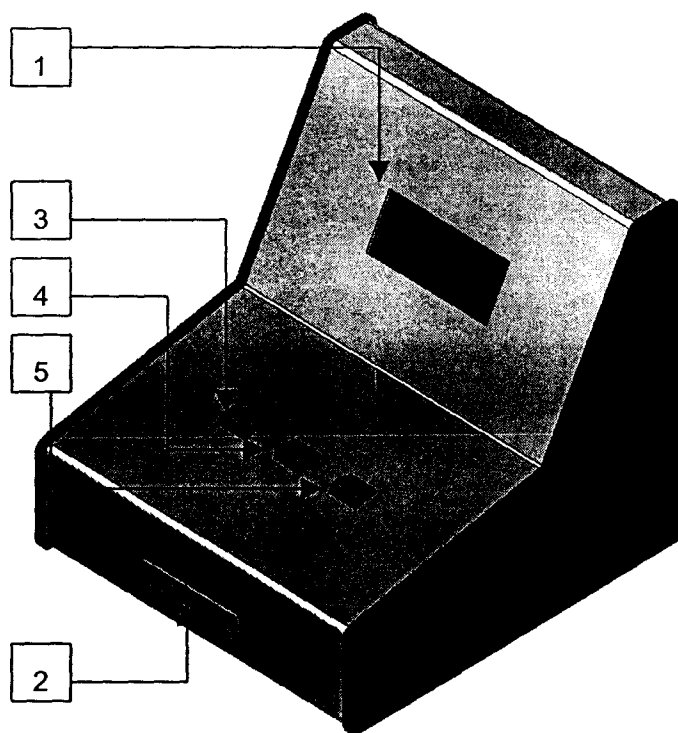
เนื้อหา	สารบัญ	หน้า
1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ		109
2. ส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่อง		109
3. วิธีใช้งาน		110
4. ตารางลำดับขั้นการตรวจซ่อม		111

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ

เครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ เป็นเครื่องมือที่ออกแบบให้สามารถตรวจสอบเพื่อหาจุดบกพร่องของอุปกรณ์เชื่อมต่อที่ใช้ในระบบสื่อสารจำลองรุ่น VCS. 3802 ของบริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด ได้เท่านั้น

ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่อง

ลักษณะภายนอกของเครื่องตรวจสอบ อุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ



หมายเลข 1 หน้าจอแสดงผล (LCD Display)

หมายเลข 2 ช่องต่อ Line Interface Card

หมายเลข 3 สวิตช์เริ่มต้น (Run)

หมายเลข 4 สวิตช์เลื่อนลง (Scroll Down)

หมายเลข 5 สวิตช์เลื่อนขึ้น (Scroll Up)

วิธีใช้งาน

ขั้นตอนการใช้งาน

1. ต่อไฟเข้าที่เครื่อง โดยใช้ Adapter ที่หมายเลข 1
2. รอจนกระทั่งหน้าจอแสดงข้อความว่า Ready
3. ต่อ Line Interface Card ที่หมายเลข 3
4. กดสวิทช์เริ่มต้น (Run)
5. เครื่องจะเริ่มทำการตรวจสอบ Line Interface Card รอจนกระทั่งหน้าจอแสดงข้อความว่า Test Pass แสดงว่า Line Interface Card ผ่านการตรวจสอบ

ถ้าแสดงข้อความอื่นที่ไม่ใช่ Test Pass ให้นำข้อความหรือหมายเลข (Error Number) ที่แสดงไปตรวจสอบกับตารางลำดับขั้นการตรวจซ่อม

ตารางลำดับขั้นการตรวจสอบ

Error Message Number	Error Descriptions	Check Sequence										
		1 st Step			2 nd Step		3 rd Step			4 th Step		
1	SQL1	IC10	Pin2		IC7	Pin1	IC7	Pin5	Pin8	IC1	Pin14	
2	SQL2	IC10	Pin10		IC3	Pin1	IC3	Pin5	Pin8	IC1	Pin13	
3	SQL3	IC10	Pin11		IC2	Pin1	IC2	Pin5	Pin8	IC1	Pin2	
4	SQL4	IC10	Pin1		IC6	Pin1	IC6	Pin5	Pin8	IC1	Pin1	
5	TX1-TXG	IC8	Pin1		IC9	Pin9	IC9	Pin15		IC7	Pin5	Pin8
6	TX2-TXG	IC8	Pin1		IC9	Pin9	IC9	Pin14		IC3	Pin5	Pin8
7	TX3-TXG	IC8	Pin1		IC9	Pin9	IC9	Pin10		IC2	Pin5	Pin8
8	TX4-TXG	IC8	Pin1		IC9	Pin9	IC9	Pin11		IC6	Pin5	Pin8
9	TX1-RBG	IC8	Pin7		IC9	Pin1	IC9	Pin15		IC7	Pin5	Pin8
10	TX2-RBG	IC8	Pin7		IC9	Pin1	IC9	Pin14		IC3	Pin5	Pin8
11	TX3-RBG	IC8	Pin7		IC9	Pin1	IC9	Pin10		IC2	Pin5	Pin8
12	TX4-RBG	IC8	Pin7		IC9	Pin1	IC9	Pin11		IC6	Pin5	Pin8
13	RX1-SPG	IC7	Pin5	Pin8	IC4	Pin14	IC8	Pin8				
14	RX2-SPG	IC3	Pin5	Pin8	IC4	Pin1	IC8	Pin8				
15	RX3-SPG	IC2	Pin5	Pin8	IC4	Pin8	IC8	Pin8				
16	RX4-SPG	IC6	Pin5	Pin8	IC4	Pin7	IC8	Pin8				
17	RX1-HSG	IC7	Pin5	Pin8	IC4	Pin14	IC8	Pin14				
18	RX2-HSG	IC3	Pin5	Pin8	IC4	Pin1	IC8	Pin14				
19	RX3-HSG	IC2	Pin5	Pin8	IC4	Pin8	IC8	Pin14				
20	RX4-HSG	IC6	Pin5	Pin8	IC4	Pin7	IC8	Pin14				

