

530.4275
ว 849 ก
513

การออกแบบและสร้างเครื่องควบคุมความหนาของฟิล์มบาง
สำหรับเครื่องเคลือบระบบสุญญากาศ

29 ต.ค. 2539

ปริญญานิพนธ์
ของ
วีระศักดิ์ ชมภูวิเศษ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาฟิสิกส์
มีนาคม 2539

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

บ. 50222

คณะกรรมการควบคุมและคณะกรรมการสอบได้พิจารณาปริญญาบัตรฉบับนี้แล้ว
เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
วิชาเอกฟิสิกส์ ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

คณะกรรมการควบคุม

..... ประธาน

(ผศ.ดร.ณสรณ์ ผลโคก)

..... กรรมการ

(อ.บัญชา ศิลปสกุลสุข)

คณะกรรมการสอบ

..... ประธาน

(ผศ.ดร.ณสรณ์ ผลโคก)

..... กรรมการ

(อ.บัญชา ศิลปสกุลสุข)

..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(อ.นิรมล ปิตะนีละผลิน)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับปริญญาบัตรฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วิชาเอกฟิสิกส์ ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ดร.ศิริยุภา พูลสุวรรณ)

วันที่ 8 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2539

ประกาศคุณประการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ ด้วยความเมตตาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณสรวด์ ผลโคก และ อาจารย์บัญชา ศิลปสกุลสุข ที่ท่านอาจารย์ทั้งสอง ได้กรุณาให้ คำปรึกษา แนะนำ สั่งสอน และให้ความช่วยเหลือตลอดระยะเวลาที่ทำการวิจัย ด้วยความเป็นครูอย่างแท้จริง ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ อาจารย์นิรมล ปิตะนีละผลิน ที่กรุณาให้คำแนะนำ และแก้ไข ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลงไปด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ นิสิตปริญญาโทวิชาเอกฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือในการทำอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณ คณะครูอาจารย์ โรงเรียนประเทียบวิทยาทานทุกท่าน ที่กรุณาให้ผู้วิจัย ได้มีโอกาสมาศึกษาต่อ โดยเฉพาะอาจารย์สมถวิล สิทธิมนต์ชัย ที่กรุณาช่วยสอนแทนจนกระทั่งผู้วิจัยได้รับอนุญาตให้มาศึกษาต่อได้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ และครอบครัว ที่ช่วยเป็นกำลังใจในการศึกษาเล่าเรียนของผู้วิจัยจนสำเร็จการศึกษา

ข้าพเจ้าสัญญาว่า จะนำความรู้ที่ได้ไปใช้ เพื่อก่อให้เกิดผลดีต่อสังคม และประเทศชาติ เท่าที่ความสามารถของข้าพเจ้าพึงจะกระทำได้

วีระศักดิ์ ชมภูวิเศษ

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ.....	1
	ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	2
	จุดมุ่งหมายของงานวิจัย.....	2
	ขอบเขตของงานวิจัย.....	3
	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2	ทฤษฎีการเคลือบฟิล์มบางภายใต้ภาวะสุญญากาศ.....	4
	การวัดความหนาของฟิล์มบางจากการสั่นของผลึกควอตซ์.....	5
	วงจรตรรก.....	11
	วงจรจ่ายกำลัง.....	17
	วงจรสวิตช์แม่เหล็กไฟฟ้า.....	17
	เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์.....	18
	วงจรออสซิลเลเตอร์.....	19
3	วิธีดำเนินการวิจัย.....	22
4	ผลการวิจัย.....	40
5	สรุปผล อภิปรายและข้อเสนอแนะ.....	47
	บรรณานุกรม.....	48

บทที่	หน้า
ภาคผนวก.....	50
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	79

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	ตารางตำแหน่งแอดเดรสบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ เอที	24
2	ตารางแสดงการส่งข้อมูลออกของเครื่องนับความถี่.....	38
3	ตารางแสดงค่าที่อ่านได้จากเครื่องนับความถี่หลักต่าง ๆ	42
4	ตารางแสดงตำแหน่งแอดเดรสในเลขฐานสิบที่สอดคล้องกับสัญญาณ A_0 ถึง A_9	43
5	แสดงการกำหนดตำแหน่งที่ต้องการ.....	44
6	แสดงการเปรียบเทียบคำสั่งจากเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์.....	45
7	แสดงโปรแกรมคำสั่งที่เครื่องนับความถี่กำลังนับความถี่.....	45
8	แสดงโปรแกรมคำสั่งที่กำหนดให้เครื่องนับความถี่ทำงาน	45
9	แสดงผลจากการอ่านข้อมูลจากเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์.....	45
10	แสดงค่าโปรแกรมคำสั่งที่กำหนดให้เปิดชุดเตอร์	46
11	แสดงค่าโปรแกรมคำสั่งที่กำหนดให้ปิดชุดเตอร์.....	46
12	แสดงค่าโปรแกรมคำสั่งที่กำหนดให้โวลข้อมูล.....	46

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 อุปกรณ์สำหรับการสร้างฟิล์มบางภายใต้ภาวะสุญญากาศ.....	5
2 การตัดฉีกควอทซ์ในแนว AT CUT.....	6
3 การเปลี่ยนแปลงของความถี่กับอุณหภูมิสำหรับแผ่นควอทซ์ที่ตัดในแนว ในแนว AT.....	7
4 สัญลักษณ์ของการดำเนินการแบบออร์เกตและตารางความจริง.....	13
5 สัญลักษณ์การดำเนินการแบบแอนด์เกตและตารางความจริง.....	13
6 สัญลักษณ์การดำเนินการแบบน็อต และตารางความจริง.....	13
7 สัญลักษณ์การดำเนินการแบบแนนด์เกตและตารางความจริง.....	14
8 สัญลักษณ์การดำเนินการแบบนอร์เกตและตารางความจริง.....	14
9 สัญลักษณ์การดำเนินการแบบเอ็กคลูซิฟออร์เกตและตารางความจริง	14
10 สัญลักษณ์และตารางความจริงของรีเซตฟลิปฟลอป.....	15
11 สัญลักษณ์และตารางความจริงของฟลิปฟลอปชนิดดี.....	15
12 สัญญาณต่าง ๆ ของรีจิสเตอร์สามสถานะแบบดี.....	16
13 แหล่งจ่ายไฟฟ้าของวงจรเรกูเลเตอร์ที่มี IC 7805.....	17
14 สวิตช์แม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในการควบคุมการปิดเปิดวงจร.....	17
15 ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบฮาร์ดแวร์คอมพิวเตอร์.....	18
16 แสดงส่วนประกอบของฮาร์ดแวร์และอุปกรณ์รายรอบ.....	20
17 วงจรออสซิลเลเตอร์.....	21
18 ขาสัญญาณที่สอดคล้องมาตรฐานของเครื่องไอบีเอ็มพีซี เอที.....	23
19 ตำแหน่งแอดเดรสบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์.....	24
20 วงจรที่กำหนดพอร์ตแอดเดรส.....	28
21 ขาสัญญาณของไอซี ICM7226B	31
22 แสดงวงจรนับความถี่.....	32

23	แสดงวงจรควบคุมจังหวะการรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องนับความถี่ กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์.....	33
24	แสดงลักษณะแผนวงจรที่ใช้ในการควบคุมจังหวะการรับส่งข้อมูล ระหว่างเครื่องนับความถี่กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์.....	35
25	แสดงการเชื่อมต่อของวงจรควบคุมจังหวะการรับส่งข้อมูลระหว่าง เครื่องนับความถี่กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์.....	36
26	แสดงวงจรควบคุมการเปิดปิดชุดเตอร์ในเครื่องเคลือบระบบสุญญากาศ.....	37
27	แสดงผังวงจรควบคุมการวัดความหนาของฟิล์มบาง.....	38
28	แสดงผังการทำงานของโปรแกรมควบคุมความหนา (ต่อ)	39

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

เครื่องเคลือบฟิล์มบางในระบบสุญญากาศ เป็นเครื่องมือสำคัญ ในการผลิตวัสดุอุปกรณ์ชนิดต่าง ๆ ทั้งในด้านอุตสาหกรรม และในด้านการศึกษา

1. ด้านอุตสาหกรรม มีการใช้การเคลือบกระจกแบบหลายชั้น เพื่อเพิ่มหรือลดอัตราการสะท้อนของแสง หรือ การเคลือบกระจกเพื่อใช้เป็นกระจกสำหรับเลเซอร์ หรือเคลือบวัสดุตกแต่งชนิดต่าง ๆ เช่น การเคลือบสายนาฬิกาหรือการเคลือบเครื่องมือที่ใช้ในการตัดเจาะ เพื่อเพิ่มความแข็งแรงเป็นต้น

2. ด้านการศึกษาและวิจัย มีการสร้างทัศนอุปกรณ์ชนิดต่าง ๆ เช่นในห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ของแข็ง ที่มีการใช้เครื่องเคลือบนี้ ในการสร้างสารตัวอย่างที่เป็นฟิล์มบาง เพื่อใช้ในการสร้างทัศนอุปกรณ์เป็นต้น

ในการสร้างฟิล์มบางในระบบสุญญากาศ เพื่อให้ได้ฟิล์มที่มีคุณสมบัติที่ถูกต้องตามต้องการนั้น ความหนาของฟิล์มก็มีความสำคัญต่อคุณสมบัติของฟิล์มที่ได้ จึงมีการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดความหนาของฟิล์ม เพื่อให้ได้ความหนาของฟิล์มที่ถูกต้อง การนำเครื่องมือโครมพิวเตอรามาใช้ในการควบคุมความหนาของฟิล์มจะทำให้ค่าความหนาของฟิล์มที่สร้างมีความถูกต้องยิ่งขึ้น

จุดมุ่งหมายของงานวิจัย

ศึกษาและออกแบบสร้างส่วนเชื่อมต่อระหว่างเครื่องนับความถี่ของผลึกควอตซ์ กับเครื่องมือโครมพิวเตอร และสร้างโปรแกรมเพื่อควบคุมความหนาของฟิล์มบาง สำหรับเครื่องเคลือบฟิล์มบางในระบบสุญญากาศ

ขอบเขตของงานวิจัย

1. ออกแบบสร้างวงจรเชื่อมต่อระหว่างเครื่องนับความถี่โดยใช้ผลึกที่มีความถี่ดันพ้องเริ่มก่อนการเคลือบสาร 6 เมกกะเฮิร์ตกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ไอบีเอ็มพีซีเอที (IBM PC/AT)
2. เขียนโปรแกรมคำสั่งเพื่อใช้ควบคุมความหนาของฟิล์มบาง
3. ออกแบบและสร้างวงจรแปลงสัญญาณคอมพิวเตอร์ ไปเป็นสัญญาณควบคุมสวิตช์แม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในการปิดเปิดชุดเตอร์ ในเครื่องเคลือบระบบสุญญากาศ

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สำหรับข้อมูลการวิจัยและพัฒนาเครื่องวัดความหนาของฟิล์มบางในประเทศไทย มีงานวิจัยที่เกี่ยวกับการสร้างเครื่องวัดความหนาของฟิล์มบางดังนี้

ในปี 2527 วีระ ธนาจันทราภรณ์ (วีระ ธนาจันทราภรณ์, 2527) ได้สร้างเครื่องตรวจวัดความหนาของฟิล์ม ที่สร้างขึ้นในขณะที่ทำการระเหยสารในครอบแก้วสุญญากาศ โดยใช้การเปรียบเทียบความถี่ของการสั่นของผลึกควอตซ์ (Quartz Crystal) ในขณะที่ยังไม่ได้เคลือบสาร กับความถี่ของผลึกควอตซ์หลังจากที่มีมวลสารมาเกาะติดบนหน้าผลึก และนำความแตกต่างของความถี่ดังกล่าวไปคำนวณหาความหนาของฟิล์ม โดยแปลงสัญญาณความถี่นั้นไปเป็นสัญญาณไฟฟ้า และนำสัญญาณนั้นเข้าสู่เครื่องนับความถี่ แล้วนำไปประมวลผลในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ไอบีเอ็มพีซีเอกซ์ที (IBM PC/XT) โดยใช้โปรแกรมคำสั่งภาษาเบสิก (BASIC)

พ.ศ 2529 จิตติ หนูแก้ว (จิตติ หนูแก้ว, 2529) ได้สร้างเครื่องวัดและควบคุมความหนาของฟิล์มบางภายในครอบแก้วสุญญากาศ โดยใช้ความแตกต่างของความถี่ในการสั่นของผลึกควอตซ์ ก่อนและหลังการเคลือบสาร ไปคำนวณหาความหนาของฟิล์ม โดยใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ไอบีเอ็มพีซีเอกซ์ที เป็นตัวควบคุมการประเมินผลโดยใช้โปรแกรมคำสั่งภาษาปาสคาลเวอร์ชัน 5.5 (Pascal Version 5.5)

สำหรับงานวิจัยนี้ ได้การออกแบบและสร้างวงจรเชื่อมต่อระหว่าง เครื่องนับความถี่กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ไอบีเอ็มพีซีเอที (IBM PC/AT) โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่มีภายในประเทศ พร้อมทั้งเขียนโปรแกรมคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมการวัดความหนาของฟิล์มบางที่สร้างขึ้น เพื่อให้ความหนาของฟิล์มบางที่ได้มีความถูกต้องยิ่งขึ้น

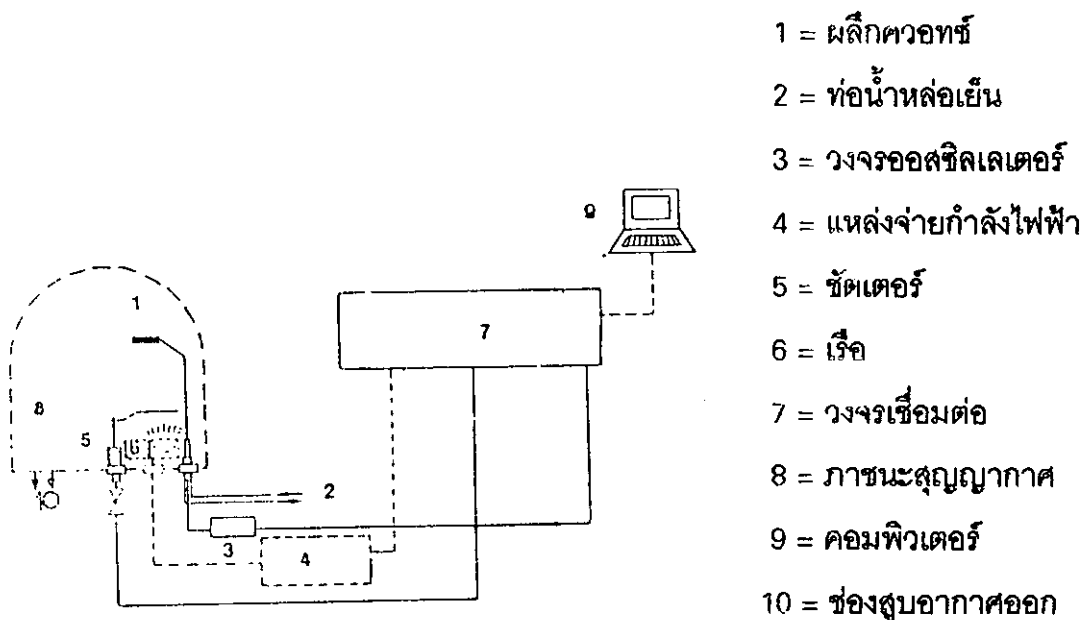
บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. การเคลือบฟิล์มบางด้วยวิธีการระเหยสารภายใต้ภาวะสุญญากาศ

การสร้างฟิล์มบางด้วยวิธีการระเหยสารภายใต้ภาวะสุญญากาศ ทำได้โดยการให้ความร้อนแก่สารที่ต้องการใช้เป็นสารเคลือบด้วยปริมาณที่เพียงพอ จนทำให้สารนั้นระเหยกกลายเป็นไอ และเมื่อไอไปกระทบกับวัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ไอของสารนั้นก็ควบแน่นจะกลับมาเป็นของแข็งอีกครั้งหนึ่งในรูปของฟิล์มบางที่เกาะติดบนผิวของวัตถุนั้น เรียกวัตถุที่เกิดการเกาะติดของฟิล์มบางว่า วัตถุรองรับ (substrate) ระบบสุญญากาศที่ใช้ในการเคลือบฟิล์มบางนี้ประกอบด้วยระบบสูบน้ำากาศความดันต่ำ ภาชนะสุญญากาศ ระบบระเหยสาร ระบบระบายความร้อน ข้อต่อและท่อเชื่อมต่าง ๆ ในส่วนของภาชนะสุญญากาศซึ่งใช้เป็นที่สำหรับเคลือบสารจะสูบน้ำอากาศออกจากระบบจนกระทั่งภายในมีความดันต่ำเพียงพอ จากนั้นก็จะให้ความร้อนแก่สารที่ต้องการจะเคลือบจนหลอมละลาย และระเหยไปติดบนแผ่นรองรับและผลิตภัณฑ์ที่อยู่ใกล้กับแผ่นรองรับ ผลิตภัณฑ์จะทำหน้าที่เป็นตัวตรวจวัดความหนาของฟิล์มบางที่เคลือบบนแผ่นรองรับ

สามารถเขียนเป็นแผนภาพ แสดงการเคลือบฟิล์มบางด้วยวิธีการระเหยสารภายใต้ภาวะสุญญากาศ ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 แสดงอุปกรณ์สำหรับการสร้างฟิล์มบางด้วยวิธีการระเหยสารภายใต้
ภาชนะสุญญากาศ (Maisel. 1970 : 107)

2 การวัดความหนาของฟิล์มบางจากการสั่นของผลึกควอทซ์ (quartz oscillation)

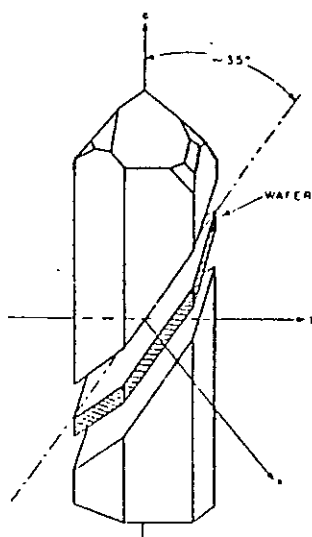
การวัดความหนาด้วยวิธีนี้ จะใช้การสั่นของผลึกควอทซ์ เป็นตัวตรวจวัดปริมาณของสารที่เคลือบบนผลึก สารเคลือบนี้ จะทำให้ความถี่สั่นพ้องของการสั่นของผลึกควอทซ์ลดลง ความถี่ที่เปลี่ยนไป สามารถอ่านได้จากเครื่องนับความถี่ และสามารถใช้ความแตกต่างของความถี่นี้ไปหาความหนาของฟิล์ม มวลของฟิล์ม อัตราการเคลือบ และอัตราการระเหยได้โดยความถี่สั่นพ้อง (resonance frequency) ของการสั่นเป็นสัดส่วนกลับกับความหนาของแผ่นควอทซ์ ดังสมการ 1

$$f_0 = \frac{C_t}{2d_q} \quad (1)$$

โดย f_0 = ความถี่สั่นพ้องเริ่มต้นของผลึกควอartz ก่อนการเคลือบสาร

d_q = ความหนาของแผ่นควอartz

C_t = ความเร็วของคลื่นแห่งความยืดหยุ่น (elastic wave) ในทิศทางความหนาของผลึก ผลึกควอartz ที่ใช้ในการวัดความหนาของฟิล์ม เป็นผลึกที่ตัดเป็นแผ่นบางด้วยมุมประมาณ 35° กับระนาบ c,x ดังภาพประกอบ 2 ซึ่งเรียกการตัดในแนวนี้ว่า AT cut



ภาพประกอบ 2 แสดงการตัดผลึกควอartz ในแนว AT cut (Maissel. 1970 : 108)

สามารถหาค่า C_t โดย

$$C_t = \left[\frac{C}{\rho_q} \right]^{\frac{1}{2}}$$

โดย C = ค่าคงที่ของความยืดหยุ่นเฉือน (Shear elastic constant)

ρ_q = ความหนาแน่นของควอartz

สามารถเขียนสมการ (1) ใหม่ได้เป็น

$$f_0 = \frac{1}{2d_q} \left[\frac{C}{\rho_q} \right]^{\frac{1}{2}}$$

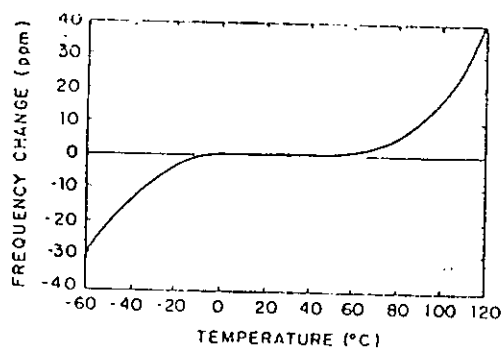
จากการแทนค่า ความหนาแน่นของควอทซ์ และค่าคงที่ของความยืดหยุ่นเฉือน พบว่า

$$\frac{1}{2} \left[\frac{C}{\rho_q} \right]^{\frac{1}{2}} = 1.67 \times 10^6 \text{ Hz.mm} \text{ เรียกค่านี้ว่าค่าคงที่ของการสั่นของผลึกควอทซ์ (N)}$$

(Maissel. 1970 : 108) ความถี่สั่นพ้องของผลึกควอทซ์จึงเขียนได้เป็น

$$f_0 = \frac{N}{d_q} \quad (2)$$

f_0 = ความถี่สั่นพ้องเริ่มต้นของแผ่นควอทซ์ในขณะที่ยังไม่มีสารเคลือบ



ภาพประกอบ 3 แสดงความถี่ที่เปลี่ยนแปลงกับอุณหภูมิสำหรับแผ่นควอทซ์ที่ตัดในแนว AT

ด้วยมุม $35^{\circ} 20'$ (Maissel. 1970 : 108)

สตอคบริดจ์ (Stockbridge. 1966 : 193) พบว่าในการเคลือบสาร สิ่งที่มีผลต่อความถี่สั่นพ้องคือมวล และสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่าง ความถี่สั่นพ้องเริ่มต้น ของผลึกควอตซ์ในกรณีที่ไม่มีสารเคลือบ (f_0) กับความถี่สั่นพ้องที่มีสารเคลือบ (f) ดังสมการ 3

$$\Delta f = f_0 - f = - \left[\frac{K f_0^2}{N \rho_q} \right] \frac{\Delta m}{A_m} = - \frac{KN}{\rho_q d_q^2} \frac{\Delta m}{A_m} \quad (3)$$

เมื่อ

f = ความถี่สั่นพ้องขณะที่มีมวล Δm เคลือบอยู่

A_m = พื้นที่ของควอตซ์ที่รองรับการเคลือบ

ρ_q = ความหนาแน่นของควอตซ์ = 2.65 gcm^{-3}

K = ค่าคงที่ ≈ 1 ซึ่งขึ้นอยู่กับการกระจายของสารเคลือบบนแผ่นควอตซ์

(Maissel. 1970 : 109)

จากสมการ 3 ถ้านิยาม

$$C_f = \frac{f_0^2}{N \rho_q} = \frac{N}{\rho_q d_q^2} \text{ Hzg}^4 \text{ cm}^2 \quad (4)$$

เรียกค่า C_f นี้ว่า แมสดีเทอมิเนชันเซนซิวิตี (Mass-determination Sensitivity) ของผลึกควอตซ์ จะเห็นว่าถ้าผลึกควอตซ์บาง การเปลี่ยนแปลงของความถี่สั่นพ้องที่มีต่อความหนาที่เปลี่ยนแปลงของผลึกบางจะมีความไวมาก ดังนั้นการตัดผลึกควอตซ์จึงควรตัดให้บางที่สุดเท่าที่จะทำได้ อย่างไรก็ตามจะคำนึงถึงความไวเพียงอย่างเดียวไม่ได้ เพราะหากผลึกควอตซ์บางมาก ความหนาของสารเคลือบที่เคลือบบนผลึกควอตซ์มีค่าไม่น้อย เมื่อเทียบกับความหนาของผลึก ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ที่เปลี่ยนไป (Δf) และ มวลของสารเคลือบที่มาเกาะติด(Δm) จะไม่เป็นเชิงเส้นอีกต่อไป

นีเดอร์เมเยอร์ (Niedermayer, 1966:217) เสนอว่าควรจะคำนึงถึงอุณหภูมิของผลึกควอทซ์ประกอบการพิจารณาด้วย และจากการทดลอง ใช้ผลึกที่มีความถี่สั่นพ้อง 5 เมกกะเฮิร์ต พบว่า ช่วงของการเปลี่ยนแปลงความถี่ตามอุณหภูมิที่ประมาณว่า Δf และ Δm มีความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น มีช่วงจาก 50-100 กิโลเฮิร์ต ซึ่งเทียบเท่ากับค่ามวลต่อพื้นที่ 1-2 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความหนาสูงสุดของฟิล์ม หาได้จากสมการ

$$T_f = \frac{\Delta m}{\rho A_m} \times 10^8 \text{ } ^\circ A \quad (5)$$

เมื่อ T_f = ความหนาสูงสุดของฟิล์ม

จากสมการ 5 นี้จะทราบความหนาได้ ถ้าทราบมวลของสารเคลือบ แต่การหามวลของสารเคลือบจะไม่สะดวกนัก จึงมีการกำจัดเทอม $\frac{\Delta m}{A_m}$ ออก โดยเมื่อย้อนกลับไปพิจารณา

สมการ (3) เขียน $\frac{\Delta m}{A_m}$ ได้เป็น

$$\frac{\Delta m}{A_m} = \frac{N\rho_q}{Kf_0^2} (f_0 - f); K = 1 \quad (6)$$

เมื่อแทนค่า $\frac{\Delta m}{A_m}$ ลงในสมการ (6) ลงในสมการ (5) จะได้

$$T_f = \frac{N\rho_q (f_0 - f) \times 10^8}{\rho K f_0^2} \text{ } ^\circ A \quad \text{หรือ}$$

$$T_f = N\rho_q \frac{(f_0 - f)}{\rho K f_0^2} \text{ cm} \quad (7)$$

จากการคำนวณหาค่าความหนาของฟิล์มที่ได้ในสมการที่ (7) ใช้ความถี่สั่นพ้องเริ่มต้น แต่ในทางปฏิบัติ การเคลือบสารสามารถวัดความหนาได้ โดยไม่จำเป็นต้องเทียบ กับความถี่สั่นพ้องเริ่มต้น แต่จะเทียบกับความถี่สั่นพ้องในขณะที่ทำการวัดก่อนทำการเคลือบสาร เขียนแทนด้วย f_q ทำให้เขียนสมการ (7) เป็น

$$T_f = \frac{Np_q}{\rho K f_0^2} (f_q - f) \quad (8)$$

จากสมการ (8) ประมาณว่า f มีค่าใกล้เคียงกับ f_q เพราะผลึกควอตซ์มีข้อจำกัดในการรับปริมาณของสารเคลือบ ทำให้สามารถเขียนสมการ (8) ใหม่เป็น

$$T_f = \frac{Np_q}{\rho f \cdot f_q} (f_q - f) \quad \text{cm} \quad (9)$$

จากความสัมพันธ์ระหว่างความถี่และคาบเวลา เขียนได้เป็น

$$\frac{1}{f} = T$$

เขียนสมการ (9) ใหม่เป็น

$$T_f = \frac{Np_q}{\rho} (T - T_q) \quad \text{cm} \quad (10)$$

เมื่อ

T = คาบการสั่นของผลึกควอตซ์ก่อนเคลือบสาร

T_q = คาบของการสั่นของผลึกควอตซ์หลังการเคลือบสาร

3. วงจรตรรก (Logic circuit)

ในการสร้างอุปกรณ์เชื่อมต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์นั้น จำเป็นต้องทราบพื้นฐานความรู้ทางด้านดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์ ในเบื้องต้นจะกล่าวถึงความรู้ทางด้านดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์ดังนี้

3.1 ความรู้ทางด้านเกตต่าง ๆ

3.1.1 เกตพื้นฐาน เกต (gate) เป็นวงจรดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์ ที่มีขั้วสัญญาณทางเข้าหลายทาง มีทางออกทางเดียว เมื่อป้อนสัญญาณเข้าไปที่ขั้วทางเข้าในแบบต่าง ๆ ก็จะได้สัญญาณออกที่ขั้วทางออกเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ของเกตชนิดนั้น ๆ

วงจรตรรก มีการกำหนดสภาวะในการทำงานไว้ 2 สถานะ คือสภาวะที่ศักย์ไฟฟ้าต่ำ (0-0.8 โวลท์) แทนด้วยตรรก 0 และสภาวะที่ศักย์ไฟฟ้าสูง (2-5 โวลท์) แทนด้วยตรรก 1 สำหรับการอธิบายการทำงานของวงจรตรรก จะใช้พีชคณิตเชิงบูลีน (Boolean Algebra) ซึ่งเป็นพีชคณิตที่เกี่ยวกับเลขฐานสอง คือ 0 กับ 1 โดยการแทนสภาวะที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงด้วย 1 และแทนสภาวะที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำด้วย 0

สำหรับเกตที่ประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ชนิดไบโพลาร์ (Bipolar junction) ระดับความต่างศักย์ไฟฟ้าต่ำ จะอยู่ระหว่าง 0-0.8 โวลท์ และระดับความต่างศักย์ไฟฟ้าสูง จะอยู่ระหว่าง 2-5 โวลท์

หลักการเบื้องต้นของพีชคณิตบูลีน จะใช้ตัวแปร A B C ... ซึ่งมีค่าได้ 2 ค่า คือ 0 และ 1 และมีการดำเนินการเชิงตรรก (Logical Operation) ที่เป็นวงจรพื้นฐานอยู่ 3 ชนิดคือ

1. การดำเนินการแบบออร์ (OR Operation) สัญญลักษณ์ของการดำเนินการแบบออร์ จะแทนด้วยเครื่องหมายบวก (+) ซึ่งเป็นตรรกแบบบวก

2. การดำเนินการแบบแอนด์ (AND Operation) สัญญลักษณ์ของการดำเนินการแบบแอนด์ แทนด้วยเครื่องหมายคูณ (x) หรือ จุด (.)

3. การดำเนินการแบบน็อต (NOT Operation) ใช้สัญญลักษณ์เครื่องหมายขีดบนตัวแปร ซึ่งเป็นตรรกแบบให้ผลตรงกันข้าม (Inversion)

สรุปคณิตศาสตร์บูลีนที่สำคัญดังนี้

1. $A + A = A$

ถ้า $A = 1$ จะได้ $1 + 1 = 1$

ถ้า $A = 0$ จะได้ $0 + 0 = 0$

2. $A + 1 = 1$

ถ้า $A = 1$ จะได้ $1 + 1 = 1$

ถ้า $A = 0$ จะได้ $0 + 1 = 1$

3. $A \cdot 1 = A$

ถ้า $A = 1$ จะได้ $1 \cdot 1 = 1$

ถ้า $A = 0$ จะได้ $0 \cdot 1 = 0$

4. $A \cdot 0 = 0$

ถ้า $A = 1$ จะได้ $1 \cdot 0 = 0$

ถ้า $A = 0$ จะได้ $0 \cdot 0 = 0$

5. $A + \bar{A} = 1$

ถ้า A มีค่าเป็น 0 $\bar{A}$ จะมีค่าเป็น 1

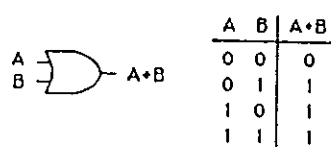
ถ้า A มีค่าเป็น 1 $\bar{A}$ จะมีค่าเป็น 0

6. $A \cdot \bar{A} = 0$

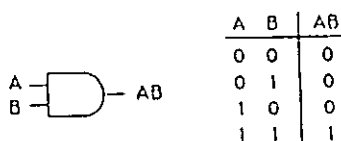
ถ้า $A = 1$ จะได้ $1 \cdot 0 = 0$

ถ้า $A = 0$ จะได้ $0 \cdot 1 = 0$

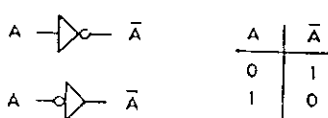
เขียนสัญลักษณ์แทนการดำเนินการแบบออร์เกต แอนด์เกต นีตเกต และตารางแสดงความจริงได้ดังนี้



ภาพประกอบ 4 แสดงสัญลักษณ์การดำเนินการแบบออร์เกต และแสดงตารางความจริงของออร์เกต (Wagner. 1988 : 8)

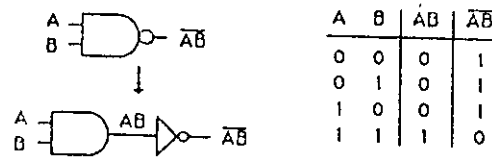


ภาพประกอบ 5 แสดงสัญลักษณ์การดำเนินการแบบแอนด์เกต และแสดงตารางความจริงของแอนด์เกต (Wagner. 1988 : 7)



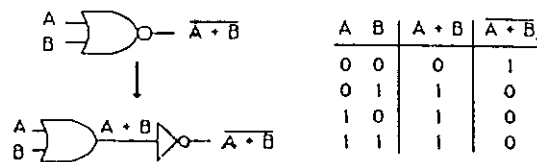
ภาพประกอบ 6 แสดงสัญลักษณ์การดำเนินการแบบนีต และแสดงตารางความจริง (Wagner. 1988 : 6)

จากเกตพื้นฐานที่กล่าวมาทั้ง 3 ชนิดแล้ว ยังสามารถนำเกตทั้ง 3 มาประกอบกันเป็นเกตอย่างอื่นได้ เช่น เมื่อนำแอนด์เกตมาประกอบเข้ากับนีตเกต ก็จะกลายเป็นแนนด์เกต (Nand gate) ที่มีฟังก์ชันการทำงานแตกต่างจากเกตเดิม หรือเมื่อนำออร์เกตมาประกอบเข้ากับนีตเกตจะได้ไนออร์เกต (Nor gate) เป็นต้น



ภาพประกอบ 7 แสดงสัญลักษณ์การดำเนินการแบบแนนด์เกต และตารางความจริง

(Wagner. 1988 : 10)



ภาพประกอบ 8 สัญลักษณ์การดำเนินการแบบนอร์เกต และตารางความจริง

(Wagner. 1988 : 11)



ภาพประกอบ 9 สัญลักษณ์เอ็กซ์คลูซีฟนอร์เกต และตารางความจริง

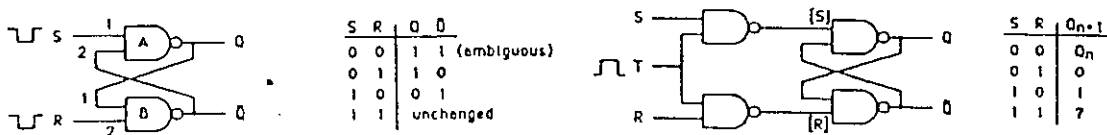
(Wagner. 1988 : 11)

3.1.2 ฟลิปฟลอป (Flip Flop) เป็นวงจรพื้นฐานอย่างหนึ่งที่ใช้สำหรับพักข้อมูลในวงจรดิจิทัล ซึ่งมีอยู่หลายชนิด แต่ฟลิปฟลอปทุกชนิดจะมีลักษณะเฉพาะที่เหมือนกันอยู่ 2 อย่าง กล่าวคือ

ฟลิปฟลอป เป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่มีสถานะมั่นคงอยู่ 2 สถานะ คือสถานะที่เป็น 0 และสถานะที่เป็น 1 โดยฟลิปฟลอปจะจำหรือพักในรูปของรหัสเลขฐานสอง (0 หรือ 1) ไว้ที่ขาทางออก จนกระทั่งมีสัญญาณจากภายนอกมากระตุ้น จึงจะเปลี่ยนไปเป็นสถานะตรงกันข้าม

ฟลิปฟลอปจะมีขาที่สัญญาณทางออกอยู่ 2 ขั้ว ซึ่งสัญญาณที่ทางออกทั้งสองจะอยู่ในสถานะตรงกันข้ามกันเสมอ

ฟลิปฟล็อปแบ่งได้เป็นหลายชนิดเช่น รีเซ็ตฟลิปฟล็อป (Reset Flip Flop) ทริกเกอร์ฟลิปฟล็อป (Trigger Flip Flop) ดีไทป์ฟลิปฟล็อป (D-Type Flip Flop) เจเคฟลิปฟล็อป (J-K Flip Flop) ซึ่งแต่ละชนิดก็มีฟังก์ชันการทำงานที่แตกต่างกัน ภาพประกอบ 10 แสดงสัญลักษณ์และตารางความจริงของฟลิปฟล็อปแต่ละชนิด

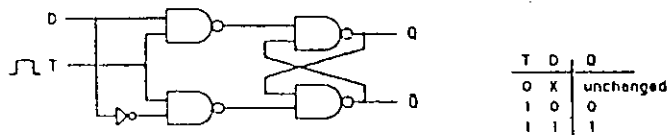


ก.รีเซ็ตฟลิปฟล็อป

ข.รีเซ็ตฟลิปฟล็อปที่กระตุ้นด้วยขอบบวกของนาฬิกา

ภาพประกอบ 10 แสดงสัญลักษณ์และตารางความจริงของรีเซ็ตฟลิปฟล็อป

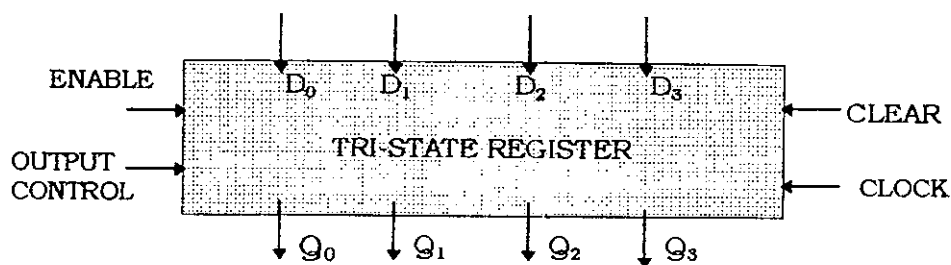
(Wagner. 1988 : 141)



ภาพประกอบ 11 แสดงสัญลักษณ์และตารางความจริงของฟลิปฟล็อปชนิดดีที่กระตุ้นด้วย

ขอบบวกของนาฬิกา (Wagner. 1988 : 141)

3.1.3 รีจิสเตอร์แบบสามสถานะ (3 - State Register) รีจิสเตอร์แบบสามสถานะเป็นไอซีที่ใช้เป็นหน่วยความจำชั่วคราว เพื่อกักข้อมูล(Latch) ส่งข้อมูล และมีสถานะที่มีความต้านทานไฟฟ้าสูง (Hi-impedance; Hi-Z) รูปแบบทั่วไปของรีจิสเตอร์สามสถานะ แสดงดังภาพประกอบ 12



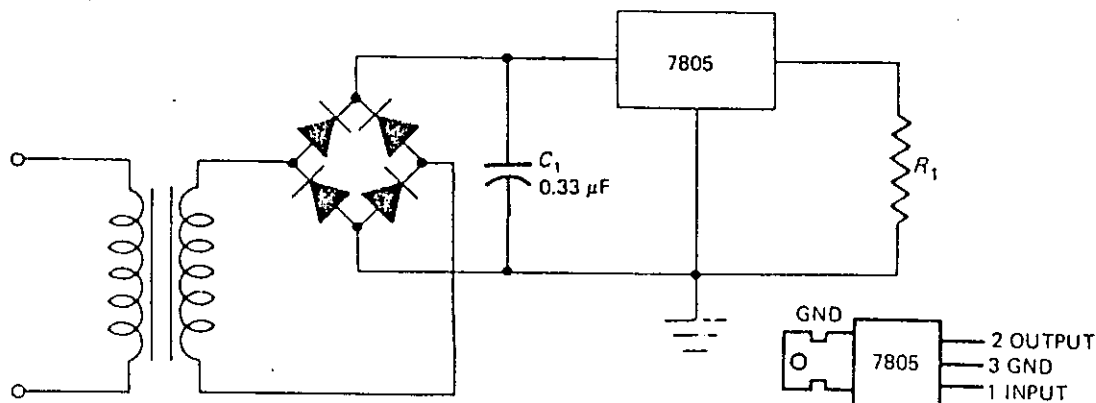
ภาพประกอบ 12 แสดงขาสัญญาณต่าง ๆ ของรีจิสเตอร์สามสถานะแบบดี

(Malvino. 1983 : 123)

การทำงานของรีจิสเตอร์แบบสามสถานะ จะส่งผ่านข้อมูล หรือ กักข้อมูล หรือ สัญญาณที่ทางออกอยู่ในสถานะที่มีความต้านทานไฟฟ้าสูงทั้งนี้การทำงานจะเป็นแบบใดขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของสัญญาณทางเข้าที่กำหนดไว้ ซึ่งสัญญาณที่ทางเข้าได้แก่ สัญญาณเอนเอเบิล (Enable) สัญญาณเคลียร์ (Clear) สัญญาณเอาต์พุตคอนโทรล (Output Control) และสัญญาณนาฬิกา (Clock)

4. วงจรจ่ายกำลัง (Power Supply)

ในการสร้างวงจรเชื่อมต่อระหว่างเครื่องนับความถี่ กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์นั้น จะใช้เกต และรีจิสเตอร์ที่เป็นไอซีชนิดทีทีแอล (Transister-Transister-Logic : TTL) จึงจำเป็นต้องมีแหล่งจ่ายไฟสำหรับไอซีเหล่านั้น ทั้งนี้เพื่อที่จะลดภาระจากการใช้แหล่งจ่ายไฟ ในระบบคอมพิวเตอร์ เพราะหากมีแหล่งจ่ายไฟเพียงแหล่งเดียว แต่มีอุปกรณ์เชื่อมต่ออยู่หลายชุด อาจทำให้ค่าตกรกไม่ถูกต้อง สำหรับงานวิจัยนี้ จะใช้ไอซีเรกูเลเตอร์ ชนิดทีทีแอล 7805 ที่สามารถเปลี่ยนค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า 6-12 โวลต์ ที่ทางเข้า ไปเป็นความต่างศักย์ไฟฟ้าคงที่ 5 โวลต์ที่ทางออก ดังแสดงในภาพประกอบ 13

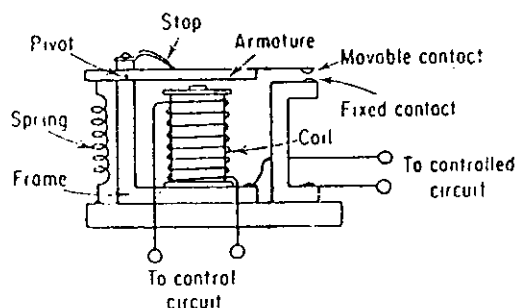


ภาพประกอบ 13 แสดงการกระจายกำลังไฟฟ้าของวงจรเรกูเลเตอร์ที่มี IC 7805

(Pasahow, 1982 : 286)

5. วงจรสวิตช์แม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic circuit)

เป็นสวิตช์ที่มีหลักการทำงาน โดยให้กระแสไฟฟ้าไหลเข้าไปในขดลวด (Armature) ทำให้ขดลวดมีสภาพเป็นแม่เหล็กไฟฟ้า สนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะดูดหน้าสัมผัส (Movable contact) ให้สัมผัสกัน สามารถนำหลักการทำงานนี้ไปประยุกต์ใช้เป็นสวิตช์ปิดเปิดที่เรียกว่า อิเล็กโตรแมกเนติกรีเลย์ (Electromagnetic relay)

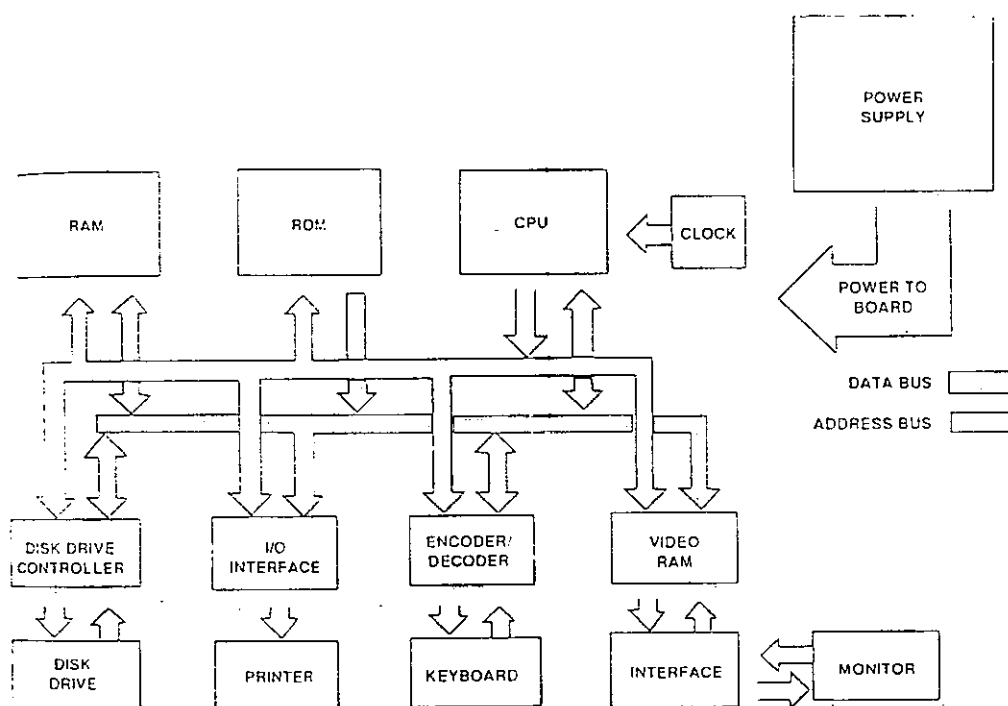


ภาพประกอบ 14 แสดงสวิตช์แม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในการควบคุมการปิดเปิดวงจร

(Marcus, 1968: 404)

5. เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ (Microcomputer)

โครงสร้างโดยทั่วไปของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วยตัวเครื่องคอมพิวเตอร์ ที่มีหน่วยรับข้อมูล (Input Unit) หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit: CPU) หน่วยแสดงผลลัพท์ (Output Unit) และอุปกรณ์ร่ายรอบ (Peripherral Device) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่วางรอบหน่วยประมวลผลกลาง มีโครงสร้างการทำงานแยกเป็นส่วน ๆ ดังนี้



ภาพประกอบ 15 แสดงส่วนประกอบพื้นฐานของระบบฮาร์ดแวร์คอมพิวเตอร์

(Birness. 1993 : 579)

5.1. ส่วนที่ใช้ในการคำนวณ (Arithmetic and Logic Unit :ALU) และหน่วยควบคุม (Control Unit) จะรวมเป็นส่วนเดียวกันของวงจรรวม (Integrated Circuit) ที่เรียกว่าหน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit:CPU) ทำหน้าที่ประสานงานกับหน่วยอื่น ๆ เพื่อให้ทำงานตามคำสั่งในโปรแกรม และควบคุมการปฏิบัติงานหลักของเครื่อง ส่วนที่ใช้คำนวณ ประกอบด้วยส่วนที่เป็นหน่วยความจำหลัก (Main memory หรือ Primary memory) หน่วยคณิตศาสตร์และตรรก (Arithmetic and Logic Unit) และหน่วยควบคุม (Control Unit)

หน่วยความจำหลัก เป็นหน่วยความจำที่สร้างมาพร้อมกับตัวเครื่อง เรียกอีกอย่างหนึ่งว่าหน่วยความจำภายใน (Internal Memory) ทำหน้าที่เก็บข้อมูลเพื่อรอประมวลผล หรือเก็บคำสั่งจากโปรแกรมเพื่อใช้ในการประมวลผล หรือเก็บผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลและรอส่งไปที่หน่วยแสดงผล ขนาดของหน่วยความจำวัดด้วยหน่วยเค-ไบต์ (K-Byte) ซึ่งย่อมาจาก Kilobyte ซึ่งเท่ากับ 1,024 ไบต์ (Byte) ในส่วนของหน่วยความจำหลักจะประกอบด้วยส่วนที่เป็นหน่วยความจำย่อย ๆ มีลักษณะคล้ายห้องเล็ก ๆ เรียงติดต่อกันไป โดยแต่ละห้องจะมีเลขที่เรียกว่าแอดเดรส (Address) ในแต่ละแอดเดรส จะเก็บข้อมูลหรือคำสั่งได้มากน้อยแตกต่างกันไป ถ้าคอมพิวเตอร์มีแอดเดรสมากเท่าใด ก็จะมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงเพราะสามารถประมวลผลข้อมูลได้ปริมาณมากกว่านั่นเอง โดยทั่วไปอาจแบ่งหน่วยความจำออกเป็น 2 ประเภท คือ

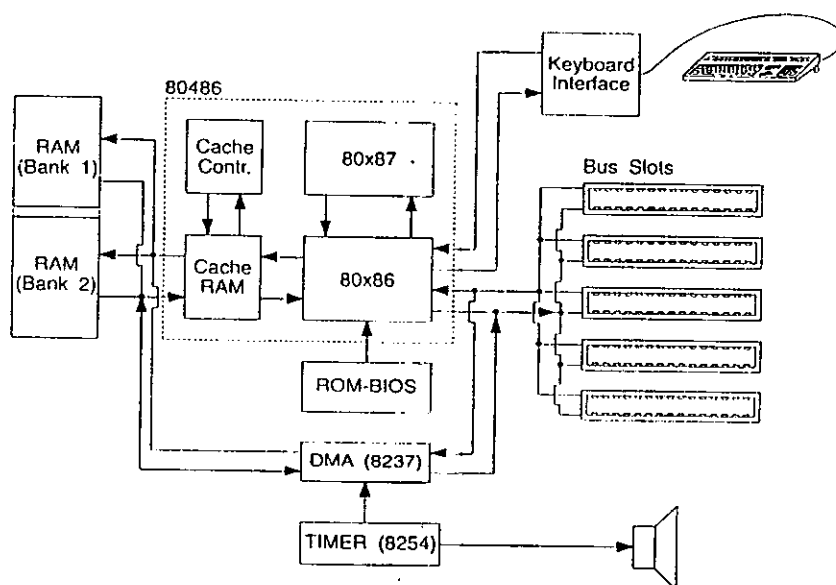
หน่วยความจำถาวรหรือรอม (ROM ย่อมาจาก Read - Only Memory) ที่ทำหน้าที่เก็บคำสั่ง และโปรแกรมในการทำงานต่าง ๆ ของระบบ ซึ่งสามารถอ่านข้อมูลได้อย่างเดียว ข้อมูลที่อยู่ในรอมนั้นสามารถเก็บไว้ได้แม้จะไม่มีไฟมาเลี้ยง

หน่วยความจำชั่วคราวหรือแรม (RAM ย่อมาจาก Random Access Memory) สามารถบันทึกข้อมูล หรือโปรแกรมคำสั่งที่เรียกจากหน่วยความจำหลักได้ แต่ถ้าหากไม่มีไฟเลี้ยงให้แก่แรมแล้วข้อมูลจะสูญหายไปทันที

5.2. หน่วยรับส่งข้อมูลของระบบ (Input - Output Unit)

5.2.1 หน่วยรับข้อมูล (Input Unit) เป็นหน่วยที่ใช้ติดต่อระหว่างมนุษย์กับเครื่องคอมพิวเตอร์ ทำหน้าที่รับข้อมูลและคำสั่งจากภายนอก เข้าสู่หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) เพื่อทำการประมวลผลต่อไป ซึ่งมีหลายชนิดตามความต้องการในการประมวลผล เช่น แป้นพิมพ์ (Keyboard) เมาส์ (Mouse) เครื่องสแกน (Scanner) เป็นต้น

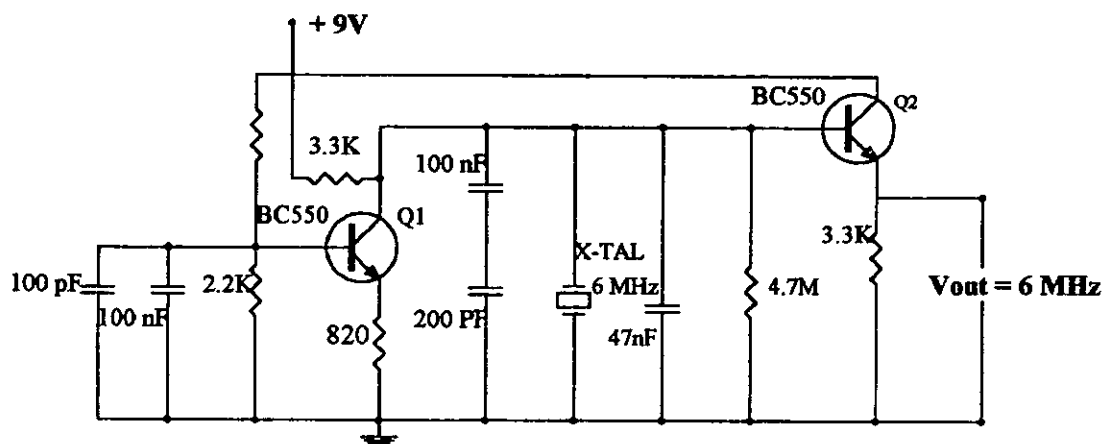
5.2.2 หน่วยแสดงผลลัพธ์ (Output Unit) เป็นหน่วยที่แสดงผลลัพธ์จากการประมวลผลของหน่วยประมวลผลกลาง เช่น จอภาพ (Monitor) เครื่องพิมพ์ (Printer) เป็นต้น



ภาพประกอบ 16 แสดงการส่วนประกอบของฮาร์ดแวร์ และอุปกรณ์รายรอบ (Hans. 1993 : 8)

6. วงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator circuit)

เป็นวงจรที่ทำให้เกิดการสั่น ที่เกิดการป้อนกลับแบบบวก (Positive feedback circuit) โดยวงจรขยายที่ใช้ จะเป็นชนิดเบสร่วม (common base) โดย สัญญาณที่ทางออกของ ทรานซิสเตอร์ Q₁ จะถูกส่งไปยังทรานซิสเตอร์ Q₂ ซึ่งมีจุดกระทำหน้าที่ตำแหน่งตัดขาด (cut off) ทำให้ได้สัญญาณออกไปในรูปคลื่นสี่เหลี่ยม เพื่อนำเข้าสู่วงจรนับความถี่ต่อไป



ภาพประกอบ 17 วงจรออสซิลเลเตอร์ (โช สาสีจัน และคณะ. 2535 : 83)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

แบ่งออกเป็นขั้นตอนดังนี้

1. การรวบรวมข้อมูลและศึกษาค้นคว้า

1.1 ศึกษาการทำงานของเครื่องเคลือบสารโดยวิธีการระเหยสารภายใต้ภาวะ
สุญญากาศ

1.2 ศึกษาทฤษฎีการวัดความหนาของฟิล์มบางด้วยการสั่นของผลึกควอตซ์

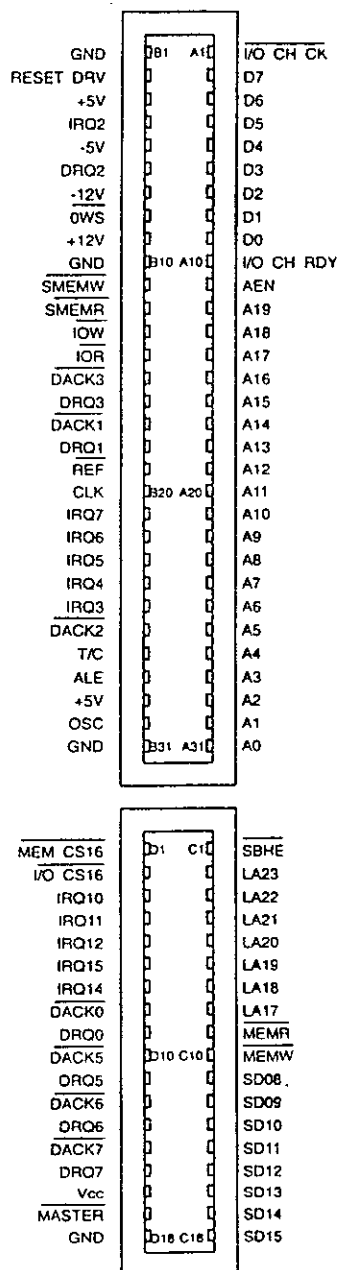
1.3 ศึกษาการทำงานของวงจรนับความถี่และการส่งผ่านข้อมูลกับเครื่องไมโคร
คอมพิวเตอร์

2. การออกแบบสร้างเครื่องควบคุมความหนาของฟิล์มบาง

เครื่องควบคุมความหนาของฟิล์มบางที่จะสร้างขึ้น เป็นเครื่องควบคุมความหนาของ
ฟิล์มด้วยเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ที่มีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) เบอร์ 80386 ของไอบีเอ็ม
(IBM) หรือเครื่องเทียบเท่า (compatible) เครื่องควบคุมความหนาของฟิล์ม ประกอบด้วย เครื่อง
ไมโครคอมพิวเตอร์ วงจรเชื่อมต่อระหว่างเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์กับวงจรเครื่องนับความถี่
ซึ่งต่อไปจะเรียกรวมกันว่า วงจรเชื่อมต่อ และซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการควบคุมการวัดความหนา
ของฟิล์ม

วงจรเชื่อมต่อแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือวงจรสร้างพอร์ต (port) และวงจรควบคุม
จังหวะการรับส่งสัญญาณ ระหว่าง เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ กับเครื่องนับความถี่

วงจรสร้างพอร์ต วงจรสร้างพอร์ตเป็นวงจรที่ทำหน้าที่เป็นช่องทาง สำหรับให้เครื่อง
ไมโครคอมพิวเตอร์สามารถติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ได้ ด้วยการ
อ่าน หรือเขียนข้อมูล โดยการกำหนดแอดเดรสจากสัญญาณที่มาจากสล็อตมาตรฐานของ
เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ไอบีเอ็ม พีซี เอที (IBM PC /AT) หรือ เครื่องเทียบเคียง
(Compatibles) ซึ่งแสดงดังภาพประกอบ 18



ภาพประกอบ 18 แสดงขั้วสัญญาณที่สอดคล้องตามมาตรฐานของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ไอบีเอ็ม
พีซี เอที (IBM PC/ AT) หรือเครื่องเทียบเคียง (compatible) (Hans. 1993 : 166)

การออกแบบวงจรเชื่อมต่อ ที่จะใช้ติดต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์นั้น ต้องมีการกำหนดตำแหน่งที่ต้องการติดต่อ (port address) ที่เป็นอิสระเฉพาะ ให้แตกต่างจากตำแหน่งที่เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ใช้งานอยู่ เพื่อให้การรับและส่งข้อมูลจากวงจรเชื่อมต่อไปยังเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์จะได้ไม่ซ้ำซ้อนกัน ที่อาจจะทำให้การรับและส่งข้อมูลเกิดการผิดพลาดได้

ตาราง 1 แสดงตำแหน่งแอดเดรสบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์เอที

PORT ADDRESS	USED BY
000h-00fh	1st DMA chip 8237A
020h-021h	1st PIC 8259A
040h-043h	PIT 8253
060h-063h	keybord controller 8042
070h-0701h	real time clock
080h-083h	DMA page register
0a0h-0afh	2ndPIC 8259A
0c0h-0cfh	2nd chip 8237A
0e0h-0efh	reserved for coprocessor 80287
0f0h-0ffh	reserved for mathcoprocessor
100h-1ffh	available
200h-20fh	game adaptor
210h-217h	reserved
220h-26fh	available
278h-27fh	2nd parallel interface
2b0h-2dfh	EGA
2f8h-2ffh	COM2
300h-31fh	prototype adapter
320h-32fh	available

(Han. 1993 : 165)

จากภาพประกอบ 19 ที่แสดงการกำหนดพอร์ตที่ใช้ในการติดต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์นั้น สามารถแยกอธิบายออกเป็นส่วนประกอบย่อยดังนี้

2.1.1 สัญญาณและอุปกรณ์ที่ใช้ในการกำหนดตำแหน่งแอดเดรส

สัญญาณที่มาจากสล็อตของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งประกอบด้วย สัญญาณ A_0 , A_1 , A_2 , A_3 , A_4 , A_5 , A_6 , A_7 , A_8 , A_9 , AEN, IOW และ IOR จะใช้ในการรวมถอดรหัสตำแหน่งที่ต้องการติดต่อกันระหว่างเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก

ดิฟเฟอเรนเชียล (DIP SWITCH) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการร่วมกำหนดตำแหน่งแอดเดรส ด้วยการเปรียบเทียบกับสัญญาณที่มาจากเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ กับตรรกะที่กำหนดโดยสวิตช์

ไอซี 74LS688 เป็นไอซีที่ใช้สำหรับเปรียบเทียบ แอดเดรส A_3 - A_9 และ AEN กับตรรกะที่กำหนดโดยดิฟเฟอเรนเชียล โดยไอซี 74LS688 จะมีสถานะที่ขาทางออก (ขา 19) เป็น 0 ก็ต่อเมื่อสัญญาณทั้งหมดที่นำมาเปรียบเทียบมีค่าเท่ากัน แต่ถ้าหากมีสัญญาณเพียงคู่ใดคู่หนึ่งไม่เท่ากัน สัญญาณที่ทางออกก็จะมีสถานะเป็น 1

ไอซี 74LS138 เป็นไอซีที่ใช้ร่วมถอดรหัส ในการกำหนดตำแหน่งแอดเดรสที่ต้องการ โดยมี A_0 , A_1 , A_2 เป็นแอดเดรสกำหนดพอร์ต และ IOW และ IOR กำหนดให้พอร์ตแอดเดรสทำหน้าที่อ่านหรือเขียน

ไอซี 74LS 245 เป็นไอซีที่ใช้ในการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกเข้าสู่ซีพียู หรือเขียนข้อมูลออกจากซีพียูไปยังอุปกรณ์ที่ต่อเชื่อมอยู่

2.1.2 การกำหนดแอดเดรส

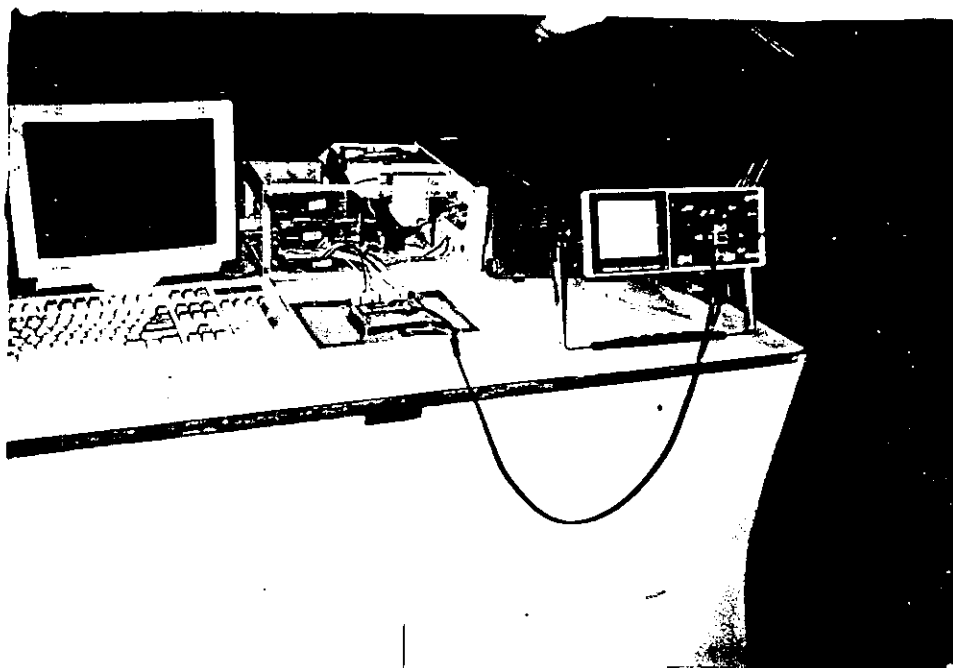
ตำแหน่งแอดเดรสที่เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกคือ ตำแหน่ง 736 ในเลขฐานสิบ หรือ 02E0H ในเลขฐานสิบหก จนกระทั่งถึงตำแหน่ง 743 หรือ 02E7H

ในการวางอุปกรณ์ทั้งหมดลงบนแผ่นพิมพ์ ต้องตรวจสอบการวางขาของอุปกรณ์ของ ไอซีให้ถูกต้อง และในการตั้งดิฟฟิวซ์เพื่อหาตำแหน่งที่ต้องการ ต้องตรวจสอบให้แน่ใจก่อนว่า ตำแหน่งนั้นไม่มีอุปกรณ์ภายนอกใดต่อเชื่อมอยู่แล้ว ทั้งนี้เพื่อป้องกันการชำรุดของการรับส่ง ข้อมูล อันที่จะทำให้เกิดความผิดพลาดได้

ในการออกแบบวงจรสร้างพอร์ท จะใช้แผ่นวงจรพิมพ์ที่มีการเชื่อมต่อแบบสองหน้า ที่มี ขนาดพอดีกับสล๊อตที่ว่างบนเมนบอร์ดของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ส่วนการเชื่อมต่ออุปกรณ์ จำพวกไอซี ต้องระวังความร้อนเนื่องการบัดกรี อันจะเป็นผลให้ไอซีเกิดการชำรุดเสียหายได้ ถ้า มี SOCKET ของไอซี อาจจะแก้ปัญหาในส่วนนี้ได้ เมื่อประกอบอุปกรณ์ทั้งหมดลงในวงจรแล้ว สามารถตรวจสอบวงจรว่าทำงานได้หรือไม่ โดยการเขียนโปรแกรมคำสั่งตรวจสอบ ซึ่งมีรูปแบบ ของโปรแกรมดังนี้

1. คำสั่งเขียนข้อมูลที่ พอร์ต ไคพอร์ต หนึ่ง ใช้คำสั่ง OUT (PORT) , DATA เพื่อตรวจสอบ PORT ที่ต้องการติดต่อว่าตรงตามที่เรากำหนดหรือไม่ เช่น ใช้ คำสั่ง OUT 736,00 หมายความว่าต้องการเขียนข้อมูลไปที่ พอร์ตแอดเดรส หมายเลข 736 เป็นต้น

2. คำสั่งอ่านข้อมูลเข้าที่ พอร์ต ไค พอร์ต หนึ่ง ใช้คำสั่ง A = INP (PORT) เพื่อตรวจสอบ PORT ที่ต้องการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกเข้า เช่นใช้คำสั่ง A = INP (736) หมายความว่าต้องการอ่านข้อมูลที่ พอร์ต หมายเลข 736 มาเก็บไว้ที่ตัวแปรชื่อ A ในการ ทดลองการตรวจสอบ พอร์ต ที่ต้องการจะติดต่อนั้น สามารถใช้ออสซิลโลสโคปเป็นเครื่องมือ ในการตรวจสอบการทำงานของวงจร โดยดูจากสัญญาณพัลส์ที่เกิดขึ้นที่ PORT นั้น ๆ ดังภาพ ประกอบ 20



ภาพประกอบ 20 แสดงภาพวงจรกำหนด PORT ADDRESS ที่ใช้ในการทดลอง

สำหรับรายการอุปกรณ์ที่ใช้ ในการกำหนดตำแหน่งแอดเดรสที่เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก มีอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างดังนี้

- | | |
|-----------------------------|-------------|
| 1. ไอซี TTL เบอร์ 74LS 688 | จำนวน 1 ตัว |
| 2. ไอซี TTL เบอร์ 74LS 138 | จำนวน 2 ตัว |
| 3. ไอซี TTL เบอร์ 74LS 245 | จำนวน 1 ตัว |
| 4. ดิฟลิวิตซ์ 6 ขา | จำนวน 1 ตัว |
| 5. ความต้านทาน 82 กิโลโอห์ม | จำนวน 6 ตัว |

2.2 เครื่องนับความถี่

เครื่องนับความถี่ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นเครื่องนับความถี่ที่สร้างจากคู่มือการแนะนำไอซีของบริษัท อินเทลไซเมอร์ (INTERCILMER) เบอร์ ICM7226B เป็นไอซีชนิด CMOS ที่กินกระแสไฟต่ำ มีความสามารถในการนับความถี่ได้ตั้งแต่ 1 - 10 เมกกะเฮิร์ต นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ไปใช้งานอื่นได้หลายอย่าง เช่น การวัดคาบเวลา การเปรียบเทียบคาบเวลา การเปรียบเทียบความถี่ของสองความถี่เป็นอัตราส่วนกันได้

สำหรับคุณสมบัติเฉพาะของไอซี ICM 7226B เกี่ยวกับค่าทางไฟฟ้าเป็นดังนี้

- | | |
|--|---|
| 1. ต้องการแหล่งจ่ายไฟฟ้า ($V_{dd} - V_{dd}$) | 6.5 V |
| 2. จ่ายกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด | 400 mA |
| 3. จ่ายกระแสไฟฟ้าให้ LED แต่ละส่วนสูงสุด | 60 mA |
| 4. ใช้กำลังไฟฟ้า | 0.5 วัตต์ |
| 5. อุณหภูมิในระหว่างที่ใช้งาน | -25 $^{\circ}\text{C}$ ถึง +85 $^{\circ}\text{C}$ |
| 4.21 การนับข้อมูลของเครื่องนับความถี่ | |

การนำข้อมูลที่ได้จากเครื่องนับความถี่มาประมวลผลในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ จะใช้เครื่องนับความถี่ที่สร้างตามแบบการแนะนำไอซี เบอร์ ICM7226B ซึ่งเป็นไอซีสำเร็จรูปของบริษัทอินเทลไซเมอร์ (INTELCIMER) การควบคุมการทำงานของเครื่องนับความถี่นี้จะต้องพิจารณาจังหวะการนับข้อมูล จังหวะการโฮลด์ข้อมูล (HOLD) สัญญาณมัลติเพล็กซ์ที่ส่งข้อมูลออก (MULTIPLEX OUTPUT) และสัญญาณที่แจ้งให้ผู้ใช้ทราบว่า เครื่องนับความถี่ได้นับข้อมูลเสร็จแล้ว (STORE SIGNAL) ประกอบการพิจารณาในการสร้างวงจรเชื่อมต่อ ในการนับข้อมูลของเครื่องนับความถี่ จะส่งออกมาในรูปของสัญญาณมัลติเพล็กซ์ที่เป็นรหัสเลขฐานสอง (BCD CODE) จำนวน 4 บิต ดังตาราง 2

ตาราง 2 แสดงการส่งข้อมูลออกของเครื่องนับความถี่ ที่สร้างจากไอซีสำเร็จรูปเบอร์ ICM 7226B

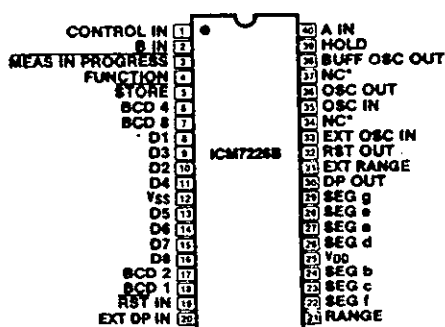
ตัวเลขที่แสดง	BCD หลักที่4 ขาที่ 7	BCD หลักที่3 ขาที่ 6	BCD หลักที่2 ขาที่ 17	BCD หลักที่1 ขาที่ 18
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1

จากตาราง 1 ขณะที่ D_1 อยู่ในสถานะ 1 เลข BCD ที่ส่งออกมาจากเครื่องนับความถี่จะเป็นหลักหน่วย ขณะที่ D_2 อยู่ในสถานะ 1 เลข BCD ที่ส่งออกมาจากเครื่องนับความถี่จะเป็นหลักสิบ เครื่องนับความถี่ จะให้สัญญาณที่บ่งบอกว่า ขณะนี้เครื่องนับความถี่ได้นับข้อมูลเสร็จแล้ว เครื่องนับความถี่จะส่งสัญญาณออกมา ซึ่งเรียกว่าสัญญาณสตอร์ (STORE) หลังจากเครื่องนับความถี่ส่งสัญญาณสตอร์ออกมา ผู้ใช้สามารถที่จะส่งสัญญาณจากภายนอก ไปควบคุมให้เครื่องนับความถี่พักสัญญาณที่นับเสร็จแล้ว (HOLD) ไว้ก่อนได้ เพื่อนำข้อมูลไปประมวลผลตามลักษณะของงานและการประยุกต์ได้

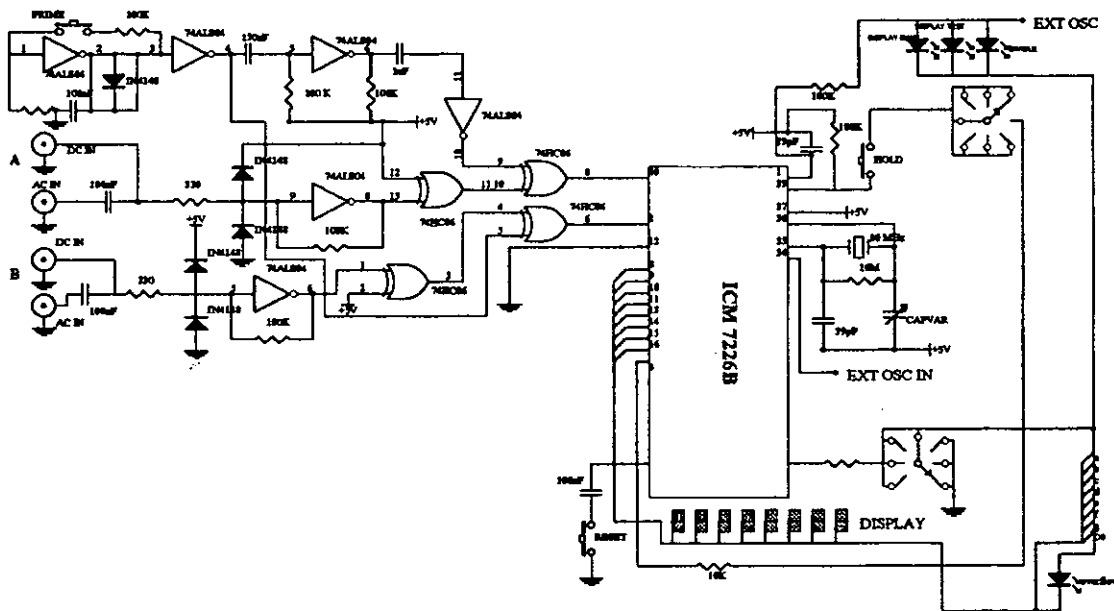
เช่น ข้อมูลที่อ่านได้จากเครื่องนับความถี่เป็น 2554 สามารถเขียนเป็นตารางที่แสดงค่าที่อ่านได้จากรหัส BCD และ ค่าที่กำหนดหลักของข้อมูลได้ดังตาราง3

ตารางที่ 3 แสดงค่าที่อ่านได้จากเครื่องนับความถี่ในหลักต่าง ๆ

ข้อมูล ที่อ่านได้ (เลขฐาน สิบ)	ค่าที่กำหนดหลักของข้อมูลที่อ่านได้								รหัสBCD			
	สิบ ล้าน	ล้าน	แสน	หมื่น	พัน	ร้อย	สิบ	หน่วย	8	4	2	1
	D ₈	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁				
4	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-
5	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	1
5	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	1
2	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-



ภาพประกอบ21 ไอซี เบอร์ ICM7226B (คู่มือแนะนำไอซี เบอร์ ICM 72226B)

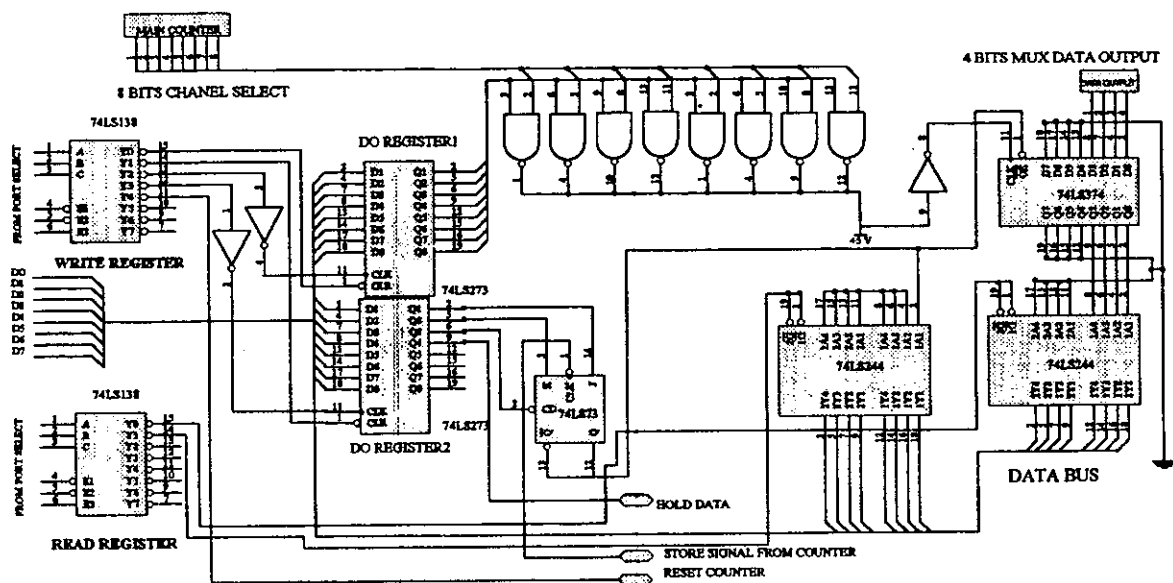


ภาพประกอบ 22 แสดงวงจรของเครื่องนับความถี่ (ไซ คลอสโคป และคณณ. 2535 : 83)

2.3 วงจรควบคุมจังหวะการรับส่งสัญญาณระหว่างเครื่องนับความถี่กับเครื่องไมโคร

คอมพิวเตอร์

การออกแบบสร้างวงจรในส่วนนี้ จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนที่ควบคุมการทำงานของเครื่องนับความถี่ และส่วนที่รับข้อมูลจากเครื่องนับความถี่มาประมวลผล ในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์



ภาพประกอบ 23 แสดงภาควงจรควบคุมจังหวะการรับและการส่งข้อมูล ระหว่าง

เครื่องนับความถี่ กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

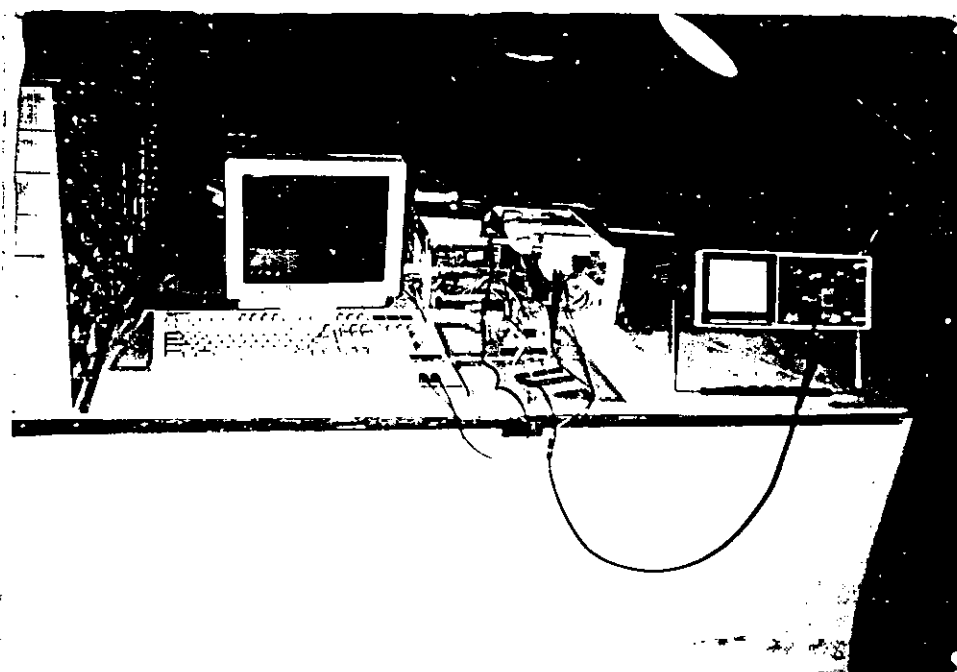
จากภาพประกอบ 23 เป็นวงจรควบคุมจังหวะการรับส่งข้อมูลที่ออกแบบสร้างขึ้น วงจรนี้ควบคุมการทำงานของเครื่องนับความถี่โดยการโปรแกรมจากเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ไอซี 74LS273 เป็นไอซีที่นำมาใช้เป็นรีจิสเตอร์ส่งข้อมูลออก โดยจะทำงานเมื่อได้รับการกระตุ้น จากพอร์ตแอดเดรส หมายเลข 736 ถึงหมายเลข 743 และเนื่องจากคุณสมบัติของไอซี 74LS273 นี้จะทำงานเมื่อได้รับสัญญาณกระตุ้นที่ขอบสัญญาณขอบบวกแต่สัญญาณที่ออกมาจาก พอร์ตแอดเดรส นั้นเป็นขอบสัญญาณขอบลบ เพื่อให้ไอซีนีทำงานได้ต้องมีการกลับสัญญาณ โดยใช้ ไอซี 74LS04 กลับสัญญาณให้เป็นขอบบวก เพื่อกระตุ้นให้ไอซีผ่านข้อมูลที่ทางออกของรีจิสเตอร์ ทางออก 1 (DO REGISTER) จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับสัญญาณมัลติเพล็กซ์ที่ออกมาจากเครื่องนับความถี่ เพื่อกำหนดหลักของตัวเลขที่เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ต้องการรับจากเครื่องนับความถี่ คอมพิวเตอร์จะเขียนข้อมูลให้รีจิสเตอร์ที่ทางออก 1 มีสถานะเป็น 1 เพียงบิตเดียว บิตที่เหลือเป็นศูนย์ ผลจากการเปรียบเทียบข้อมูลนี้กับสัญญาณมัลติเพล็กซ์ ถ้าสัญญาณทั้งสองเป็น 1 ตรงกัน จะทำให้สัญญาณที่ทางออกของแอนนเกตมีค่าเป็นศูนย์ สัญญาณนี้จะไปกระตุ้น ไอซี 74LS374 ที่ใช้เป็นไอซีกักข้อมูล ให้รับข้อมูลจากเครื่องนับความถี่มาเก็บไว้

ในการตรวจสอบการทำงานสามารถทำได้โดยใช้คำสั่ง OUT (PORT ADDRESS), data แล้วตรวจสอบสัญญาณจากดาต้าบัส (DATA BUS) เช่น OUT 736,5 หมายความว่า ต้องการเขียนข้อมูลผ่านรีจิสเตอร์ที่กระตุ้นโดยพอร์ตแอดเดรส หมายเลข 736 โดย 5 เป็นข้อมูลที่ส่งผ่านไปที่ทางออกของรีจิสเตอร์ สามารถตรวจสอบว่า ข้อมูลเป็นไปตามที่กำหนดหรือไม่ ด้วยมัลติมิเตอร์ ถ้าการส่งข้อมูลออกถูกต้องบิตที่ 0 เป็น 1 บิตที่ 2 เป็น 0 บิตที่ 3 เป็น 1 และบิตอื่น ๆ เป็น 0

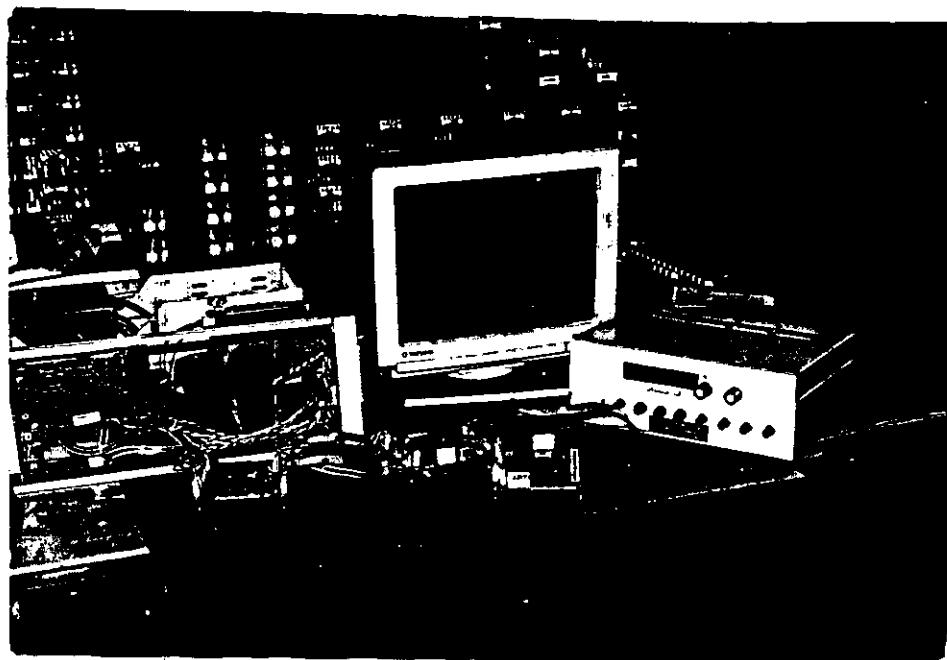
การอ่านข้อมูลจากเครื่องนับความถี่เข้าสู่เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ใช้ไอซี 74LS244 ทำหน้าที่เป็นรีจิสเตอร์อ่านข้อมูลโดยใช้ขอบลบของสัญญาณนาฬิกากระตุ้นจาก พอร์ตแอดเดรส หมายเลข 736 มีรูปแบบของคำสั่งคือ $A = \text{INP}(\text{PORT ADDRESS})$ เช่น $\text{CNT} = \text{INP}(736)$ หมายความว่า ต้องการอ่านข้อมูลเข้าเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ โดยอ่านข้อมูลเข้าจากที่ตำแหน่ง พอร์ตแอดเดรสหมายเลข 736 แต่ในการอ่านข้อมูลเข้าเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ต้องเป็นไปตามเงื่อนไขของจังหวะการนับความถี่และเงื่อนไขจังหวะการกักข้อมูลการส่งผ่านข้อมูลหรือเงื่อนไขที่อยู่ในสถานะ hi-impedance ของไอซี 74LS374 ประกอบการพิจารณาด้วย

สำหรับรายการอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเป็นดังนี้

1. ไอซีเบอร์74LS273	จำนวน	2	ตัว
2. ไอซีเบอร์74LS01	จำนวน	2	ตัว
3. ไอซีเบอร์74LS04	จำนวน	2	ตัว
4. ไอซีเบอร์74LS73	จำนวน	1	ตัว
5. ไอซีเบอร์74LS374	จำนวน	2	ตัว
6. ไอซีเบอร์74LS244	จำนวน	2	ตัว



ภาพประกอบ 24 แสดงลักษณะแผงวงจรที่ใช้ในการควบคุมจังหวะการรับและส่งข้อมูลระหว่างเครื่องนับความถี่กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์



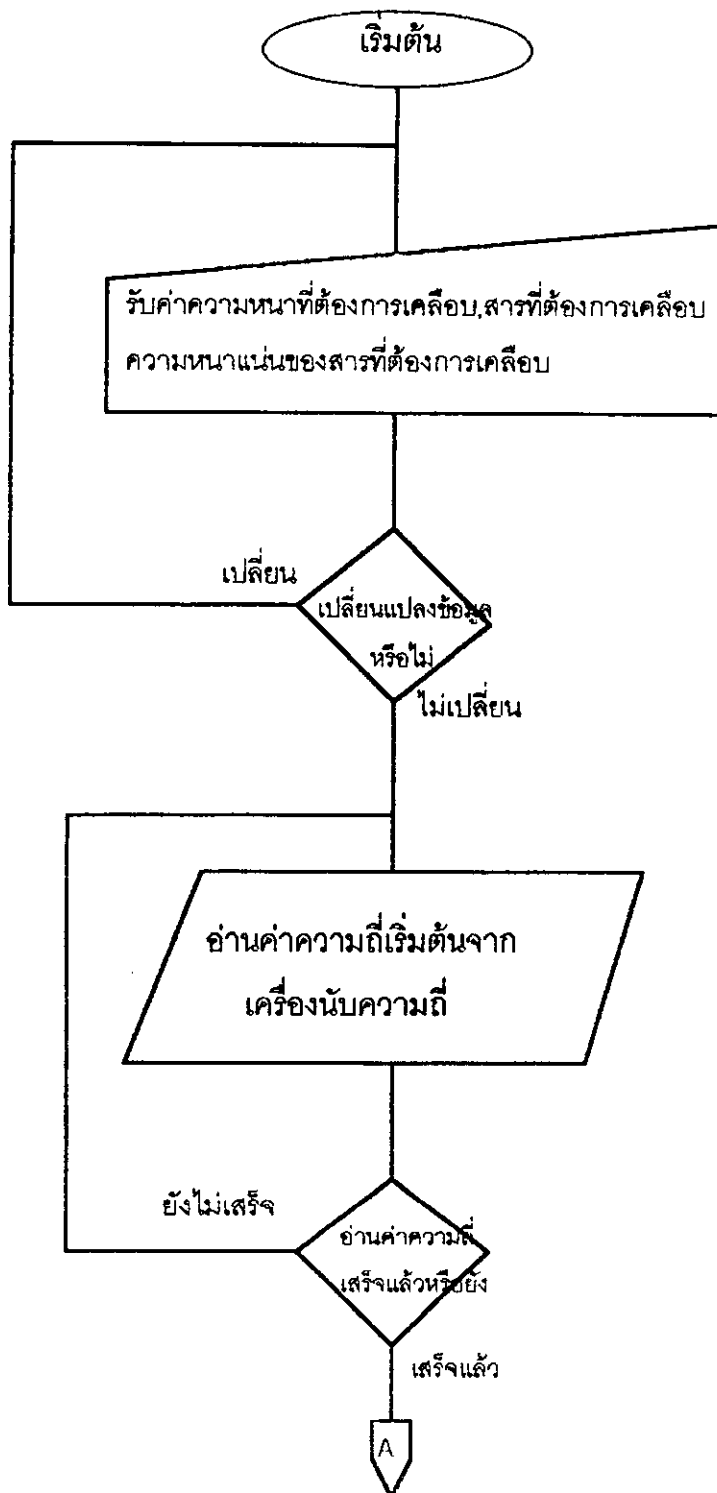
ภาพประกอบ 25 แสดงการเชื่อมต่อวงจรควบคุมจังหวะการรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องนับความถี่กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ กับเครื่องนับความถี่ที่ใช้ในการทดลอง

2.3.1 วงจรควบคุมการปิดเปิดชุดเตอร์ในเครื่องเคลื่อนระบบสุญญากาศ

การประกอบภาคควบคุมระหว่างสวิตช์แม่เหล็กไฟฟ้า กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ใช้ไอซี 74LS273 เป็นไอซีรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการกำหนดสัญญาณทางออกของข้อมูลที่ต้องการส่งข้อมูลออก จากนั้นก็ทำการเชื่อมต่อสายสัญญาณ จำนวน 4 สายเพื่อใช้ถอดรหัสควบคุมการทำงานของไอซีเบอร์ 74LS73 ตามโปรแกรมคำสั่งที่กำหนดขึ้นเพื่อกำหนดสถานะการทำงานที่ใช้กระตุ้นการทำงานของรีเลย์ที่ใช้ควบคุมการปิดและเปิดชุดเตอร์ ในเครื่องเคลื่อนฟิล์มบางในระบบสุญญากาศ

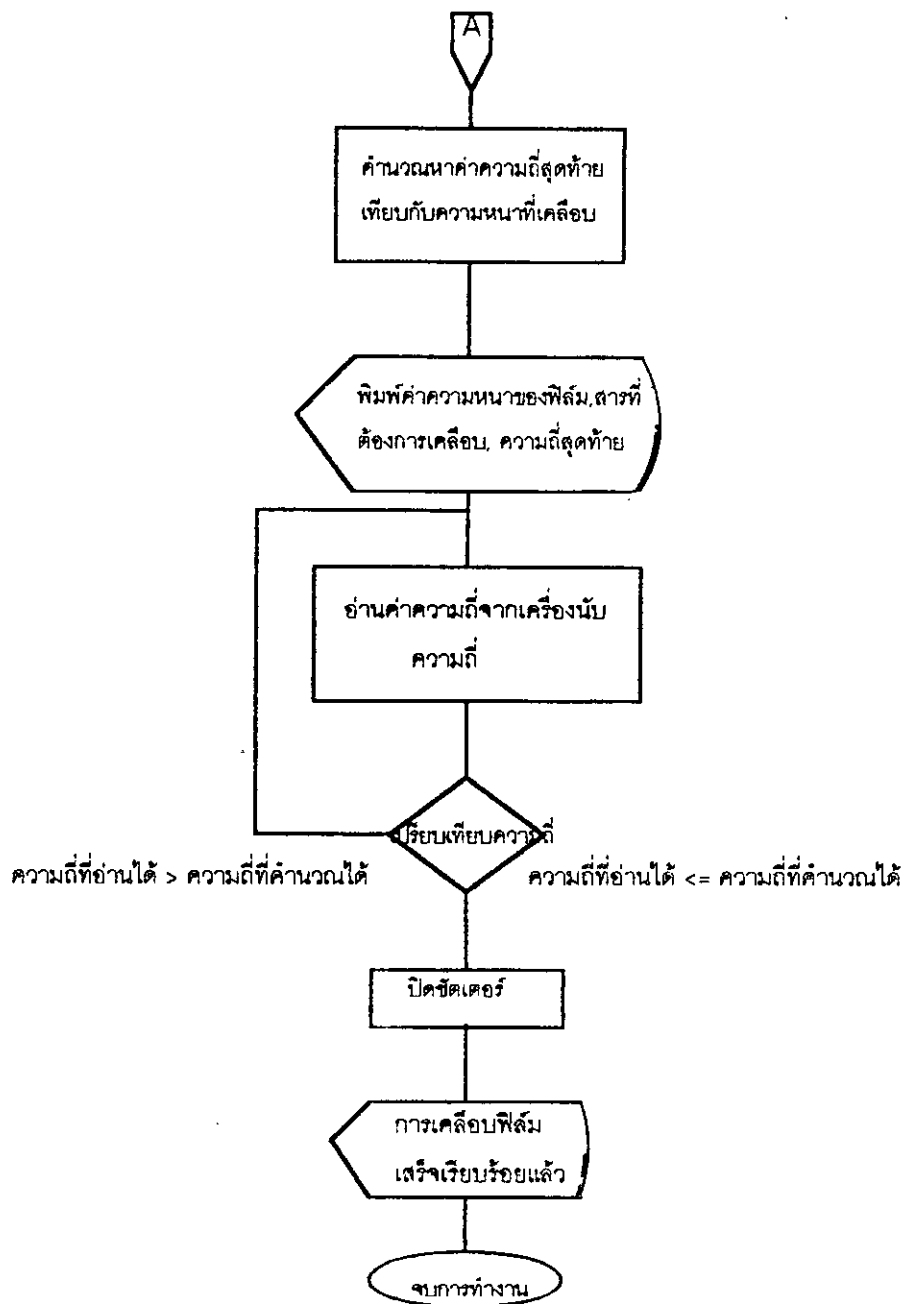
3. ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการวัดและควบคุมความหนาของฟิล์มบาง

สำหรับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมนี้แสดงไว้ในแผนผังการทำงาน (FLOW CHART) ดังภาพประกอบดังนี้



ภาพประกอบ 27 แสดงผังวงจรควบคุมการวัดความหนาของฟิล์ม

ผังการทำงาน (ต่อ)



ภาพประกอบ 28 แสดงผังการทำงานของโปรแกรมควบคุมความหนา

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การออกแบบสร้างวงจรเชื่อมต่อระหว่างเครื่องนับความถี่กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อควบคุมจังหวะการรับและส่งข้อมูลจากเครื่องนับความถี่มายังเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ เมื่อต้องการทราบความหนาของฟิล์มที่เกิดขึ้นบนวัตถุรองรับ โดยแปรผลจากการคำนวณค่าความถี่ของผลึกควอตซ์ที่เปลี่ยนไป การออกแบบสร้างวงจรเชื่อมต่อดังกล่าวได้แบ่งเป็นหลายขั้นตอน ซึ่งมีผลการวิจัยดังต่อไปนี้

4.1 ในการกำหนดตำแหน่งแอดเดรสที่ใช้ในการติดต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ที่แอดเดรสหมายเลข 736 ถึง หมายเลข 743 ในเลขฐานสิบ หรือ หมายเลข 02E0H ถึง หมายเลข 02E7H ในเลขฐานฐานสิบหก โดยให้สัญญาณ A_3 ถึง A_0 และสัญญาณ AEN เป็นตัวบ่งตำแหน่งแอดเดรสที่ต้องการแล้ว ยังใช้สัญญาณจากสล็อต A_0 ถึง A_2 ประกอบ ในการกำหนดตำแหน่งแอดเดรสดังปรากฏในตาราง 4

ตาราง 4 แสดงตำแหน่งแอดเดรสในเลขฐานสิบที่สอดคล้องกับ A_0 ถึง A_2

สัญญาณที่กำหนดจากสล็อตของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์			ค่าของแอดเดรส (เลขฐานสิบ)
A_0	A_1	A_2	
0	0	0	736
0	0	1	737
0	1	0	738
0	1	1	739
1	0	0	740
1	0	1	741
1	1	0	742
1	1	1	743

4.2 วงจรควบคุมจังหวะการรับและส่งข้อมูลของเครื่องนับความถี่

4.21 วงจรเชื่อมต่อที่ควบคุมจังหวะการรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

การทดสอบวงจร ทำได้ด้วยการเขียนคำสั่งจากเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ และตรวจสอบสัญญาณที่ทางเข้าของแนนด์เกตที่ต่ออยู่กับ Q_1 ถึง Q_8 ของ DO REGISTER1 ซึ่งให้ผลตามตาราง 6

ตาราง 6 แสดงการเขียนคำสั่งจากเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อเทียบหลักของข้อมูลที่ส่งออกมาจากเครื่องนับความถี่ หลักหน่วย

คำสั่งที่เขียนมาจาก เครื่องคอมพิวเตอร์	หลักที่ Q_8	หลักที่ Q_7	หลักที่ Q_6	หลักที่ Q_5	หลักที่ Q_4	หลักที่ Q_3	หลักที่ Q_2	หลักที่ Q_1
OUT 738,1	0	0	0	0	0	0	0	1
OUT 738,2	0	0	0	0	0	0	1	0
OUT 738,4	0	0	0	0	0	1	0	0
OUT 738,8	0	0	0	0	1	0	0	0
OUT 738,16	0	0	0	1	0	0	0	0
OUT 738,32	0	0	1	0	0	0	0	0
OUT 738,64	0	1	0	0	0	0	0	0
OUT 738,128	1	0	0	0	0	0	0	0

เมื่อเขียนคำสั่งจากเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ไปเปรียบเทียบกับสัญญาณกำหนดหลักของข้อมูลที่ส่งออกมาจากเครื่องนับความถี่ (D₁ ถึง D₉) ถ้าข้อมูลที่ได้ตรงกัน ก็จะส่งผลต่อสัญญาณที่ทางออกของแนนด์เกตให้มีค่าเป็น 0 จากนั้นก็จำนำสัญญาณ 0 นี้ไปกลับสัญญาณโดยใช้ไอซี 74LS04 เพื่อกระตุ้นการทำงานของไอซี 74LS374 ซึ่งเป็นไอซีที่ใช้ในการกักข้อมูลต่อไป

4.23 วงจรที่ควบคุมการทำงานของเครื่องนับความถี่ ใช้ไอซีเบอร์ 74LS273 ซึ่งเป็น DO REGISTER 2 เป็นตัวผ่านรหัสคำสั่งที่มาจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ด้วยคำสั่ง OUT ที่พอร์ตหมายเลข 739 ข้อมูลที่ถูกส่งออกมาจาก 74LS273 จำนวน 4 บิต จะนำมาใช้ควบคุมฟลิปฟlop และเครื่องนับความถี่ที่มีผลการทดลองดังตาราง 7

ตาราง 7 แสดงโปรแกรมคำสั่งที่เครื่องนับความถี่กำลังนับความถี่หรือประมวลผล

โปรแกรมคำสั่ง ที่มาจากเครื่อง ไมโครคอมพิวเตอร์	สัญญาณ ขาเข้าที่ J	สัญญาณ ขาเข้าที่ K	สัญญาณ เคลียร์ข้อมูล CD	โวลต์ข้อมูล ที่เครื่องนับ ความถี่
OUT 739, 5	1	0	1	0

ตาราง 8 แสดงโปรแกรมคำสั่งที่กำหนดให้เครื่องนับความถี่ไฮลข้อมูล หลังจากสัญญาณสตอร์ เป็นสถานะ 0

โปรแกรมคำสั่ง ที่มาจากเครื่อง ไมโครคอมพิวเตอร์	สัญญาณ ขาเข้าที่ J	สัญญาณ ขาเข้าที่ K	สัญญาณ เคลียร์ข้อมูล CD	ไฮลข้อมูล ที่เครื่องนับ
OUT 739, 13	1	0	1	1

4.24 การอ่านข้อมูลเข้าเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

การอ่านข้อมูลที่ได้จากเครื่องนับความถี่เข้าไปประมวลผล ในหน่วยประมวลผลกลาง ของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ เขียนคำสั่ง OUT 739,1 เพื่อเคลียร์ฟลิปฟลอป และตามด้วย OUT 739,5 เพื่อให้ฟลิปฟลอปปรับสัญญาณสตอร์ ให้คอมพิวเตอร์อ่านข้อมูลจากพอร์ต 737 จนพบว่าข้อมูลที่อ่านได้มีค่าเท่ากับ 0 เขียนคำสั่ง OUT 739,12 เพื่อไฮลข้อมูลของเครื่องนับความถี่ ทำการอ่านข้อมูลจากเครื่องนับความถี่ที่ละหลักด้วยคำสั่ง INP(736) เปรียบเทียบกับค่าที่อ่านได้กับเครื่องนับความถี่ ให้ผลดังตาราง 9

ตาราง 9 แสดงผลของการอ่านข้อมูลจากเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์เทียบกับเครื่องนับความถี่

ค่าหลักของ สัญญาณ มัลติเพล็กซ์	สัญญาณมัลติเพล็กซ์จากหลักที่ส่งออกมา จากเครื่องนับความถี่ (เฮิร์ต)								ค่าที่อ่านได้จาก เครื่องไมโคร คอมพิวเตอร์ (เฮิร์ต)	ค่าที่อ่านได้จาก เครื่องนับความถี่ (เฮิร์ต)
	Q ₈	Q ₇	Q ₆	Q ₅	Q ₄	Q ₃	Q ₂	Q ₁		
10 ⁰	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1
10 ¹	-	-	-	-	-	-	1	-	30	30
10 ²	-	-	-	-	-	1	-	-	200	200
10 ³	-	-	-	-	1	-	-	-	3000	3000
10 ⁴	-	-	-	1	-	-	-	-	70000	70000
10 ⁵	-	-	1	-	-	-	-	-	500000	500000
10 ⁶	-	1	-	-	-	-	-	-	3000000	3000000
10 ⁷	1	-	-	-	-	-	-	-	20000000	20000000

4.3 วงจรควบคุมการปิดและเปิดชุดเตอร์ในเครื่องเคลือบฟิล์มบางในระบบสุญญากาศ

สำหรับผลการทดลองการควบคุมการปิดและ เปิดชุดเตอร์ในเครื่องเคลือบฟิล์มบางในระบบสุญญากาศ จะกำหนดตำแหน่งพอร์ตที่ทำงานไว้ที่พอร์ตหมายเลข 739 โดยเลือกสัญญาณที่ทางออกของไอซีเบอร์ 74LS273 อีก 4 บิตที่เหลือในการกำหนดตำแหน่งการทำงาน ผลการทดสอบวงจร ให้ข้อมูลตามตาราง 10

ตาราง10 แสดงโปรแกรมคำสั่งที่กำหนดให้เปิดชุดเตอร์ในเครื่องเคลือบระบบสุญญากาศ

ลำดับที่ส่ง	โปรแกรมคำสั่ง ที่มาจากเครื่อง ไมโครคอมพิวเตอร์	สัญญาณ ขาเข้าที่ J	สัญญาณ ขาเข้าที่ K	สัญญาณ เคลียร์ข้อมูล CD	สัญญาณ ที่ทางออก Q
1	OUT 739, 218	1	0	1	Q
2	OUT 739, 80	1	0	0	1

ตาราง11 แสดงโปรแกรมคำสั่งที่กำหนดให้ปิดชุดเตอร์ในเครื่องเคลือบระบบสุญญากาศ

	โปรแกรมคำสั่ง ที่มาจากเครื่อง ไมโครคอมพิวเตอร์	สัญญาณ ขาเข้าที่ J	สัญญาณ ขาเข้าที่ K	สัญญาณ เคลียร์ข้อมูล CD	สัญญาณ ที่ทางออก Q
1	OUT 739, 224	0	1	1	Q
2	OUT 739, 96	0	1	0	0

ตาราง12 แสดงโปรแกรมคำสั่งที่กำหนดให้เครื่องนับความถี่ไฮลข้อมูล

โปรแกรมคำสั่ง ที่มาจากเครื่อง ไมโครคอมพิวเตอร์	สัญญาณ ขาเข้าที่ J	สัญญาณ ขาเข้าที่ K	สัญญาณ เคลียร์ข้อมูล CD	ไฮลข้อมูล ที่เครื่องนับ ความถี่
OUT 739, 12	0	0	1	1

บทที่ 5

สรุปอภิปราย และ ข้อเสนอแนะ

สำหรับงานวิจัยนี้ได้กำหนดขอบเขตของการวิจัย โดยการออกแบบวงจรเชื่อมต่อระหว่างเครื่องนับความถี่ ที่มีความถี่สั่นพ้องก่อนการเคลื่อนสารของผลึกควอทซ์ 6 เมกกะเฮิร์ตซ์ กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ไอบีเอ็ม พีซี เอที (IBMPC/AT) โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่มีอยู่ภายในประเทศ พร้อมทั้งใช้โปรแกรมคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมความหนาของฟิล์มบางที่สร้างขึ้น เพื่อให้ระบบการเคลือบฟิล์มบางในระบบสุญญากาศมีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น การสร้างวงจรเชื่อมต่อระหว่างเครื่องนับความถี่กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ได้ออกแบบส่วนเชื่อมต่อออกเป็น 3 ส่วน คือส่วนที่ใช้ในการติดต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ส่วนที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องนับความถี่ และส่วนที่ใช้ในการควบคุมการปิดและเปิดชุดเตอร์ ในเครื่องเคลือบระบบสุญญากาศ จากการศึกษาการทำงานของวงจรทั้งสามภาคได้ข้อสรุปคือ

1. ภาคติดต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ สามารถกำหนดตำแหน่งที่ต้องการติดต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ได้
2. ภาคควบคุมจังหวะการรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ กับเครื่องนับความถี่ จากการออกแบบสร้างและผลจากการทดลอง จะได้วงจรเชื่อมต่อที่สามารถทำงานได้กับเครื่องนับความถี่
3. ภาคควบคุมการปิดเปิดชุดเตอร์ในเครื่องเคลือบฟิล์มบางในระบบสุญญากาศ เมื่อเขียนโปรแกรมคำสั่ง สามารถให้สัญญาณตรรก ตามคำสั่งจากเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

ผลที่ได้จากการวิจัยก็เป็นอีกแนวทางหนึ่ง ที่นำไปสู่การออกแบบวงจรเชื่อมต่อที่ใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานที่แตกต่างออกไป หรือมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

จิตติ หนูแก้ว และคนอื่น ๆ. รายงานการวิจัยการสร้างเครื่องเคลือบฟิล์มบางในระบบ
สุญญากาศ. กรุงเทพฯ 2529.

ไซ สาสีชัน และคนอื่น ๆ. รายงานการวิจัยการสร้างเครื่องเคลือบสวระบบสุญญากาศ.
กรุงเทพฯ 2535.

วีระ ธนาจันทาภรณ์. การสร้างเครื่องตรวจวัดความหนาของฟิล์ม. เชียงใหม่ 2527.

Birness, William. Mcgrawhill Personal Computer Programming Encycopydia.
2nd. NewYork : Mcgraw-Hill, 1993.

Breton Publishers. and Perskins, M.H. 8th AVS Symp. New York : Pergamon Press,
1025 ;1961.

Eggebrecht, C.Lewis. Interfacing to the IBM Personal Computer. Indianapolis : Howard
W. Sams &co., Inc, 1983.

Henderson, John. Electronic Devices. New Jersey : Prentice-Hall, Inc, 1991.

Maissel, L.I. Handbook of Thin films Technology. New York : McGraw-Hill,
1970.

Malvino, Albert Paul. Digital Computer Electronics. 2nd. New Delhi :
Mcgraw-Hill, Inc. 1977.

Marcus, Abraham. Electricity For Tecnicians. Prentice-Hall, Inc. 1968.

Messmer, Han. The Indispensable PC Hardware Book. Addison-Wessley,
1993.

Millman, Jacob. Integrated Electronics. New Delhi : Mcgraw-Hill, Inc. 1971.

Neiedemayer, R. and others. Vacuum Microbalance Techniques. 5 : 217 ;
1966.

Pasahow, Edward. Principles of Intrgrated Electronics. Massachusetts : 1982.

Stockbridge, C.D. Vacuum Microbalance Techniques. 5 : 193 ; 1966.

Wagner, David.L. Digital Electronics. Florida : Harcourt Brace Jovanovich, 1998.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

คู่มือไอซี 74LS01

Logic Products

74LS01

Gate

Quad Two-Input NAND Gate (Open Collector)
Product Specification

TYPE	TYPICAL PROPAGATION DELAY	TYPICAL SUPPLY CURRENT (TOTAL)
74LS01	16ns	1.6mA

ORDERING CODE

PACKAGES	COMMERCIAL RANGE $V_{CC} = 5V \pm 5\%$; $T_A = 0^\circ C$ to $+70^\circ C$
Plastic DIP	N74LS01N
Plastic SO	N74LS01D

FUNCTION TABLE

INPUTS		OUTPUT
A	B	Y
L	L	H
L	H	H
H	L	H
H	H	L

H = HIGH voltage level
L = LOW voltage level

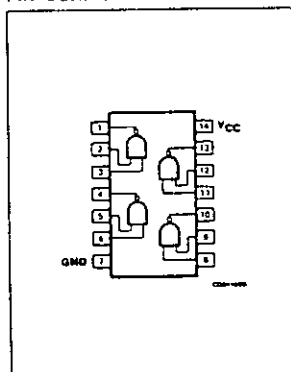
NOTE:
For information regarding devices processed to Military Specifications, see the Signetics Military Products Data Manual.

INPUT AND OUTPUT LOADING AND FAN-OUT TABLE

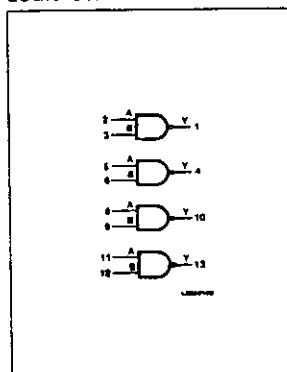
PINS	DESCRIPTION	74LS
A, B	Inputs	1LSul
Y	Output	10LSul

NOTE:
Where a 74LS unit load (LSul) is $20\mu A$ I_{IH} and $-0.4mA$ I_{IL} .

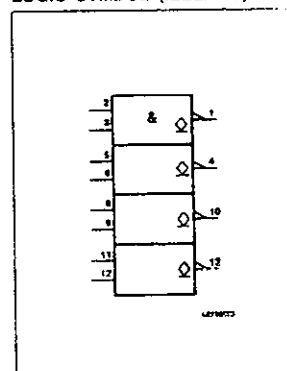
PIN CONFIGURATION



LOGIC SYMBOL



LOGIC SYMBOL (IEEE/IEC)



ภาคผนวก ข

คู่มือไอซี 74LS04

Logic Products

7404, LS04, S04
InvertersHex Inverter
Product Specification

TYPE	TYPICAL PROPAGATION DELAY	TYPICAL SUPPLY CURRENT (TOTAL)
7404	10ns	12mA
74LS04	9.5ns	2.4mA
74S04	3ns	22mA

ORDERING CODE

PACKAGES	COMMERCIAL RANGE $V_{CC} = 5V \pm 5\%$; $T_A = 0^\circ C$ to $+70^\circ C$
Plastic DIP	N7404N, N74LS04N, N74S04N
Plastic SO	N74LS04D, N74S04D

NOTE:

For information regarding devices processed to Military Specifications, see the Signetics Military Products Data Manual.

FUNCTION TABLE

INPUT	OUTPUT
A	Y
L	H
H	L

H = HIGH voltage level
L = LOW voltage level

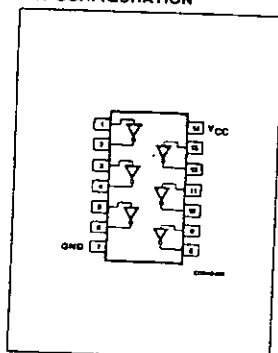
INPUT AND OUTPUT LOADING AND FAN-OUT TABLE

PINS	DESCRIPTION	74	74S	74LS
A	Input	1uI	1SuI	1LSuI
Y	Output	10uI	10SuI	10LSuI

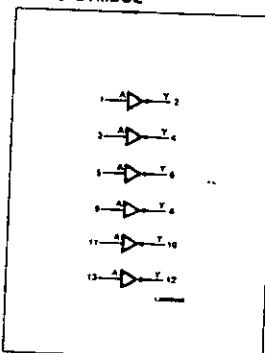
NOTE:

Where a 74 unit load (uI) is understood to be 40uA I_{IL} and -1.6mA I_{OL} , a 74S unit load (SuI) is 50uA I_{IL} and -2.0mA I_{OL} , and 74LS unit load (LSuI) is 20uA I_{IL} and -0.4mA I_{OL} .

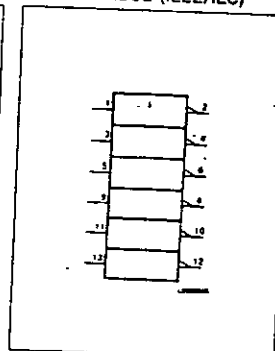
PIN CONFIGURATION



LOGIC SYMBOL

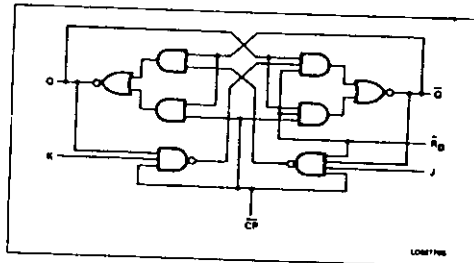


LOGIC SYMBOL (IEEE/IEC)



ภาคผนวก ค
คู่มือไอซี 74LS73

LOGIC DIAGRAM



FUNCTION TABLE

OPERATING MODE	INPUTS				OUTPUTS	
	$\bar{R}_D$	CP(2)	J	K	Q	$\bar{Q}$
Asynchronous reset (Clear)	L	X	X	X	L	H
Toggle	H	$\downarrow$	h	h	$\bar{q}$	q
Load "0" (Reset)	H	$\downarrow$	l	h	L	H
Load "1" (Set)	H	$\downarrow$	h	l	H	L
Hold "no change"	H	$\downarrow$	l	l	q	$\bar{q}$

H = HIGH voltage level steady state.
h = HIGH voltage level one set-up time prior to the HIGH-to-LOW Clock transition.⁽¹⁾
L = LOW voltage level steady state.
l = LOW voltage level one set-up time prior to the HIGH-to-LOW Clock transition.⁽¹⁾
q = Lower case letters indicate the state of the referenced output prior to the HIGH-to-LOW Clock transition.
X = Don't care
 $\downarrow$ = Positive Clock pulse.

NOTES:

- The J and K inputs of the 7473 must be stable while the Clock is HIGH for conventional operation.
- The 74LS73 is edge triggered. Data must be stable one set-up time prior to the negative edge of the Clock for predictable operation.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (Over operating free-air temperature range unless otherwise noted.)

PARAMETER	74	74LS	UNIT
V_{CC} Supply voltage	7.0	7.0	V
V_{IH} Input voltage	-0.5 to +5.5	-0.5 to +7.0	V
I_{IH} Input current	-30 to +5	-30 to +1	mA
V_{OUT} Voltage applied to output in HIGH output state	-0.5 to + V_{CC}	-0.5 to + V_{CC}	V
T_A Operating free-air temperature range	0 to 70		°C

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

PARAMETER	74			74LS			UNIT
	Min	Nom	Max	Min	Nom	Max	
V_{CC} Supply voltage	4.75	5.0	5.25	4.75	5.0	5.25	V
V_{IH} HIGH-level input voltage	2.0			2.0			V
V_{IL} LOW-level input voltage			+0.8			+0.8	V
I_{IK} Input clamp current			-12			-18	mA
I_{OH} HIGH-level output current			-400			-400	μ A
I_{OL} LOW-level output current			16			8	mA
T_A Operating free-air temperature	0		70	0		70	°C

ภาคผนวก ง

คู่มือไอซี 74LS138

Signetics Logic Products

Logic Products

FEATURES

- Demultiplexing capability
- Multiple Input enable for easy expansion
- Ideal for memory chip select decoding
- Direct replacement for Intel 3205

DESCRIPTION

The '138 decoder accepts three binary weighted inputs (A_0, A_1, A_2) and when enabled, provides eight mutually exclusive, active LOW outputs (0-7). The device features three Enable Inputs: two active LOW (E_1, E_2) and one active HIGH (E_3). Every output will be HIGH unless E_1 and E_2 are LOW and E_3 is HIGH. This multiple enable function allows easy parallel expansion of the device to a 1-of-32 (5 lines to 32 lines) decoder with just four '138s and one inverter.

The device can be used as an eight output demultiplexer by using one of the active LOW Enable inputs as the Data Input and the remaining Enable inputs as strobes. Enable inputs not used must be permanently tied to their appropriate active HIGH or active LOW state.

74LS138, S138

Decoders/Demultiplexers

1-Of-8 Decoder/Demultiplexer
Product Specification

TYPE	TYPICAL PROPAGATION DELAY	TYPICAL SUPPLY CURRENT (TOTAL)
74LS138	20ns	6.3mA
74S138	7ns	49mA

ORDERING CODE

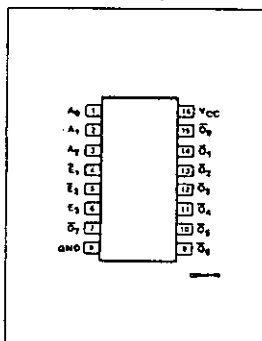
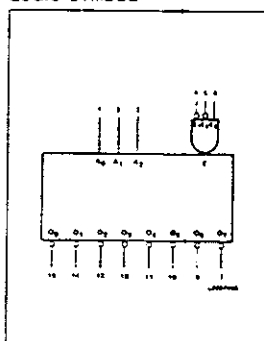
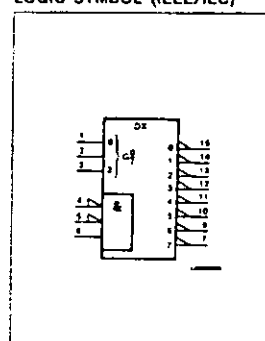
PACKAGES	COMMERCIAL RANGE $V_{CC} = 5V \pm 5\%$; $T_A = 0^\circ C$ to $+70^\circ C$
Plastic DIP	N74S138N, N74LS138N
Plastic SO	N74LS138D, N74S138D

NOTE:
For information regarding devices processed to Military Specifications see the Signetics Military Products Data Manual.

INPUT AND OUTPUT LOADING AND FAN-OUT TABLE

PINS	DESCRIPTION	74S	74LS
All	Inputs	1Sul	1LSul
All	Outputs	10Sul	10LSul

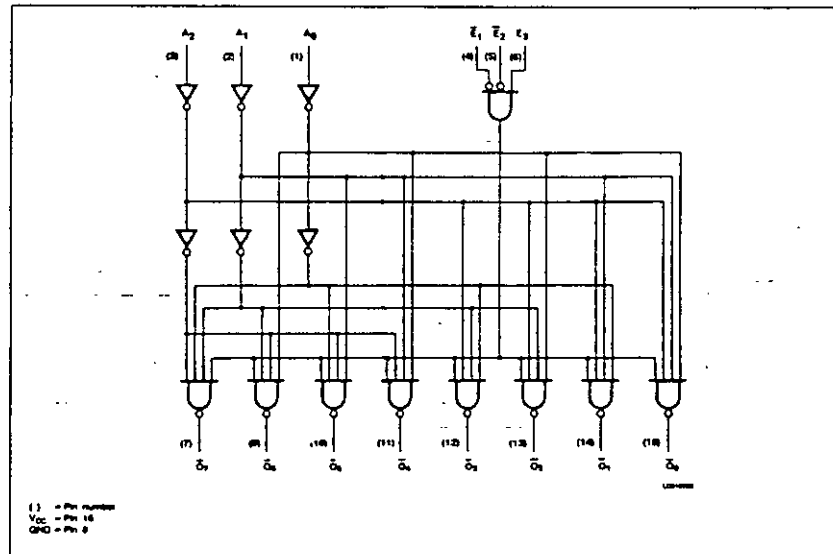
NOTE:
Where a 74S unit load (Sul) is 50 μA I_{OL} and -2.0mA I_{OH} , and a 74LS unit load (LSul) is 20 μA I_{OL} and -0.4mA I_{OH} .

PIN CONFIGURATION**LOGIC SYMBOL****LOGIC SYMBOL (IEEE/IEC)**

ภาคผนวก ง
คู่มือไอซี 74LS138(ต่อ)

74LS138, S138

LOGIC DIAGRAM



FUNCTION TABLE

INPUTS						OUTPUTS							
E ₁	E ₂	E ₃	A ₂	A ₁	A ₀	0	1	2	3	4	5	6	7
H	X	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
X	H	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
X	X	L	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	L	L	H	L	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H
L	L	H	L	H	L	H	H	H	L	H	H	H	H
L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H
L	L	H	L	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H
L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H
L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L

H = HIGH voltage level
L = LOW voltage level
X = Don't care

ภาคผนวก จ
คู่มือไอซี 74LS273

/74273 Octal D-Type Flip- Flop with Clear

	Schottky TTL		High-Speed TTL		Low-Power Schottky TTL		Standard TTL		Low-Power TTL	
	Device Type	Package CIP/MCF	Device Type	Package CIP/MCF	Device Type	Package CIP/MCF	Device Type	Package CIP/MCF	Device Type	Package CIP/MCF
T. I.	SN74S273	DIP			SN74LS273	DIP/MCF	SN74273	DIP/MCF		
FAIRCHILD										
MOTOROLA										
N. S. C.										
PHILIPS					974LS273	DIP				
SIGNETICS										
SIEMENS										
FUJITSU										
HITACHI										
MIT SUBISHI					974LS273	DIP				
NEC										
TOSHIBA										

Electrical Characteristics / SN74LS273

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V_{DD}	5V	Operating frequency	100 MHz
Input voltage	1V	Temperature range	0°C to 100°C
		Storage temperature range	-65°C to 150°C

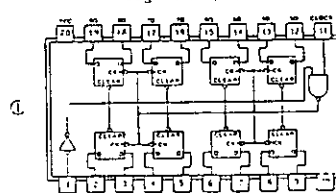
recommended operating conditions

[illegible]

electrical characteristics over recommended operating

[illegible]

Pin Assignment (Top view)



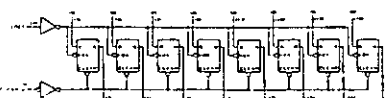
© 2004 Blackwell Publishing Ltd *Journal of Internal Medicine* 255: 105–112

Function Table

INPUTS			OUTPUT
CLEAR	CLOCK	D	Q
L	X	X	L
H	-	H	H
H	-	L	L
H	-	X	Q ₀

H = high level (steady state)
 L = low level (steady state)
 x = transition
 $!$ = transition from low to high level
 O_2 : the level of O_2 before the oxygen
 transfer, at the inlet substrate was
 0.02 g/l

Functional Block Diagram



273 OCTAL D-TYPE FLIP-FLOP WITH CLEAR

NOTE: Check all outputs upon start of SW applied in all cases and then return by 10 minutes when a momentary ground, then a SW, is applied by cloud.

ภาคผนวก จ
คู่มือไอซี 74LS244

54244/74244 Octal Buffers/Line Drivers/Line Receivers

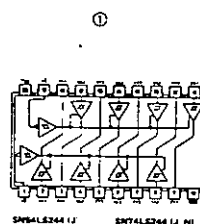
	Schottky TTL			High-Speed TTL			Low-Power Schottky TTL			Standard TTL			Low-Power TTL		
	Device Type	Package		Device Type	Package		Device Type	Package		Device Type	Package		Device Type	Package	
		C/P/MCF			C/P/MCF			C/P/MCF			C/P/MCF			C/P/MCF	
T. L.							SN74LS244	20							
FAIRCHILD							SN74LS244	20							
MOTOROLA							SN74LS244	20							
N.S.C.							SN74LS244	20							
PHILIPS							SN74LS244	20							
SIGNETICS							SN74LS244	20							
SIEMENS							SN74LS244	20							
FLUITSU							SN74LS244	20							
HTACHI							SN74LS244	20							
MITSUBISHI							SN74LS244	20							
NEC							SN74LS244	20							
TOSHIBA							SN74LS244	20							

Electrical Characteristics SN54LS244/SN74LS244

Absolute Maximum Ratings over operating free-air temperature range				
Supply voltage, V_{CC}	7V	Operating power	SN54LS	1.0 W 25°C
Input voltage	5.5V	Temperature range	SN74LS	0° to 70°C
Interconnect voltage	5.5V	Storage temperature range		-65°C to 175°C
Recommended operating conditions				
	LS244		SN74LS244	
	MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	V
Maximum output current, I_{OH}			12	mA
Maximum output current, I_{OL}			12	mA
Operating free-air temperature, T_A	0	25	75	°C
Electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)				
PARAMETER	TEST CONDITIONS		SN74LS	UNIT
V_{IH} High-level input voltage			2	V
V_{IL} Low-level input voltage			0.8	V
V_{IK} Input clamp voltage	$V_{CC} = \text{MIN}$ (1) $I_{IK} = 10 \text{ mA}$		-1.5	V
V_{OL} High-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN}$		0.2	V
V_{OH} High-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN}$ $V_{IH} = 2V$ $V_{IL} = V_{IL}(\text{MAX}) I_{OH} = 10 \text{ mA}$		2.4	V
V_{OL} Low-level output voltage	$V_{CC} = \text{MIN}$ $V_{IH} = 2V$ $V_{IL} = V_{IL}(\text{MAX}) I_{OL} = 10 \text{ mA}$		0.4	V
I_{OH} High-level output current, maximum voltage specified	$V_{CC} = \text{MAX}$ $V_{IH} = 2V$		20	mA
I_{OL} Low-level output current, maximum voltage specified	$V_{CC} = \text{MAX}$ $V_{IL} = V_{IL}(\text{MAX}) V_{OH} = 4V$		20	mA
I_{IK} Input current at maximum input voltage	$V_{CC} = \text{MAX}$ $V_{IH} = 5V$		0.1	mA
I_{OH} High-level output current per output	$V_{CC} = \text{MAX}$ $V_{IH} = 2V$		20	mA
I_{IL} Low-level output current	$V_{CC} = \text{MAX}$ $V_{IL} = 0.4V$		0.1	mA
I_{OS} Short-circuit output current	$V_{CC} = \text{MAX}$		40	mA
I_{CC} Supply current	Outputs high		12	mA
	Outputs low		27	mA
	All outputs disabled		32	mA
Switching characteristics, $V_{CC} = 5V$, $T_A = 25^\circ\text{C}$				
PARAMETER	TEST CONDITIONS		MIN	MAX
t_{PLH} Propagation delay time, low-to-high transition	$C_L = 50\text{pF}$ $R_L = 600\Omega$		9	14
t_{PLH} Propagation delay time, high-to-low transition	$C_L = 50\text{pF}$ $R_L = 600\Omega$		12	14
t_{RZL} Output rise time to low level	$C_L = 50\text{pF}$ $R_L = 600\Omega$		20	30
t_{FZL} Output fall time to low level	$C_L = 50\text{pF}$ $R_L = 600\Omega$		15	25
t_{RZL} Output rise time from low level	$C_L = 50\text{pF}$ $R_L = 600\Omega$		15	25
t_{FZL} Output fall time from high level	$C_L = 50\text{pF}$ $R_L = 600\Omega$		10	15

1. For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
2. Load current is at $V_{CC} = 5V$, $T_A = 25^\circ\text{C}$.
3. Rise time is the time the output should be shorted at a time and duration of the short-circuit should not exceed the second note.
NOTE 2. Load current and voltage waveforms are shown on page 3-11.

Pin Assignment (Top View)



SN54LS244 12 SN74LS244 12, NI

ภาคผนวก ข
คู่มือไอซี 74LS245

74LS245 Transceiver

Octal Transceiver (3-State)
Product Specification

Logic Products

FEATURES

- Octal bidirectional bus interface
- 3-State buffer outputs
- PNP inputs for reduced loading
- Hysteresis on all Data Inputs

DESCRIPTION

The 74LS245 is an octal transceiver featuring non-inverting 3-State bus compatible outputs in both send and receive directions. The outputs are all capable of sinking 24mA and sourcing up to 15mA, producing very good capacitive drive characteristics. The device features a Chip Enable (CE) input for easy cascading and a Send/Receive (S/R) input for direction control. All data inputs have hysteresis built in to minimize AC noise effects.

TYPE	TYPICAL PROPAGATION DELAY	TYPICAL SUPPLY CURRENT (TOTAL)
74LS245	8ns	58mA

ORDERING CODE

PACKAGES	COMMERCIAL RANGE $V_{CC} = 5V \pm 5\%$; $T_A = 0^\circ C$ to $+70^\circ C$
Plastic DIP	N74LS245N
Plastic SOL-20	N74LS245D

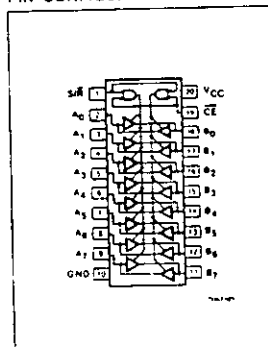
NOTE:
For information regarding devices processed to Military Specifications, see the Signetics Military Products Data Manual

INPUT AND OUTPUT LOADING AND FAN-OUT TABLE

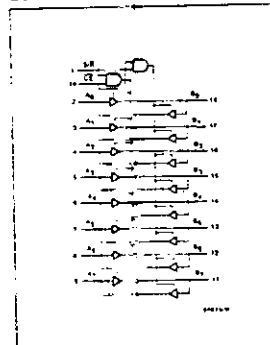
PINS	DESCRIPTION	74LS
All	Inputs	1LSul
All	Outputs	30LSul

NOTE:
Where a 74LS unit load (1LSul) is 20 μA I_{IH} and -0.4mA I_{IL}

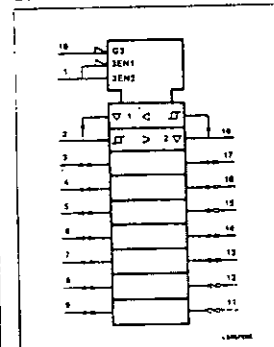
PIN CONFIGURATION



LOGIC SYMBOL



LOGIC SYMBOL (IEEE/IEC)



ภาคผนวก ข

คู่มือไอซี 74LS374

74LS373, 74LS374, S373, S374

Latches/Flip-Flops

Logic Products

'373 Octal Transparent Latch With 3-State Outputs
'374 Octal D Flip-Flop With 3-State Outputs
Product Specification

FEATURES

- 8-bit transparent latch — '373
- 8-bit positive, edge-triggered register — '374
- 3-State output buffers
- Common 3-State Output Enable
- Independent register and 3-State buffer operation

DESCRIPTION

The '373 is an octal transparent latch coupled to eight 3-State output buffers. The two sections of the device are controlled independently by Latch Enable (E) and Output Enable ($\overline{OE}$) control gates.

TYPE	TYPICAL PROPAGATION DELAY	TYPICAL SUPPLY CURRENT (TOTAL)
74LS373	19ns	24mA
74S373	10ns	105mA
74LS374	19ns	27mA
74S374	8ns	116mA

ORDERING CODE

PACKAGES	COMMERCIAL RANGE $V_{CC} = 5V \pm 5\%$; $T_A = 0^\circ C$ to $+70^\circ C$
Plastic DIP	N74LS373N, N74S373N, N74LS374N, N74S374N
Plastic SOL-20	N74LS373D, N74S373D, N74LS374D, N74S374D

NOTE:

For information regarding devices processed to Military Specifications, see the Signetics Military Products Data Manual.

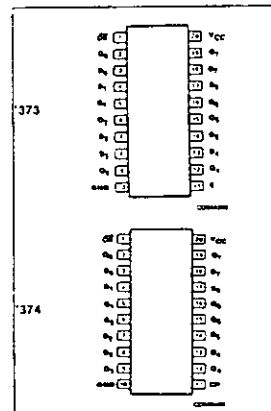
INPUT AND OUTPUT LOADING AND FAN-OUT TABLE

PINS	DESCRIPTION	74S	74LS
All	Inputs	1Sul	1LSul
All	Outputs	10Sul	30LSul

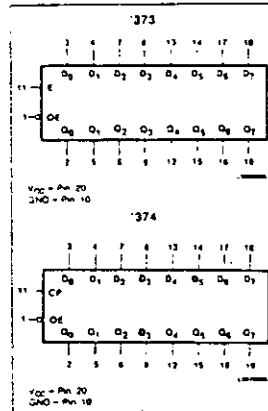
NOTE:

where a 74S unit load (Sul) is 50 μA I_{OL} and -2.0mA I_{OH} , and a 74LS unit load (LSul) is 20 μA I_{OL} and -0.4mA I_{OH} .

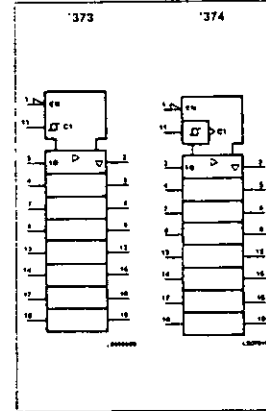
PIN CONFIGURATION



LOGIC SYMBOL



LOGIC SYMBOL (IEEE/EC)



ภาคผนวก ข

คู่มือไอซี 74LS374(ต่อ)

Signetics Logic Products

Latches/Flip-Flops

74LS373, 74LS374, S373, S374

The data on the D inputs are transferred to the latch outputs when the Latch Enable (E) input is HIGH. The latch remains transparent to the data inputs while E is HIGH, and stores the data present one set-up time before the HIGH-to-LOW enable transition. The enable gate has hysteresis built in to help minimize problems that signal and ground noise can cause on the latching operation.

The 3-State output buffers are designed to drive heavily loaded 3-State buses, MOS memories, or MOS microprocessors. The active LOW Output Enable ($\overline{OE}$) controls all eight 3-State buffers independent of the latch

operation. When $\overline{OE}$ is LOW, the latched or transparent data appears at the outputs. When $\overline{OE}$ is HIGH, the outputs are in the HIGH impedance "off" state, which means they will neither drive nor load the bus.

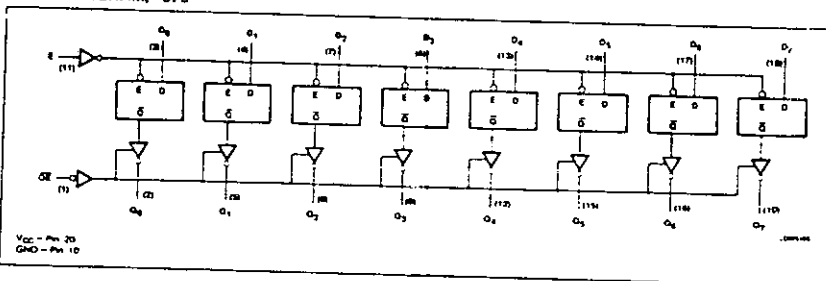
The '374 is an 8-bit, edge-triggered register coupled to eight 3-State output buffers. The two sections of the device are controlled independently by the Clock (CP) and Output Enable ($\overline{OE}$) control gates.

The register is fully edge triggered. The state of each D input, one set-up time before the LOW-to-HIGH clock transition, is transferred

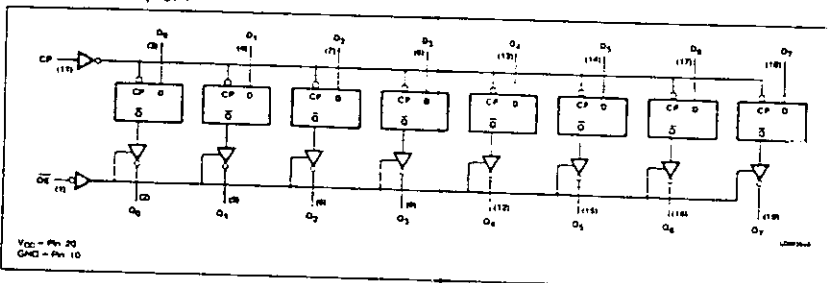
to the corresponding flip-flop's Q output. The clock buffer has hysteresis built in to help minimize problems that signal and ground noise can cause on the clocking operation.

The 3-State output buffers are designed to drive heavily loaded 3-State buses, MOS memories, or MOS microprocessors. The active LOW Output Enable ($\overline{OE}$) controls all eight 3-State buffers independent of the register operation. When $\overline{OE}$ is LOW, the data in the register appears at the outputs. When $\overline{OE}$ is HIGH, the outputs are in the HIGH impedance "off" state, which means they will neither drive nor load the bus.

LOGIC DIAGRAM, '373



LOGIC DIAGRAM, '374



MODE SELECT — FUNCTION TABLE '373

OPERATING MODES	INPUTS			INTERNAL REGISTER	OUTPUT'S Q ₀ - Q ₇
	$\overline{OE}$	E	D _n		
Enable and read register	L	H	L	L	L
	L	H	H	H	H
Latch and read register	L	L	L	L	L
	L	L	H	H	H
Latch register and disable outputs	H	L	L	L	(Z)
	H	L	H	H	(Z)

ภาคผนวก ก

คู่มือไอซี ICM7226B

ICM7226 8-Digit Universal Functions Frequency Counter/Timer

GENERAL DESCRIPTION

The ICM7226 is a fully integrated Universal Counter and LED display driver. It combines a high frequency oscillator, a decade timebase counter, an 8 decade data counter and latches, a 7 segment decoder, digit multiplexer, and segment and digit drivers which can directly drive large LED displays. The counter inputs accept a maximum frequency of 10MHz in frequency counter modes and 2MHz in the other modes. Both inputs are digital inputs. In many applications, amplification and level shifting will be required to obtain proper digital signals for these inputs.

The ICM7226 can function as a frequency counter, period counter, frequency ratio (f_x/f_y) counter, time interval counter or a totalizing counter. The devices require either a 10MHz or 1MHz crystal timebase, or if desired an external timebase can also be used. For period and time interval, the 10MHz timebase gives a 0.1µs resolution. In period average and time interval average, the resolution can be in the nanosecond range. In the frequency mode, the user can select accumulation time of 10ms, 100ms, 1s and 10s. With a 10s accumulation time, the frequency can be displayed to a resolution of 0.1Hz. There is a 0.2s interval between measurements in all ranges. Control signals are provided to enable gating and stoning of prescaler data.

Leading zero blanking has been incorporated with frequency display in kHz and time in µs. The display is multiplexed at a 500Hz rate with a 12.2% duty cycle for each digit. The ICM7226A is designed for common anode displays with typical peak segment currents of 25mA, and the ICM7226B is designed for common cathode displays with typical segment currents of 12mA. In the display off mode, both digit drivers & segment drivers are turned off, allowing the display to be used for other functions.

FEATURES

- CMOS Design for Very Low Power
- Output Drivers Directly Drive Both Digits and Segments of Large 8 Digit LED Displays. Both Common Anode and Common Cathode Versions Are Available
- Measures Frequencies From DC to 10MHz; Periods From 0.5µs to 10s
- Stable High Frequency Oscillator Uses Either 1MHz or 10MHz Crystal
- Control Signals Available for External Systems Operation
- Multiplexed BCD Outputs

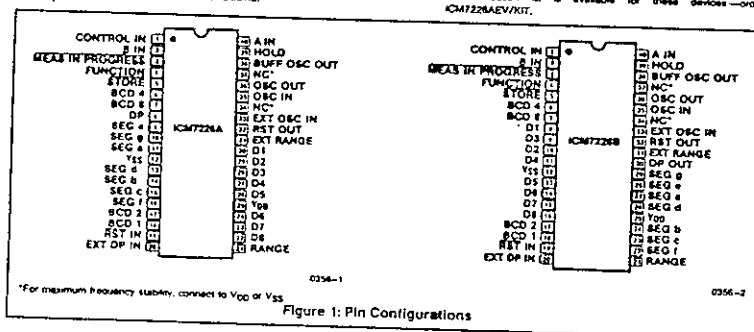
APPLICATIONS

- Frequency Counter
- Period Counter
- Unit Counter
- Frequency Ratio Counter
- Time Interval Counter

ORDERING INFORMATION

Part Number	Temperature Range	Package
ICM7226AJL	-25°C to 85°C	40 pin Cerdip
ICM7226BJL	-25°C to +85°C	40 pin Cerdip
ICM7226BPL	-25°C to 85°C	40 pin PLASTIC DIP

NOTE: An evaluation kit is available for these devices—order ICM7226AEV7KIT.

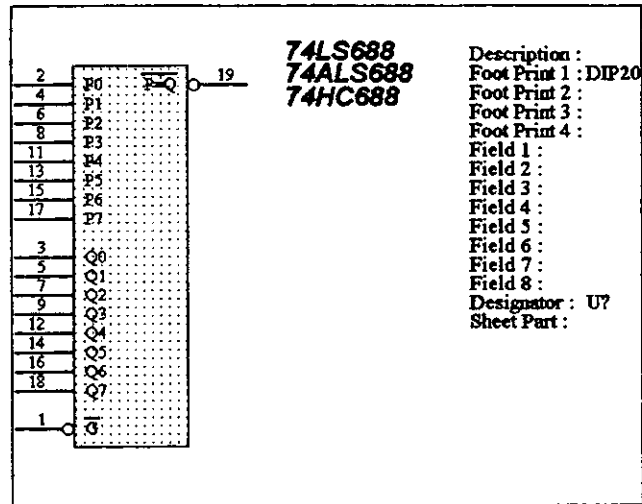


INTERTEL'S SOLE AND EXCLUSIVE WARRANTY OBLIGATION WITH RESPECT TO THIS PRODUCT SHALL BE THAT STATED IN THE WARRANTY ARTICLE OF THE CONDITION OF SALE. THE WARRANTY SHALL BE EXCLUSIVE AND SHALL BE IN LIEU OF ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS, IMPLIED OR STATUTORY, INCLUDING THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR USE.

NOTE: All device values were taken from characterization but are not tested.

ภาคผนวก ฉ

คู่มือไอซี 74LS688



control (G)	P	Q	OUTPUT
H	X	X	H
L	L	L	L
L	L	H	H
L	H	L	H
L	H	H	L

ภาคผนวก ก
คู่มือไอซี ICM7226B (ต่อ)

CM7226A/B

INTERMIL

Absolute Maximum Ratings—
These are stress ratings only
not for any other conditions
of the specification is not

1CM7226A/B

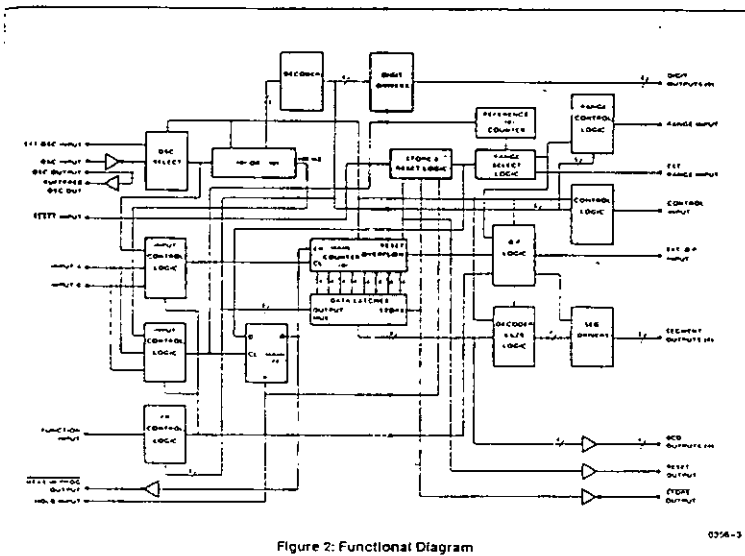
ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

maximum Supply Voltage ($V_{DD} - V_{SS}$)	6.5V
maximum Digit Output Current	400mA
maximum Segment Output Current	60mA
voltage on any Input or Output Terminal (Note 1)	($V_{SS} - 0.3V$) to ($V_{DD} + 0.3V$)
maximum Power Dissipation at 70°C (Note 2)	

Maximum Power Dissipation at 70°C (Note 2)	
• ICM7226A	1.0W
• ICM7226B	0.5W
Operating Temperature Range	-25°C to +85°C
Storage Temperature Range	-55°C to +125°C
Lead Temperature (Soldering, 10sec)	300°C

2. Assumes all leads soldered or welded to PC board and free of flux

NOTE: Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may effect device reliability.



ภาคผนวก ก
คู่มือไอซี ICM7226B (ต่อ)

ICM7226A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{DD} = 5.0V, T_A = 25°C, unless otherwise specified.)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min	Typ	Max	Unit
I _{DD}	Operating Supply Current	Display Off Unused inputs to V _{SS}		2	5	mA
V _{SUPPLY}	Supply Voltage Range V _{DD} - V _{SS}	-25°C < T _A < 85°C Input A, Input B Frequency at f _{MAX}	4.75		6.0	V
f _{A(max)}	Maximum Guaranteed Frequency Input A, Pin 40	-25°C < T _A < 85°C 4.75V < V _{DD} < 6.0V Figure 4 Function = Frequency, Ratio, Unit Counter Function = Period, Time Interval	10 2.5	14		MHz
f _{B(max)}	Maximum Frequency Input B, Pin 2	-25°C < T _A < 85°C 4.75V < V _{DD} < 6.0V Figure 5	2.5			
	Minimum Separation Input A to Input B Time Interval Function	-25°C < T _A < 85°C 4.75V < V _{DD} < 6.0V Figure 6	250			ns
f _{osc}	Osc. freq. and ext. osc. freq. (minimum ext. osc. freq.)	-25°C < T _A < 85°C 4.75V < V _{DD} < 6.0V	10 (0.1)			MHz
g _m	Oscillator Transconductance	V _{DD} = 4.75V T _A = +85°C	2000			μS
f _{mux}	Multiplex Frequency	f _{osc} = 10MHz		500		Hz
	Time Between Measurements	f _{osc} = 10MHz		200		ms
dV _{IN} /dt	Input Rate of Change	Inputs A, B		15		mV/μs
V _{IL}	INPUT VOLTAGES PINS 2, 19, 33, 39, 40, 35 input low voltage	-25°C < T _A < +85°C			1.0	V
V _{IH}	input high voltage		3.5			
I _{ILK}	PIN 2, 39, 40 INPUT LEAKAGE, A, B				20	μA
R _{IN}	Input resistance to V _{DD} PINS 19, 33	V _{IN} = V _{DD} - 1.0V	100	400		kΩ
R _{IN}	Input resistance to V _{SS} PIN 31	V _{IN} = +1.0V	50	100		kΩ
I _{OL}	Output Current PINS 3, 5, 6, 7, 17, 18, 32, 38	V _{OL} = +0.4V	400			μA
I _{OH}	PINS 5, 6, 7, 17, 18, 32	V _{OH} = +2.4V	100			μA
I _{OH}	PINS 3, 38	V _{OH} = V _{DD} - 0.8V	265			μA
	ICM7226A PINS 22, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 30 DIGIT DRIVER					
I _{OH}	high output current	V _O = V _{DD} - 2.0V	150	180		mA
I _{OL}	low output current	V _O = +1.0V		-0.3		mA
	SEGMENT DRIVER PINS 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16					
I _{OL}	low output current	V _O = +1.5V	25	35		mA
I _{OH}	high output current	V _O = V _{DD} - 1.0V		100		μA

INTERSA'S SOLE AND EXCLUSIVE WARRANTY OBLIGATION WITH RESPECT TO THIS PRODUCT SHALL BE THAT STATED IN THE WARRANTY ARTICLE OF THE CONDITION OF SALE. THE WARRANTY SHALL BE EXCLUSIVE AND SHALL BE IN LIEU OF ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS, IMPLIED OR STATUTORY, INCLUDING THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR USE.

NOTE: All thermal values have been characterized but are not tested.

ภาคผนวก ก
คู่มือไอซี ICM7226B (ต่อ)

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V _{DD} = 5.0V, T _A = 25°C, unless otherwise specified.) (Continued)						
Symbol	Parameter	Test Conditions	Min	Typ	Max	Unit
V _{IL}	MULTIPLEX INPUTS PINS 1,4,20,21 input low voltage				0.8	V
V _{IH}			2.0			
R _{IN}		V _{IN} = +1.0V	50	100		kΩ
I _{OL}	ICM7226B DIGIT DRIVER PINS 8,9,10,11,13,14,15,16 low output current	V _O = +1.0V	50	75		mA
I _{OH}		V _O = V _{DD} - 2.5V		100		μA
I _{OH}	SEGMENT DRIVER PINS 22,23,24,26,27,28,29,30 high output current	V _O = V _{DD} - 2.0V	10	15		mA
I _L		V _O = V _{SS}			10	μA
V _{IL}	MULTIPLEX INPUTS PINS 1,4,20,21 input low voltage				V _{DD} - 2.0	V
V _{IH}			V _{DD} - 0.8			
R _{IN}		V _{IN} = V _{DD} - 1.0V	100	360		kΩ

NOTE: Typical values are not tested.

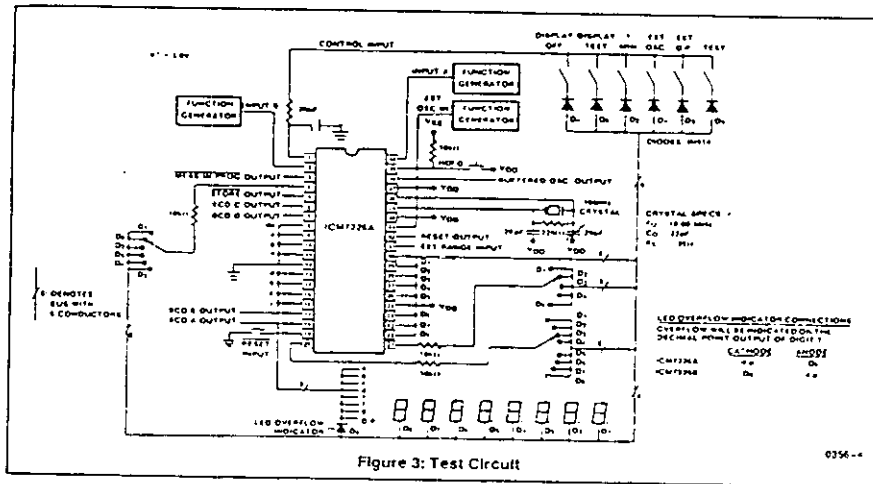


Figure 3: Test Circuit

EVALUATION KIT

An evaluation kit is available for the ICM7226A. It includes all the components necessary to assemble and evaluate a universal frequency/period counter based on the ICM7226A. With the help of this kit, an engineer or technician

can have the ICM7226A "up-and-running" in less than an hour. Specifically, the kit contains an ICM7226A/L, a 10MHz quartz crystal, eight each 7-segment 0.3" LEDs, PC board, resistors, capacitors, diodes, switches and IC socket. Order Number ICM7226AEV/Kit.

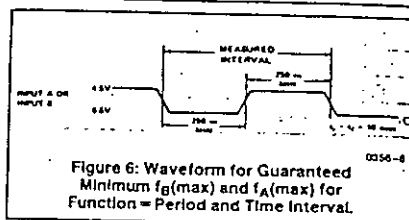
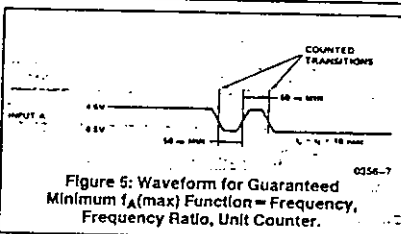
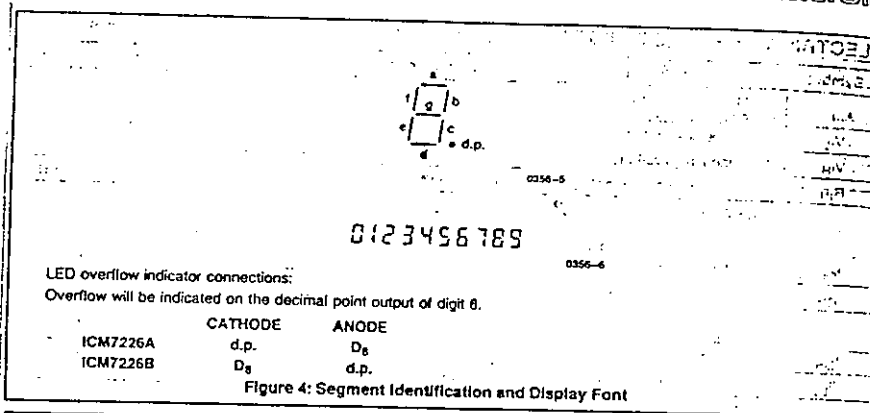
INTERSEIL'S SOLE AND EXCLUSIVE WARRANTY OBLIGATION WITH RESPECT TO THIS PRODUCT SHALL BE THAT STATED IN THE WARRANTY ARTICLE OF THE CONDITION OF SALE. THE WARRANTY SHALL BE EXCLUSIVE AND SHALL BE IN LIEU OF ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS, IMPLIED OR STATUTORY, INCLUDING THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR USE.

NOTE: All typical values have been characterized but are not tested.

ภาคผนวก ก
คู่มือไอซี ICM7226B (ต่อ)

ICM7226A/B

INTERSIL



TIME INTERVAL MEASUREMENT

The ICM7226A/B can be used to accurately measure the time interval between two events. With a 10 MHz time-base crystal, the time between the two events can be as long as ten seconds. Accurate resolution in time interval measurement is 100ns.

The feature operates with Channel A going low at the start of the event to be measured, followed by Channel B going low at the end of the event.

When in the time interval mode and measuring a single event, the ICM7226A/B must first be "primed" prior to measuring the event of interest. This is done by first generating a negative going edge on Channel A followed by a negative going edge on Channel B to start the "measurement interval." The inputs are then primed ready for the measurement. Positive going edges on A and B, before or after the priming, will be needed to restore the original condition.

Following the priming procedure (when in single event or 1 cycle range input) the device is ready to measure one (only) event.

When timing repetitive signals, it is not necessary to "prime" the ICM7226A/B as the first alternating signal states automatically prime the device. See Figure 7.

During any time interval measurement cycle, the ICM7226A/B requires 200ms following B going low to update all internal logic. A new measurement cycle will not take place until completion of this internal update time.

DETAILED DESCRIPTION

INPUTS A & B

The signal to be measured is applied to INPUT A in frequency period, unit counter, frequency ratio and time interval modes. The other input signal to be measured is applied to INPUT B in frequency ratio and time interval. f_A should be higher than f_B during frequency ratio.

Both inputs are digital inputs with a typical switching threshold of 2.0V at $V_{DD}=5.0V$ and input impedance of 250k Ω . For optimum performance, the peak to peak input signal should be at least 50% of the supply voltage and centered about the switching voltage. When these inputs are being driven from TTL logic, it is desirable to use a pull-up resistor. The circuit counts high to low transitions at both inputs.

Note: The amplitude of the input should not exceed the supply by more than 0.5V otherwise, the circuit may be damaged.

INTERSIL'S SOLE AND EXCLUSIVE WARRANTY OBLIGATION WITH RESPECT TO THIS PRODUCT SHALL BE THAT STATED IN THE WARRANTY ARTICLE OF THE CONDITION OF SALE. THE WARRANTY SHALL BE EXCLUSIVE AND SHALL BE IN LIEU OF ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS, IMPLIED OR STATUTORY, INCLUDING THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR USE.

NOTE: All typical values have been characterized but are not tested.



ภาคผนวก ก

คู่มือไอซี ICM7226B (ต่อ)

ICM7226A/B

CONTROL INPUTS

Display Test — All segments are enabled continuously, giving a display of all 8's with decimal points. The display will be blanked if display off is selected at the same time.

Display Off — To enable the display off mode it is necessary to tie D_4 to the CONTROL input and have the HOLD input at V_{DD} . The chip will remain in this mode until HOLD is switched low. While in the display off mode, the segment and digit driver outputs are open and the oscillator continues to run (with a typical supply current of 1.5mA with a 10MHz crystal) but no measurements are made. In addition, signals applied to the multiplexed inputs have no effect. A new measurement is initiated after the HOLD input goes low. (This mode does not operate when functioning as a unit counter.)

1MHz Select — The 1MHz select mode allows use of a 1MHz crystal with the same digit multiplex rate and time between measurements as a 10MHz crystal. The internal decimal point is also shifted one digit to the right in period and time interval, since the least significant digit will be in 1μs increments rather than 0.1μs.

External Oscillator Enable — In this mode, the EXTERNAL OSCillator INput is used, rather than the on-chip oscillator, for the Timebase and Main Counter inputs in period and time interval modes. The on-chip oscillator will continue to function when the external oscillator is selected, but have no effect on circuit operation. The external oscillator input frequency must be greater than 100kHz or the chip will reset itself and enable the on-chip oscillator. Connect external oscillator to both OSC IN (pin 35) and EXT OSC IN (pin 33), or provide crystal for "default" oscillation, to avoid hang-up problems if an external OSC or TXCO will always be used, AC couple to OSC IN.

External Decimal Point Enable — When external decimal point is enabled, a decimal point will be displayed whenever the digit driver connected to the EXTERNAL DECIMAL POINT pin is active. Leading Zero Blanking will be disabled for all digits following the decimal point.

RANGE INPUT

The range input selects whether the measurement is made for 1, 10, 100 or 1000 counts of the reference counter, or if the EXTERNAL RANGE INput determines the measurement time. In all functional modes except unit counter, a change in the RANGE input will stop the measurement in progress, without updating the display, and initiate a new measurement. This prevents an erroneous first reading after the RANGE input is changed.

FUNCTION INPUT

Six functions can be selected. They are: Frequency, Period, Time Interval, Unit Counter, Frequency Ratio and Oscillator Frequency.

These functions select which signal is counted into the main counter and which signal is counted by the reference counter, as shown in Table 2. In time interval a flip flop is set first by a 1 → 0 transition at INPUT A and then reset by a 1 → 0 transition at INPUT B. The oscillator is gated into the Main Counter during the time the flip flop is set. A change in the FUNCTION input will stop the measurement

in progress without updating the display and then initiate a new measurement. This prevents an erroneous first reading after the FUNCTION input is changed. If the main counter overflows, an overflow indication is output on the Decimal Point Output during D_8 .

Table 2: Input Routing

Description	Main Counter	Reference Counter
Frequency (f_A)	Input A	100 Hz (Oscillator + 10^5 or 10^4)
Period (t_A)	Oscillator	Input A
Ratio (f_A/f_B)	Input A	Input B
Time Interval (A → B)	Osc ON Gate	Osc OFF Gate
Unit Counter (Count A)	Input A	Not Applicable
Osc. Freq. (f_{osc})	Oscillator	100 Hz (Oscillator + 10^5 or 10^4)

EXTERNAL DECIMAL POINT INPUT

When the external decimal point is selected, this input is active. Any of the digits, except D_8 , can be connected to this point. D_8 should not be used since it will override the overflow output and leading zeros will remain unblanked after the decimal point.

HOLD Input — Except in the unit counter mode, when the HOLD input is at V_{DD} , any measurement in progress (before STORE goes low) is stopped, the main counter is reset and the chip is held ready to initiate a new measurement as soon as HOLD goes low. The latches which hold the main counter data are not updated, so the last complete measurement is displayed. In unit counter mode when HOLD input is at V_{DD} , the counter is not stopped or reset, but the display is frozen at that instantaneous value. When HOLD goes low the count continues from the new value in the counter.

RESET Input — The RESET input resets the main counter, stops any measurement in progress, and enables the main counter latches, resulting in an all zero output. A capacitor to ground will prevent any hang-ups on power-up.

External RANGE Input — The EXTERNAL RANGE Input is used to select other ranges than those provided on the chip. Figure 9 shows the relationship between MEASUREMENT IN PROGRESS and EXTERNAL RANGE Input.

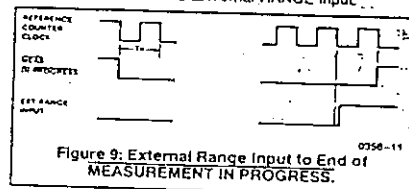


Figure 9: External Range Input to End of MEASUREMENT IN PROGRESS.

INTERSE'S SOLE AND EXCLUSIVE WARRANTY OBLIGATION WITH RESPECT TO THIS PRODUCT SHALL BE THAT STATED IN THE WARRANTY ARTICLE OF THE CONDITION OF SALE. THE WARRANTY SHALL BE EXCLUSIVE AND SHALL BE IN LIEU OF ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS, IMPLIED OR STATUTORY, INCLUDING THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR USE.

NOTE: All typical values have been characterized but are not assured.

ภาคผนวก ก

คู่มือไอซี ICM7226B (ต่อ)

ICM7226A/B

INTERSIL

ICM7226A/B

MEASUREMENT IN PROGRESS, STORE AND RESET Outputs — These Outputs are provided to facilitate external interfacing. Figure 10 shows the relationship between these signals during the time between measurements. All three outputs can drive a low power Schottky TTL load. The MEASUREMENT IN PROGRESS output can directly drive one ECL load, if the ECL device is powered from the same power supply as the ICM7226.

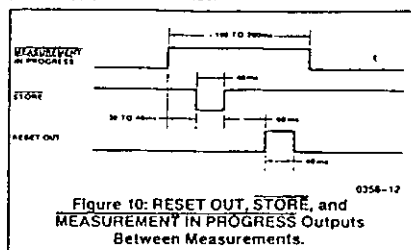


Figure 10: RESET OUT, STORE, and MEASUREMENT IN PROGRESS Outputs Between Measurements.

BCD Outputs — The BCD representation of each digit output is available at the BCD outputs; see Table 3 for Truth Table. The positive going (ICM7226A-Common Anode) or negative going (ICM7226B — Common Cathode) digit drivers lag the BCD data by 2 to 6 microseconds; the leading edge of the digit drive signal should be used to externally latch the BCD data. Each BCD output will drive one low power Schottky TTL load. The display is multiplexed from MSD to LSD. Leading zero blanking has no effect on the BCD outputs.

Table 3: Truth Table BCD Outputs

Number	BCD 8 Pin 7	BCD 4 Pin 6	BCD 2 Pin 17	BCD 1 Pin 18
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1

BUFFERED OSCillator OUTPUT — The BUFFERED OSCillator OUTPUT has been provided to enable use of the on chip oscillator signal without loading the oscillator itself. This output will drive one low power Schottky TTL load. Care should be taken to minimize capacitive loading on this pin.

DISPLAY CONSIDERATIONS

The display is multiplexed at a 500Hz rate with a digit time of 244 μ s, and an interdigit blanking time of 6 μ s to prevent ghosting between digits. The decimal point and leading zero blanking have been implemented for right hand decimal point displays; zeros following the decimal point will not be blanked. Leading zero blanking will also be disabled if the

Main Counter overflows. The internal decimal point control displays frequency in kHz and time in μ s.

The ICM7226A is designed to drive common anode LED displays at a peak current of 25mA/segment, using displays with $V_F = 1.8V$ at 25mA. The average DC current will be greater than 3mA under these conditions. The ICM7226B is designed to drive common cathode displays at a peak current of 15mA/segment, using displays with $V_F = 1.8V$ at 15mA. Resistors can be added in series with the segment drivers to limit the display current, if required. Figures 11, 12, 13 and 14 show the digit and segment currents as a function of output voltage for common anode and common cathode drivers.

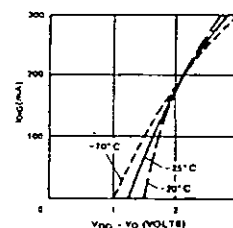


Figure 11: ICM7226A Typical I_{DIG} vs. $V_O - V_O$
 $4.5 \leq V_{DD} \leq 6.0V$

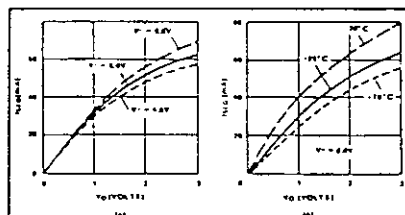


Figure 12: ICM7226A Typical I_{SEG} vs. V_O

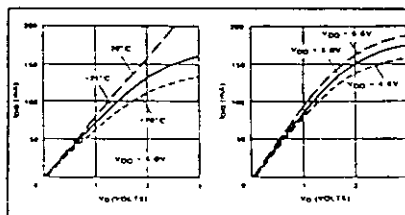


Figure 13: ICM7226B Typical I_{DIG} vs. V_O

INTERSIL'S SOLE AND EXCLUSIVE WARRANTY OBLIGATION WITH RESPECT TO THIS PRODUCT SHALL BE THAT STATED IN THE WARRANTY ARTICLE OF THE CONDITION OF SALE. THE WARRANTY SHALL BE EXCLUSIVE AND SHALL BE IN LIEU OF ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS, IMPLIED OR STATUTORY, INCLUDING THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR USE.

NOTE: ALL SPECIAL PURPOSES HAVE BEEN DISCLOSED BUT ARE NOT RECOMMENDED.

Figure 14: ICM7226B Typical ISEB vs. $(V_{DD} - V_O)$
 $4.5V \leq V_{DD} \leq 6.0V$

The SEGMENT and Digit outputs in both the 7226A and B are not directly compatible with either TTL or CMOS logic. Therefore, level shifting with discrete transistors may be required to use these outputs as logic signals. External latching should be done on the leading edge of the digit signal.

In a Universal Counter, crystal drift and quantization errors cause errors. In frequency, period and time interval modes, a signal derived from the oscillator is used either in the Reference Counter or Main Counter, and in these modes, an error in the oscillator frequency will cause an identical error in the measurement. For instance, an oscillator temperature coefficient of 20ppm/°C will cause a measurement error of 20ppm/°C.

Figure 15 is a log-log plot showing the relationship between the maximum number of quantization digits and the frequency of a signal. The y-axis represents the 'MAXIMUM NUMBER OF QUANTIZATION DIGITS' from 1 to 10. The x-axis represents 'FREQUENCY (Hz)' from 1 to 10⁷. The plot is divided into several regions by diagonal lines, each corresponding to a different measurement method or time base. The regions are labeled as follows:

- 1 CYCLE
- 10 CYCLES
- 100 CYCLES
- 1000 CYCLES
- 0.01 SEC
- 0.1 SEC
- 1 SEC
- 10 SEC

The diagonal lines indicate that for a given number of quantization digits, the maximum frequency that can be measured is constant. For example, 10 digits can measure frequencies up to 10⁶ Hz (10 cycles), while 1 digit can only measure frequencies up to 10¹ Hz (1 cycle).

0356-17
Figure 15: Maximum Accuracy of Frequency and Period Measurements Due to Limitations of Quantization Errors.

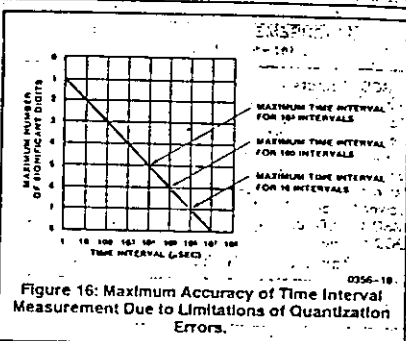


Figure 16: Maximum Accuracy of Time Interval Measurement Due to Limitations of Quantization Errors.

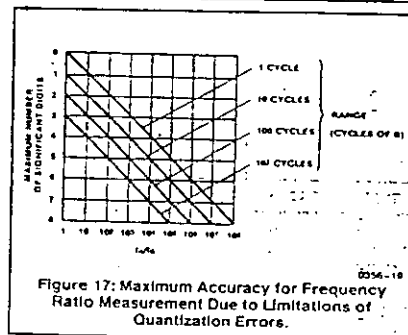


Figure 17: Maximum Accuracy for Frequency Ratio Measurement Due to Limitations of Quantization Errors.

NOTE: All typical values have been characterized for use and tested.

ภาคผนวก ก

คู่มือไอซี ICM7226B (ต่อ)

ICM7226A/B

INTERMIL

ICM7226A/B

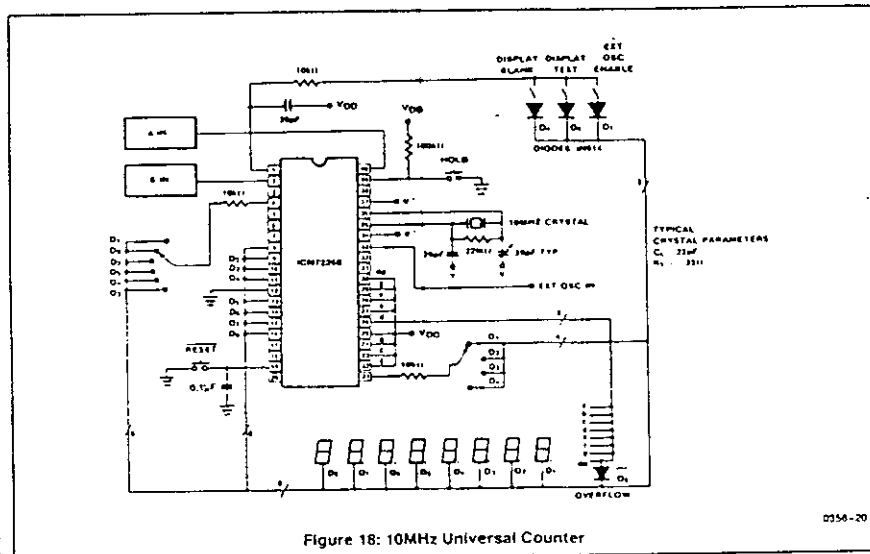
CIRCUIT APPLICATIONS

The ICM7226 has been designed as a complete stand alone Universal Counter, or used with prescalers and other circuitry in a variety of applications. Since A IN and B IN are digital inputs, additional circuitry will be required in many applications, for input buffering, amplification, hysteresis, and level shifting to obtain the required digital voltages. For many applications an FET source follower can be used for input buffering, and an ECL 10116 line receiver can be used for amplification and hysteresis to obtain high impedance input, sensitivity and bandwidth. However, cost and complexity of this circuitry can vary widely, depending upon the sensitivity and bandwidth required. When TTL prescalers or input buffers are used, pull up resistors to V_{DD} should be used to obtain optimal voltage swing at A IN and B IN.

If prescalers aren't required, the ICM7226 can be used to implement a minimum component Universal counter as shown in Figure 18.

For input frequencies up to 40MHz, the circuit shown in figure 14 can be used to implement a frequency and period counter. To obtain the correct value when measuring frequency and period, it is necessary to divide the 10MHz oscillator frequency down to 2.5MHz. In doing this the time between measurements is lengthened to 800ms and the display multiplex ratio is decreased to 125Hz.

If the input frequency is prescaled by ten, the oscillator frequency can remain at either 10MHz or 1MHz, but the decimal point must be moved. Figure 20 shows use of a $\times 10$ prescaler in frequency counter mode. Additional logic has been added to enable the 7226 to count the input directly in period mode for maximum accuracy. Note that A IN comes from Q_C rather than Q_D , to obtain an input duty cycle of 40%. If an output with a duty cycle not near 50% must be used then it may be necessary to use a 74LS121 monostable multivibrator or similar circuit to stretch the input pulse to guarantee a 50ns minimum pulse width.

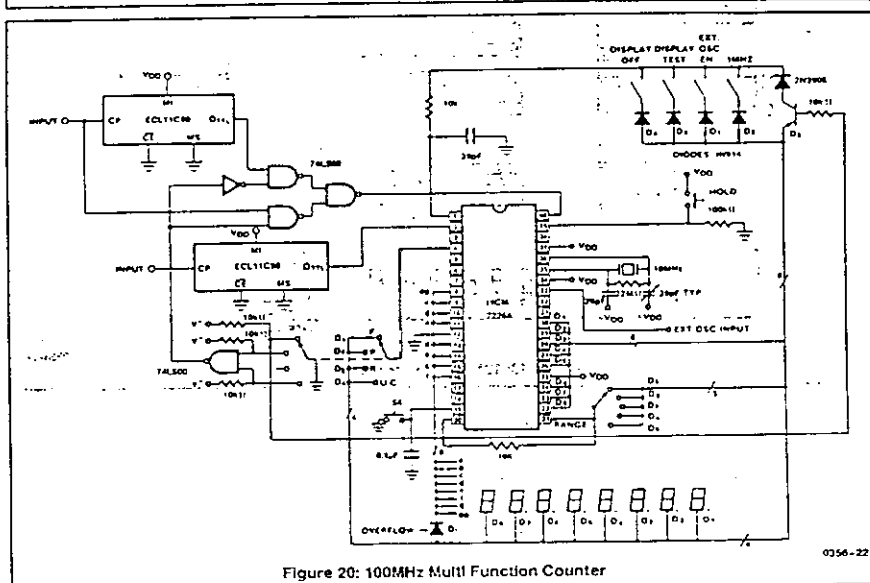
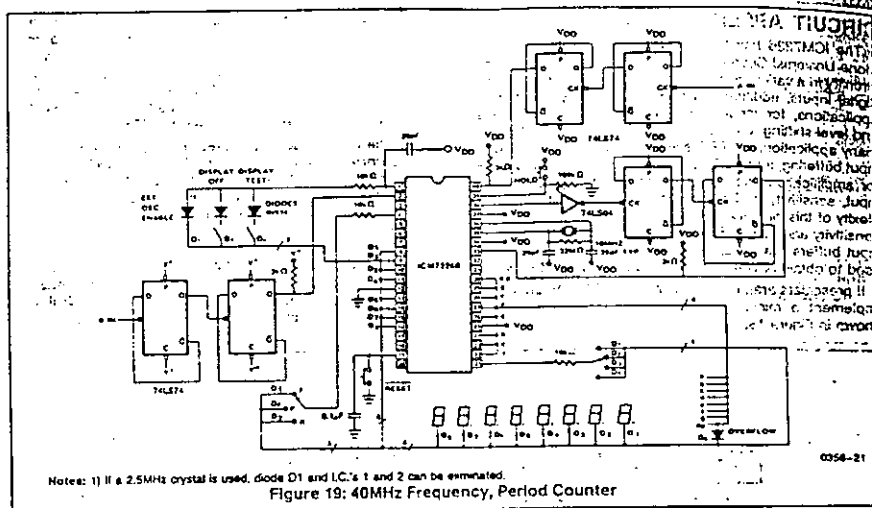


INTERMIL'S SOLE AND EXCLUSIVE WARRANTY OBLIGATION WITH RESPECT TO THIS PRODUCT SHALL BE THAT STATED IN THE WARRANTY ARTICLE OF THE CONDITION OF SALE. THE WARRANTY SHALL BE EXCLUSIVE AND SHALL BE IN LIEU OF ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS, IMPLIED OR STATUTORY, INCLUDING THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR USE.

NOTE: ALL NOTES REGARDING THIS DATA CHARACTERISTICS ARE NOT LISTED

ภาคผนวก ก
คู่มือไอซี ICM7226B (ต่อ)

ICM7226A/B



INTERSEIL'S SOLE AND EXCLUSIVE WARRANTY OBLIGATION WITH RESPECT TO THIS PRODUCT SHALL BE THAT STATED IN THE WARRANTY ARTICLE OF THE CONDITION OF SALE. THE WARRANTY SHALL BE EXCLUSIVE AND SHALL BE IN LIEU OF ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS, IMPLIED OR STATUTORY, INCLUDING THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR USE.

NOTE: All typical values have been characterized but are not tested.

ภาคผนวก ก

คู่มือไอซี ICM7226B (ต่อ)

ICM7226A/B

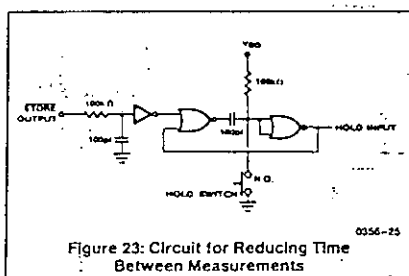


Figure 23: Circuit for Reducing Time Between Measurements

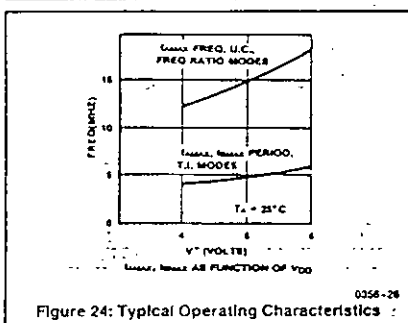


Figure 24: Typical Operating Characteristics

Figure 25 shows the ICM7226 being interfaced to LCD displays, by using its BCD outputs and 8 digit lines to drive two ICM7211 display drivers. The ICM7226 EV/KIT may easily be interfaced to 2 ICM7211 EV/Kits in this way. A similar arrangement can be used for driving vacuum fluorescent displays with the ICM7235.

OSCILLATOR CONSIDERATIONS

The oscillator is a high gain complementary FET inverter. An external resistor of 10MΩ or 22MΩ should be connected between the oscillator input and output to provide biasing. The oscillator is designed to work with a parallel resonant 10MHz quartz crystal with a load capacitance of 22pF and a series resistance of less than 35Ω. Among suitable crystals is the 10MHz CTS KNIGHTS ISI-002.

For a specific crystal and load capacitance, the required g_m can be calculated as follows:

$$g_m = \omega^2 C_{IN} C_{OUT} R_s \left(1 + \frac{C_0}{C_L} \right)^2$$

where $C_L = \left(\frac{C_{IN} C_{OUT}}{C_{IN} + C_{OUT}} \right)$

C_0 = Crystal static capacitance
 R_s = Crystal series resistance
 C_{IN} = Input capacitance
 C_{OUT} = Output capacitance
 ω = $2\pi f$

The required g_m should not exceed 50% of the g_m specified for the ICM7226 to insure reliable startup. The oscillator input and output pins each contribute about 4pF to C_{IN} and C_{OUT} . For maximum frequency stability, C_{IN} and C_{OUT} should be approximately twice the specified crystal load capacitance.

In cases where nondecade prescalers are used, it may be desirable to use a crystal which is neither 10MHz nor 1MHz. In this case both the multiplex rate and the time between measurements will be different. The multiplex rate is $f_{mux} = \frac{f_{osc}}{2 \times 10^4}$ for 10MHz mode and $f_{mux} = \frac{f_{osc}}{2 \times 10^3}$ for 1MHz mode. The time between measurements is $\frac{2 \times 10^5}{f_{osc}}$ in the 10MHz mode and $\frac{2 \times 10^5}{f_{osc}}$ in the 1MHz mode. The buffered oscillator output should be used as an oscillator test point or to drive additional logic; this output will drive one low power Schottky TTL load. When the buffered oscillator output is used to drive CMOS or the external oscillator input, a 10kΩ resistor should be added from the buffered oscillator output to V_{DD} .

The crystal and oscillator components should be located as close to the chip as practical to minimize pickup from other signals. In particular, coupling from the BUFFERED OSCillator OUTPUT and EXTERNAL OSCillator INPUT to the OSCillator OUTPUT or OSCillator INPUT can cause undesirable shifts in oscillator frequency. To minimize this coupling, pins 34 and 37 should be connected to V_{DD} or V_{SS} and these two signals should be kept away from the oscillator circuit.

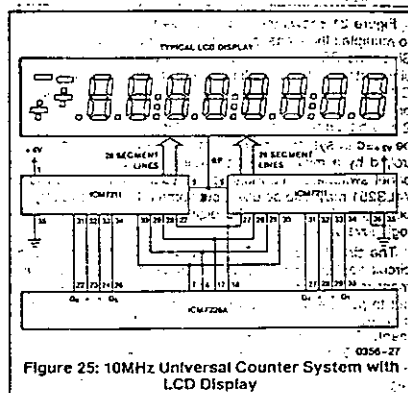


Figure 25: 10MHz Universal Counter System with LCD Display

INTERSECT'S SOLE AND EXCLUSIVE WARRANTY OBLIGATION WITH RESPECT TO THIS PRODUCT SHALL BE THAT STATED IN THE WARRANTY ARTICLE OF THE CONDITION OF SALE. THE WARRANTY SHALL BE EXCLUSIVE AND SHALL BE IN LIEU OF ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS, IMPLIED OR STATUTORY, INCLUDING THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR USE.

ICM7226: All typical values are shown characteristics but are not limited.

ภาคผนวก ก
คู่มือไอซี ICM7226B (ต่อ)

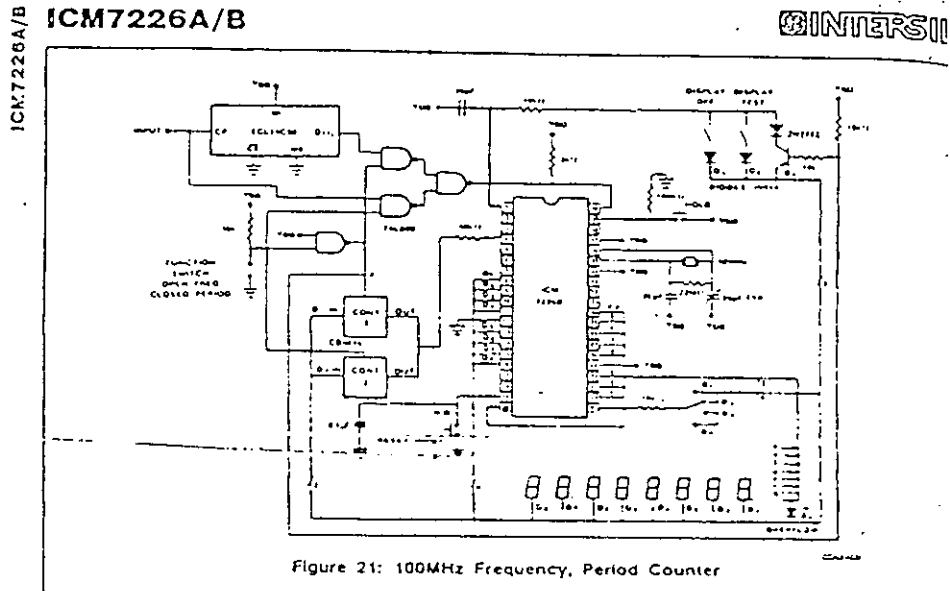
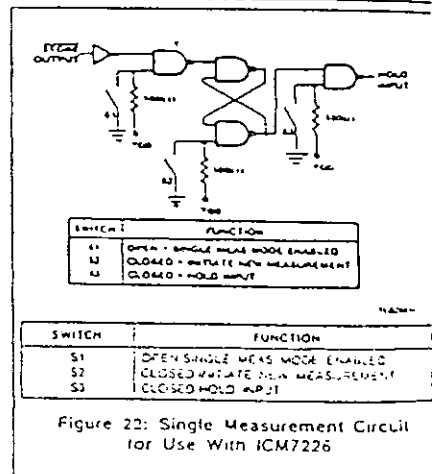


Figure 21 shows the use of a CD4016 analog multiplexer to multiplex the digital outputs back to the FUNCTION Input. Since the CD4016 is a digitally controlled analog transmission gate, no level shifting of the digit output is required. CD4051's or CD4052's could also be used to select the proper inputs for the multiplexed input on the ICM7226 from 2 or 3 bit digital inputs. These analog multiplexers may also be used in systems in which the mode of operation is controlled by a microprocessor rather than directly from front panel switches. TTL multiplexers such as the 74LS153 or 74LS251 may also be used, but some additional circuitry will be required to convert the digit output to TTL compatible logic levels.

The circuit shown in Figure 22 can be used in any of the circuit applications shown to implement a single measurement mode of operation. This circuit uses the STORE output to put the ICM7226 into a hold mode. The HOLD input can also be used to reduce the time between measurements. The circuit shown in Figure 23 puts a short pulse into the HOLD input a short time after STORE goes low. A new measurement will be initiated at the end of the pulse on the HOLD input. This circuit reduces the time between measurements to less than 40ms from 200ms. Use of the circuit shown in Figure 23 on the circuit shown in Figure 19 will reduce the time between measurements from 1600ms to 800ms.



ภาคผนวก ก
โปรแกรมควบคุมการวัดความหนาของฟิล์ม

```
CLS
    COLOR 15, 4
    LOCATE 5, 10
PRINT "    This Program for Thin Film Vacuum Coating    ";
    COLOR 15, 8
    LOCATE 7, 17
PRINT "Program by Weerasak Chompuwiset";
PRINT
newIn:
    COLOR 15, 9
    LOCATE 10, 4
INPUT "    What substance would you like to be the substrate    "; SUB$
PRINT
    COLOR 15, 9
    LOCATE 12, 4
INPUT "    What thickness would you like    "; THIN1
PRINT
    COLOR 15, 9
    LOCATE 14, 4
INPUT "    Density of Thin Film    "; DENFI
CLS

PRINT
    COLOR 15, 9
    LOCATE 5, 4
DO
PRINT TAB(20); "<1> For Change Data "
PRINT TAB(20); "<2> To continue for coating "

PRINT
    COLOR 15, 3
    LOCATE 10, 4
INPUT "    Please select your choice    "; choice%
PRINT
SELECT CASE choice%

    CASE 1
        GOTO newIn:

    CASE 2
        EXIT DO
    END SELECT

LOOP
CLS

COLOR 15, 9
LOCATE 5, 4
```

```

PRINT TAB(10); "      SUBSTRATE =      "; SUB$
PRINT
      COLOR 15, 5
      PRINT TAB(10); "      THIN FILM THICKNESS =      "; THIN$
PRINT
      COLOR 15, 7
      PRINT TAB(10); "      DENSITY OF THINFILM FOR DEPOSITE =      "; DENF$

REM PROGRAM FOR CLEARING DATA IN ALL REGISTER
label1:

      OUT 736, 0
      OUT 737, 0
      OUT 739, 5
REM PROGRAM FOR SUM INITIAL FREQUENCY BEFORE COATING
      OUT 739, 12
      CNTT = INP(737)
DO WHILE CNTT = 0
      LOOP
DIM A(10000)
      I = 1
      A(I) = 0
      M = 0
      OUT 739, 15
      OUT 738, 1

      cnt1 = INP(736)
      cnt11! = cnt1

      OUT 738, 2
      cnt2 = INP(736)
      cnt22! = cnt2 * 10

      OUT 738, 4
      cnt3 = INP(736)
      cnt33! = cnt3 * 100

      OUT 738, 8
      CNT4 = INP(736)
      cnt44! = CNT4 * 1000

      OUT 738, 16
      cnt5 = INP(736)
      cnt55! = cnt5 * 10000

      OUT 738, 32
      cnt6 = INP(736)
      cnt66! = cnt6 * 100000

      OUT 738, 64

```

```
cnt7 = INP(736)
cnt77! = cnt7 * 1000000
```

```
OUT 738, 128
cnt8 = INP(736)
cnt88! = cnt8 * 10000000
```

```
SUM! = cnt11 + cnt22 + cnt33 + cnt44 + cnt55 + cnt66 + cnt77 + cnt88
A(i) = SUM!
M! = M! + A(i)
RETURN label2:
CLS
```

```
COLOR 15, 7
LOCATE 7, 4
PRINT " FREQUENCY BEFORE COATING = "; M!
```

```
COLOR 15, 4
LOCATE 12, 10
PRINT TAB(15); " ** Are you ready for continue ** "
FOR i = 1 TO 50000
NEXT i
```

```
DO
```

```
COLOR 15, 9
LOCATE 15, 4
```

```
PRINT TAB(20); " <1> for coating "
PRINT
PRINT TAB(20); " <2> for cancel "
PRINT
INPUT " Please select your choice "; choice%
SELECT CASE choice%
CASE 1
GOSUB coat:
CASE 2
END
END SELECT
```

```
LOOP
```

```
REM PROGRAM FOR CALCULATING FREQUENCY COMPARE WITH INITIAL
FREQUENCY
```

```
coat:
```

```
CONST No! = 1670000!, QUAR! = 2.651
f! = FREB! * (1670000!) * 2.651 / (FREB! + DENF! * THIN!)
```

```
PRINT
PRINT TAB(15); " FREQUENCY COMPARE WITH THICKNESS = "; f!
PRINT
```

```
OUT 739, 218
OUT 739, 80
RETURN label1:
label 2:
```

```
IF M1 <= 0 THEN
  OUT 739, 244
  CLS
  END IF

  PRINT
  COLOR 15, 9
  LOCATE 10, 5
  PRINT " THIN FILM THICKNESS FINNISH "
  END
```

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ นายวีระศักดิ์ ชมภูวิเศษ

เกิดวันที่ 30 เดือนตุลาคม พุทธศักราช 2507

สถานที่เกิด จังหวัดร้อยเอ็ด

สถานที่อยู่ปัจจุบัน บ้านพักครูโรงเรียนประเทียวิทยาทาน

อำเภอวิหารแดง จังหวัดสระบุรี 18150

สถานที่ทำงาน โรงเรียนประเทียวิทยาทาน

อำเภอวิหารแดง จังหวัดสระบุรี 18150

โทรศัพท์ (036) 377456

ประวัติการศึกษา

ปี พ.ศ 2525	จบชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย	จากโรงเรียนร้อยเอ็ดวิทยาลัย
ปี พ.ศ 2529	จบกศ.บ (วิชาเอกฟิสิกส์)	จากมศว.มหาสารคาม
ปี พ.ศ 2538	จบวท.ม(วิชาเอกฟิสิกส์)	จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

การออกแบบและสร้างเครื่องควบคุมความหนาของฟิล์มบาง
สำหรับเครื่องเคลือบระบบสุญญากาศ

บทคัดย่อ
ของ
วีระศักดิ์ ชมภูวิเศษ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาฟิสิกส์

มีนาคม ๒๕๓๙

ในการวัดความหนาของฟิล์มบาง สำหรับเครื่องเคลือบฟิล์มบางในระบบ
สุญญากาศ ที่ใช้หลักการสั่นของผลึกควอทซ์ เป็นตัวตรวจวัดความหนาของฟิล์ม
โดยอาศัยคุณสมบัติที่ว่า เมื่อทำการระเหยสารภายใต้ภาวะสุญญากาศ ทำให้ไอ
ของสารที่ใช้เป็นสารเคลือบ ลอยไปเกาะติดเป็นฟิล์มบางบนแผ่นผลึกควอทซ์ ทำให้ความถี่
ของผลึกควอทซ์ลดลง สามารถนำเอาความแตกต่างของความถี่ของการสั่นก่อนการ
เคลือบสาร และหลังการเคลือบสารของผลึกควอทซ์ ไปคำนวณหาค่าความหนาของฟิล์ม
ได้ ซึ่งในงานวิจัยนี้ ได้ออกแบบและสร้างเครื่องควบคุมความหนาของฟิล์มบางที่ได้จาก
การเคลือบสารภายใต้ภาวะสุญญากาศ โดยใช้ผลึกควอทซ์ที่มีความถี่เริ่มต้นก่อนการ
เคลือบสาร 6 เมกกะเฮิร์ต เป็นตัวตรวจวัดความหนาของฟิล์ม โดยออกแบบวงจร
เชื่อมต่อระหว่างเครื่องนับความถี่กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อให้เครื่องไมโคร
คอมพิวเตอร์อ่านความถี่ของผลึกควอทซ์ในขณะที่ทำการเคลือบสาร เมื่อได้ความหนา
ตามต้องการแล้ว ก็ให้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์เขียนคำสั่งให้ชุดเดอริปิดเพื่อหยุดการ
เคลือบสาร โดยใช้โปรแกรมคำสั่งภาษาเบสิก ซึ่งสามารถควบคุมความหนาของฟิล์มบาง
ได้ตามต้องการ

**A DESIGN AND CONSTRUCTION OF A THIN FILM THICKNESS
CONTROLLER FOR THE VACUUM COATING SYSTEMS**

AN ABSTRACT

BY

WEERASAK CHOMPUWISIT

**Presented in partial fulfillment of the requirements for the
Master of Science degree in Physics
at Srinakharinwirot University**

March 1996

A measurement of thin film thickness for a coating device can be done by using nature of quartz crystal oscillation . When coating process is carried out under vacuum. The surface of the quartz crystal was coated also the thin film thickness. A calculation of thin film thickness can be achieved by the frequency difference. The frequency difference before and after deposition to find out film thickness. The researcher has designed and constructed the film thickness controller device using 6 Mhz resonance frequency in the begin of deposition for controlling the thickness and also design electronic device to between frequency counter to a microcomputer to monitor the frequency of the crystal. During the deposition, when the required frequency is acquired , the microcomputer will send a message to shut off the shutter in the deposit device according to the Basic program controller with required thickness.