ภาคผนวก จ
แบบประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพ

แบบประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพ
เครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทาง
อากาศ

คำชี้แจง : ข้อแนะนำในการประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพ เครื่องตรวจสอบอุปกรณ์เชื่อมต่อสำหรับ
 ระบบสื่อสารจำลองช่วยฝึกการควบคุมการจราจรทางอากาศ

1. แบบประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพแบ่งออกเป็น 2 ตอนคือ
 ตอนที่ 1 เป็นการประเมินจากแบบประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพ แบ่งออกเป็น 2 ด้านคือ
 ด้านการออกแบบ
 ด้านลักษณะการใช้งาน
 ตอนที่ 2 เป็นการแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ
2. โปรดอ่านข้อความและทำเครื่องหมาย ✓ (ถูก) ลงในช่องว่างทางขวามือ ซึ่งเป็นมาตราส่วน
 ประมาณค่า 5 ระดับ ตามการประเมินของท่าน หลังจากได้ตรวจสอบและทดลองใช้งาน โดยมี
 ค่าระดับคะแนนกำหนดไว้ดังนี้
 - ระดับคะแนน 5 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดีมาก
 - ระดับคะแนน 4 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดี
 - ระดับคะแนน 3 หมายถึง ผลการประเมินในระดับพอใช้
 - ระดับคะแนน 2 หมายถึง ผลการประเมินในระดับต้องปรับปรุง
 - ระดับคะแนน 1 หมายถึง ผลการประเมินในระดับใช้ไม่ได้

ตอนที่ 1 แบบประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพ

ข้อที่	รายละเอียด	ระดับการประเมิน				
		ดีมาก (5)	ดี (4)	พอใช้ (3)	ควร ปรับปรุง (2)	ใช้ ไม่ได้ (1)
	ด้านการออกแบบ					
1	การออกแบบขนาดและรูปร่าง					
2	การจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์บนแผงวงจร					
3	การออกแบบรูปแบบขั้นตอนการทำงาน					
4	การเชื่อมสายภายในเครื่อง					
5	ความเหมาะสมของวงจรในการใช้งาน					
	ด้านลักษณะการใช้งาน					
1	การติดตั้งใช้งาน					
2	การเคลื่อนย้าย					
3	การใช้งานเครื่องถูกต้องตามสรีระการทำงาน					
4	สามารถวิเคราะห์จุดบกพร่องได้					
5	การใช้งานปลอดภัยต่าง ๆ จอแสดงผลและการบำรุงรักษา					

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

1. ด้านการออกแบบ

.....
.....
.....

2. ด้านลักษณะการใช้งาน

.....
.....
.....

3. อื่นๆ

.....
.....
.....

..... ผู้เชี่ยวชาญ
(.....)

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นายรัตตัญญู กลิ่นพิกุล
วันเดือนปีเกิด	วันที่ 9 สิงหาคม พ.ศ. 2510
สถานที่เกิด	อำเภออ่อนพิบูลย์ จังหวัดนครศรีธรรมราช
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	44/113 หมู่บ้านบุรีรัมย์ ถนนเลียบบคลองสอง แขวงสามวาตะวันตก เขตคลองสามวา กรุงเทพมหานคร 10510 โทร. 0-29494813
ตำแหน่งหน้าที่การงานในปัจจุบัน	วิศวกรระบบอาวุโส
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด 102 ซอยงามดูพลี แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพมหานคร 10120 โทร. 0-2287-8181 E-mail : Rattanyu@aerothai.co.th
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2526	มัธยมศึกษาปีที่ 3 จาก โรงเรียนทุ่งสง
พ.ศ. 2529	ปวช. (อิเล็กทรอนิกส์) จาก วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช
พ.ศ. 2531	ปวส. (อิเล็กทรอนิกส์) จาก วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขตเทคนิคภาคใต้
พ.ศ. 2536	วทบ. (เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์) จาก วิทยาลัยครูพระนคร
พ.ศ. 2547	กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา) จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร