ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อ ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

MCS-51 Microcontroller Training Set

ชื่อนักศึกษา

1. นายขจรศักดิ์	ศรีมณี	รหัสประจำตัว	43035366
2. นายปรีดา	มโนธรรม	รหัสประจำตัว	43035380
3. นางสาวมนชยา	รักษาวงษ์	รหัสประจำตัว	43035388
4. นายสุภาพ	ไหมรุณ	รหัสประจำตัว	43035396

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ปิยะ จิตธรรมมาภิรมย์

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์สุชิน อาจหาญ

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์		ลายมือชื่อ
1. อาจารย์ปิยะ	ศุภวราสุวัฒน์	.....
2. อาจารย์สุชิน	อาจหาญ	.....
3. อาจารย์ไพบูลย์	พวงวงศ์ตระกูล	.....
4. อาจารย์ปิยะ	จิตธรรมมาภิรมย์	.....
5. อาจารย์โกศล	ตราชู	.....

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันพุธที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ. 2545 เวลา 13.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.317 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 13 เดือน พ.ค. พ.ศ. 45

<BT4402212>
ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์

ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

MCS-51 MICROCONTROLLER TRAINNING SET

นายขจรศักดิ์ ศรมณี
นายปรีดา มโนธรรม
นางสาวมนชยา รักษาวงษ์
นายสุภาพ ไหมรุณ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 43159
วัน, เดือน, ปี 23 ก.ค. 2545

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

MCS-51 Microcontroller Trainning Set

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาระบบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51
2. เพื่อออกแบบวงจรและใบงานการทดลองของชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51
3. เพื่อสร้างชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และใบงานการทดลอง
4. เพื่อนำชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ไปปฏิบัติตามใบงานการทดลอง
5. เพื่อนำชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ไปใช้งานจริงได้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความรู้เกี่ยวกับระบบการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51
2. ได้วงจรชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และวงจรชุดอินเตอร์เฟส
3. ได้เครื่องต้นแบบและใบงานการทดลองของชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51
4. ได้ผลการทดลองชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และใบงานการทดลอง
5. สามารถนำชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ไปใช้งานจริงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51
นักศึกษา	นายขจรศักดิ์ ศรมณี
	นายปรีดา มโนธรรม
	นางสาวมนชยา รักษาวงษ์
	นายสุภาพ ไหมรุณ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ปิยะ จิตธรรมมาภิรมย์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์สุชิน อาจหาญ
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชา	อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2544

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการนำเสนอการออกแบบ และการสร้างชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และชุดทดลอง โดยชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถโปรแกรมการทำงานได้จากพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์มาตรฐาน RS-232 ในส่วนชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โมดูลแหล่งจ่ายไฟฟ้า โมดูลแลตช์ โมดูลรอม โมดูลแรม โมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ โมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม โมดูลสำรองไฟเลี้ยงหน่วยความจำชั่วคราว โมดูล 8255A โมดูล 8255B โมดูล 8255C โมดูล 8255D โมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต และในส่วนชุดทดลองนั้นแบ่งออกเป็น โมดูลพื้นฐาน โมดูลเอาต์พุตพื้นฐาน โมดูลแสดงผลแบบ 7 ส่วน โมดูลแป้นพิมพ์ โมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์ โมดูลมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์ โมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์ โมดูลบัซเซอร์ ลำโพง และอาร์ทีซี โมดูลแผงต่อวงจร

นอกจากนั้นยังได้ออกโปรแกรมใช้งานกับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จึงช่วยให้สามารถเข้าใจหลักการทำงาน และการใช้งานชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ได้ ง่ายขึ้น และสามารถนำไปใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนในวิชาที่เกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	MCS-51 Microcontroller Trainning Set
Students	Mr. Kajornsak Sornmanee
	Mr. Preeda Manotham
	Miss Monchaya Raksawong
	Mr. Supap Mairoon
Advisor	Mr. Piya Jitthammapirom
Co-Advisor	Mr. Suchin Adhan
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education
Program in	Electronics and Computer
Academic	2001

ABSTRACT

This thesis presents a designing and implementation of a MCS-51 Microntroller Trainning Set. The MCS-51 Microcontroller Trainning Set includes of modules which are LATCH, ROM, RAM, Decode Memory, RS-232, Backup RAM, 8255A, 8255B, 8255C, 8255D, Decode I/O, Power Supply, Basic Input, Basic Output, Seven Segment Display, Keybord Switch, LCD Graphic Display, DC Motor, Stepping Motor, LED Dot Matrix Display, Buzzer Speaker RTC and Project board. User can write a program to control ltis trainning set on PC and transfer to it via RS-232 serial port. This Tranning set in suitable for self study which can help the users to easier understand the principle of MCS-51 programmong

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ดี เนื่องมาจากความร่วมมือของสมาชิกภายในกลุ่ม และความอนุเคราะห์ของอาจารย์สุชิน อาจหาญ และอาจารย์ปิยะ จิตธรรมมาภิรมย์ รวมทั้งคณะอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่านที่ให้คำแนะนำ แนวความคิด ความรู้ต่างๆ แนวทางการแก้ไขปัญหา ในการจัดทำปริญญานิพนธ์

นอกจากนี้ทางคณะผู้จัดทำขอบคุณภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้กรุณาให้งบประมาณสนับสนุนในการจัดทำปริญญานิพนธ์ครั้งนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	X
สารบัญรูป	XII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปริญญานิพนธ์	1
1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน	1
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการ	4
2.1 กล่าวนำ	4
2.2 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	5
2.2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบ 20 ขา	5
2.2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบ 40 ขา	5
2.3 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์	6
2.3.1 ส่วนประกอบหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบ 20 ขา	7
2.3.2 ส่วนประกอบหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบ 40 ขา	9
2.4 สถาปัตยกรรมภายในของ MCS-51	10
2.5 การจัดลักษณะขาภายนอกของ MCS-51	11
2.5.1 การจัดลักษณะขาภายนอกของ MCS-51 แบบ 20 ขา	11
2.5.2 การจัดลักษณะขาภายนอกของ MCS-51 แบบ 40 ขา	12
2.6 หน่วยความจำของ MCS-51	14
2.6.1 หน่วยความจำโปรแกรม	14
2.6.2 หน่วยความจำข้อมูล	15
2.7 ออสซิลเลเตอร์ และสัญญาณนาฬิกาของ MCS-51	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.8 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 หน่วยความจำภายนอก	18
2.8.1 สัญญาณในการเชื่อมต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก	18
2.8.2 สัญญาณในการเชื่อมต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก	19
2.8.3 การเชื่อมต่อกับหน่วยความจำโปรแกรม และหน่วยความจำข้อมูลภายนอก	21
2.9 ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์	22
2.9.1 โหมด 0	23
2.9.2 โหมด 1	23
2.9.3 โหมด 2	24
2.9.4 โหมด 3	24
2.10 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม	25
2.10.1 โหมด 0	26
2.10.2 โหมด 1	26
2.10.3 โหมด 2	27
2.10.4 โหมด 3	28
2.10.5 อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูล	28
2.11 การอินเตอร์รัพต์	29
2.11.1 การอินเตอร์รัพต์แฟล็กไทม์เมอร์	30
2.11.2 การอินเตอร์รัพต์พอร์ตอนุกรม	30
2.11.3 การอินเตอร์รัพต์ภายนอก	30
2.11.4 การควบคุมอินเตอร์รัพต์	30
2.12 การเข้าถึงข้อมูลของ MCS-51	31
2.13 ส่วนแสดงผล 7 ส่วน	32
2.13.1 การขับส่วนแสดงผล 7 ส่วนแบบหลักเดี่ยว	34
2.13.2 การขับส่วนแสดงผล 7 ส่วนแบบมัลติเพล็กซ์	35
2.14 สเต็ปปิ้งมอเตอร์	36
2.14.1 ชนิด และโครงสร้างของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.14.2 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ในปัจจุบันมี 3 ลักษณะดังนี้	38
2.14.3 วงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์	42
2.14.4 ปัญหาเกี่ยวกับวงจรขับ	43
2.15 แป้นพิมพ์	44
2.15.1 การกระเด้งของหน้าสัมผัส	45
2.15.2 การใช้โปรแกรมในการทำแป้นพิมพ์แบบเมตริกซ์	47
2.15.3 องค์ประกอบอันเกิดจากสวิตช์ตัวอักษรบนแป้นพิมพ์	47
2.15.4 โปรแกรมสำหรับแป้นพิมพ์	48
2.15.5 การอ่านค่าข้อมูลจากสวิตช์จำนวนมาก	48
2.16 ไดโอดเปล่งแสง	49
2.16.1 ความยาวคลื่น	51
2.17 จอแสดงผลผลึกเหลว	52
2.17.1 ประเภทของจอแสดงผลผลึกเหลว	52
2.17.2 ส่วนประกอบในจอแสดงผลผลึกเหลว	53
2.17.3 คุณสมบัติของจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์	53
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	66
3.1 กล่าวนำ	66
3.2 การออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์ในส่วนโมดูลหลัก	68
3.2.1 โมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์	68
3.2.2 โมดูลแลตช์	72
3.2.3 โมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ	73
3.2.4 โมดูลหน่วยความจำถาวร	81
3.2.5 โมดูลหน่วยความจำชั่วคราว	83
3.2.6 โมดูลไฟเลี้ยงหน่วยความจำชั่วคราว	85
3.2.7 โมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม	87
3.2.8 โมดูลแหล่งจ่ายไฟ	88
3.2.9 โมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต	89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.2.10 โมดูล 8255A	95
3.2.11 โมดูล 8255B	96
3.2.12 โมดูล 8255C	98
3.2.13 โมดูล 8255D	99
3.3 การออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์ในส่วนโมดูลอินเตอร์เฟส	100
3.3.1 โมดูลเบสิกอินพุต	100
3.3.2 โมดูลเบสิกเอาต์พุต	102
3.3.3 โมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วน	104
3.3.4 โมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์	107
3.3.5 โมดูลดีซีมอเตอร์	109
3.3.6 โมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์	111
3.3.7 โมดูลบัซเซอร์ ลำโพง และอาร์ทีซี	113
3.3.8 โมดูลแป้นพิมพ์	114
3.3.9 โมดูลแผงต่อวงจร	116
3.3.10 โมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์	118
3.4 การออกแบบชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	119
3.5 การออกแบบโปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software	123
3.6 การออกแบบโปรแกรมทดลองการทำงานของโมดูล	128
3.6.1 ผังการทำงานของโปรแกรมโมดูลเบสิกเอาต์พุต	129
3.6.2 ผังการทำงานของโปรแกรมโมดูลเบสิกอินพุต	130
3.6.3 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วน	130
3.6.4 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลแป้นพิมพ์	131
3.6.5 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์	134
3.6.6 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลดีซีมอเตอร์	135
3.6.7 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์	136
3.6.8 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองบัซเซอร์	137
3.6.9 ผังการทำงานของโปรแกรมลำโพง	138

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.6.10 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์	139
บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง	140
4.1 กล่าวนำ	140
4.2 การทดลอง และผลการทดลอง	140
4.2.1 การทดลองใช้งานโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์	140
4.2.2 การทดลองใช้งานโมดูลแลตช์	145
4.2.3 การทดลองใช้งานโมดูลหน่วยความจำถาวร	147
4.2.4 การทดลองใช้งานโมดูลหน่วยความจำชั่วคราว	149
4.2.5 การทดลองใช้งานโมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ	151
4.2.6 การทดลองใช้งานโมดูลสำรองไฟเลี้ยงหน่วยความจำชั่วคราว	154
4.2.7 การทดลองใช้งานโมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม	157
4.2.8 การทดลองใช้งานโมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต	159
4.2.9 การทดลองใช้งานโมดูล 8255A	164
4.2.10 การทดลองใช้งานโมดูล 8255B	167
4.2.11 การทดลองใช้งานโมดูล 8255C	167
4.2.12 การทดลองใช้งานโมดูล 8255D	167
4.2.13 การทดลองใช้งานโมดูลเบสิกเอาต์พุต	167
4.2.14 การทดลองใช้งานโมดูลเบสิกอินพุต	168
4.2.15 การทดลองใช้งานโมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วน	170
4.2.16 การทดลองใช้งานโมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์	173
4.2.17 การทดลองใช้งานโมดูลดีซีมอเตอร์	176
4.2.18 การทดลองใช้งานโมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์	178
4.2.19 การทดลองใช้งานโมดูลบัซเซอร์ ลำโพง และอาร์ทีซี	181
4.2.20 การทดลองใช้งานโมดูลแป้นพิมพ์	184
4.2.21 โมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์	187

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 5 บทสรุป ปัญหาแนวทางแก้ไข และพัฒนา	198
5.1 บทสรุป	198
5.1.1 โมดูลหลักของชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	198
5.1.2 โมดูลอินเตอร์เฟส	198
5.1.3 ใบงานการทดลอง	199
5.1.4 โปรแกรมการใช้งาน	199
5.2 ปัญหา และแนวทางแก้ไข	200
5.2.1 ปัญหาด้านฮาร์ดแวร์	200
5.2.2 ปัญหาทางด้านซอฟต์แวร์	200
5.3 ข้อเสนอแนะ และแนวทางแก้ไขปัญหา	201
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	202
ภาคผนวก ข วงจร และแผ่นวงจรพิมพ์	216
ภาคผนวก ค ผังการทำงาน	269
ภาคผนวก ง รายการอุปกรณ์	284
บรรณานุกรม	299
ประวัติผู้แต่ง	300

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ของบริษัทอินเทล	4
ตารางที่ 2.2 ตารางข้อมูลของการแสดงตัวเลข 0-F ของ LED ตัวเลข 7 ส่วนแบบแคโถดร่วม	35
ตารางที่ 2.3 มุมของโรเตอร์เทียบกับกระแสไฟฟ้าที่จ่ายแก่เฟสต่างๆ 8 ตำแหน่ง	40
ตารางที่ 2.4 มุมของโรเตอร์	40
ตารางที่ 2.5 เปรียบเทียบจำนวนของสายเมื่อต่อแบบธรรมดา และเมตริกซ์	49
ตารางที่ 2.6 คำสั่งเลือกโหมดการแสดงผล	56
ตารางที่ 2.7 รายละเอียดของโหมดข้อมูล	56
ตารางที่ 2.8 คำสั่งการกำหนดความกว้างของตัวอักษร	57
ตารางที่ 2.9 การกำหนดจำนวนบิตของตัวอักษร	57
ตารางที่ 2.10 คำสั่งการกำหนดตัวอักษรในแนวนอนของจอแสดงผลผลึกเหลว แบบกราฟิกส์	58
ตารางที่ 2.11 คำสั่งการกำหนดเวลาในการสแกนแถวของจอแสดงผลผลึกเหลว แบบกราฟิกส์	58
ตารางที่ 2.12 คำสั่งการกำหนดตำแหน่งเคอร์เซอร์	59
ตารางที่ 2.13 คำสั่งกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นไบต์ต่ำของหน่วยความจำชั่วคราว	60
ตารางที่ 2.14 คำสั่งกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นไบต์สูงของหน่วยความจำชั่วคราว	60
ตารางที่ 2.15 คำสั่งกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นไบต์ต่ำของตำแหน่งเคอร์เซอร์	61
ตารางที่ 2.16 คำสั่งกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นไบต์สูงของตำแหน่งเคอร์เซอร์	61
ตารางที่ 2.17 การเขียนรูปแบบข้อมูล หรือรหัส ASCII ลงในหน่วยความจำชั่วคราว	62
ตารางที่ 2.18 คำสั่งการอ่านข้อมูลที่ถูกชี้โดย Cursor Address Counter	62
ตารางที่ 2.19 คำสั่งในการเคลียร์ข้อมูล	63
ตารางที่ 2.20 คำสั่งเซตข้อมูล	64
ตารางที่ 2.21 คำสั่งอ่าน Busy Flag	64
ตารางที่ 3.1 ตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำตำแหน่ง 0000H-1FFFH และ 2000H-3FFFH	75
ตารางที่ 3.2 แอดเดรสของหน่วยความจำตำแหน่ง 0000H-1FFFH และ 2000H-3FFFH ซึ่งมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติของไอซี 74LS138	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 3.3 ตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำตำแหน่ง 8000H-9FFFH และ A000H-BFFFH	78
ตารางที่ 3.4 แอดเดรสของหน่วยความจำตำแหน่ง 8000H-9FFFH และ A000H-BFFFH ซึ่งมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติของไอซี 74LS245	78
ตารางที่ 3.5 รหัสตำแหน่งหน่วยความจำโมดูล 8255A, โมดูล 8255B, 8255A_1, 8255A_2 8255A_3, 8255B_1, 8255B_2 และ 8255B_3	91
ตารางที่ 3.6 รหัสตำแหน่งหน่วยความจำโมดูล 8255C และ 8255D	92
ตารางที่ 3.7 แสดงหน้าที่ของตำแหน่งสวิตช์ S1	94
ตารางที่ 3.8 แสดงหน้าที่ของตำแหน่งสวิตช์ S2	94
ตารางที่ 3.9 ตารางคุณสมบัติของไอซี 74LS138	106
ตารางที่ 3.10 การทำงานของมอเตอร์	110

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป	หน้า
รูปที่ 2.1 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบ 20 ขา	6
รูปที่ 2.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบ 40 ขา	7
รูปที่ 2.3 สถาปัตยกรรมภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบ 20 ขา	10
รูปที่ 2.4 สถาปัตยกรรมภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบ 40 ขา	11
รูปที่ 2.5 ลักษณะการจัดขาภายนอกของ MCS-51 แบบ 20 ขา	12
รูปที่ 2.6 ลักษณะการจัดขาภายนอกของ MCS-51 แบบ 40 ขา	13
รูปที่ 2.7 การจัดพื้นที่หน่วยความจำโปรแกรมของ MCS-51 แบบ 20 ขา	15
รูปที่ 2.8 การจัดพื้นที่หน่วยความจำโปรแกรมของ MCS-51 แบบ 40 ขา	15
รูปที่ 2.9 การจัดพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลของ MCS-51 แบบ 20 ขา	16
รูปที่ 2.10 การจัดพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลของ MCS-51 แบบ 40 ขา	16
รูปที่ 2.11 วงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน MCS-51 แบบ 20 ขา	17
รูปที่ 2.12 วงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน MCS-51 แบบ 40 ขา	17
รูปที่ 2.13 ช่วงเวลาของสัญญาณนาฬิกาใน 1 แมชชีนไซเคิล	18
รูปที่ 2.14 สัญญาณการเชื่อมต่อกับหน่วยความจำโปรแกรม	18
รูปที่ 2.15 สัญญาณการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำข้อมูลภายนอก	20
รูปที่ 2.16 การมัลติเพล็กซ์บัสตำแหน่งหน่วยความจำ และบัสข้อมูลของพอร์ต 0	21
รูปที่ 2.17 การเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูล และหน่วยความจำโปรแกรม	22
รูปที่ 2.18 การทำงานของไทม์เมอร์โหมด 0	23
รูปที่ 2.19 การทำงานของไทม์เมอร์โหมด 1	24
รูปที่ 2.20 การทำงานของไทม์เมอร์โหมด 2	24
รูปที่ 2.21 การทำงานของไทม์เมอร์โหมด 3	25
รูปที่ 2.22 การทำงานของพอร์ตอนุกรมโหมด 0	26
รูปที่ 2.23 การทำงานของพอร์ตอนุกรมโหมด 1	27
รูปที่ 2.24 การทำงานของพอร์ตอนุกรมโหมด 2	28
รูปที่ 2.25 รูปร่าง และการกำหนดชื่อเซกเมนต์ต่างๆ ของส่วนแสดงผล 7 ส่วน	32
รูปที่ 2.26 วงจรภายในของส่วนแสดงผล 7 ส่วนทั้งแบบแคโถดร่วม และแอโนดร่วม	33
รูปที่ 2.27 การจัดขาของส่วนแสดงผล 7 ส่วนทั้งแบบตัวเดี่ยว และตัวคู่	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 2.28 สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบมีสาย 5 เส้น	37
รูปที่ 2.29 สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบมีสาย 6 เส้น	37
รูปที่ 2.30 สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบหลายไบโพลาร์	38
รูปที่ 2.31 โครงสร้างของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	38
รูปที่ 2.32 โครงสร้าง และวงจรเทียบเท่าของมอเตอร์ชนิด 4 ขด	39
รูปที่ 2.33 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ ชนิดมีสาย 6 เส้น	41
รูปที่ 2.34 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ ชนิดมีสาย 5 เส้น	42
รูปที่ 2.35 วิธีขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์	43
รูปที่ 2.36 วงจรสมมูลย์ของสเต็ปปิ้งมอเตอร์	43
รูปที่ 2.37 วงจรแป้นพิมพ์แบบขาร่วม และแบบเมตริกซ์	44
รูปที่ 2.38 ผังการทำงานของวงจรเมตริกซ์สวิตช์	45
รูปที่ 2.39 วิธีการแก้ดีเบาซ์ของสวิตช์	46
รูปที่ 2.40 วงจรแป้นพิมพ์ขนาด 3 x 4 ตัว	47
รูปที่ 2.41 ลักษณะแป้นพิมพ์ไอโพธีติคอล	48
รูปที่ 2.42 ปรากฏการณ์ที่รอยต่อของไดโอดเปล่งแสงเมื่อได้รับการไบอัสตรง	50
รูปที่ 2.43 การทำงานของไดโอดเปล่งแสง	50
รูปที่ 2.44 กราฟความยาวคลื่นแสงที่ไดโอดเปล่งแสงออกมา	51
รูปที่ 2.45 การจัดหน้าจอโหมดกราฟิกส์	54
รูปที่ 2.46 การจัดหน้าจอโหมดอักขระ	55
รูปที่ 2.47 ตำแหน่งเคอร์เซอร์เมื่อ Cp = 9	59
รูปที่ 2.48 ลำดับการอ่านข้อมูล 1 ครั้ง	63
รูปที่ 2.49 ความสัมพันธ์ของหน้าจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์ และค่าต่างๆ	65
รูปที่ 3.1 วงจรโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์	70
รูปที่ 3.2 ส่วนเลือกการติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมภายนอก	71
รูปที่ 3.3 โมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์	72
รูปที่ 3.4 วงจรโมดูลแลตช์	73
รูปที่ 3.5 โมดูลแลตช์	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 3.6 แผนผังตำแหน่งหน่วยความจำ	74
รูปที่ 3.7 แผนผังตำแหน่งหน่วยความจำถาวร และหน่วยความจำชั่วคราว	74
รูปที่ 3.8 วงจรถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำตำแหน่ง 0000H-1FFFH และ 2000H-3FFFH	76
รูปที่ 3.9 วงจรถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำตำแหน่ง 0000H-7FFFH	77
รูปที่ 3.10 วงจรถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำตำแหน่ง 8000H-9FFFH และ A000H-BFFFH	79
รูปที่ 3.11 วงจรถอดรหัสตำแหน่งหน่วยวความจำตำแหน่ง 8000H-F7FFH ซึ่ง ใช้ร่วมกับวงจรถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำตำแหน่ง 0000H-7FFFH	79
รูปที่ 3.12 วงจรโมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยวความจำ	80
รูปที่ 3.13 โมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ	81
รูปที่ 3.14 โมดูลหน่วยความจำถาวร	82
รูปที่ 3.15 โมดูลหน่วยความจำถาวร	83
รูปที่ 3.16 วงจรสร้างสัญญาณอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำชั่วคราว	84
รูปที่ 3.17 วงจรโมดูลหน่วยความจำชั่วคราว	84
รูปที่ 3.18 โมดูลหน่วยความจำชั่วคราว	85
รูปที่ 3.19 วงจรโมดูลสำรองไฟเลี้ยงหน่วยความจำประเภทหน่วยความจำชั่วคราว	86
รูปที่ 3.20 โมดูลสำรองไฟเลี้ยงหน่วยความจำชั่วคราว	87
รูปที่ 3.21 วงจรโมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม	87
รูปที่ 3.22 วงจรโมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม	88
รูปที่ 3.23 วงจรโมดูลแหล่งจ่ายไฟ	88
รูปที่ 3.24 โมดูลแหล่งจ่ายไฟ	89
รูปที่ 3.25 แผนผังตำแหน่งหน่วยความจำอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต	90
รูปที่ 3.26 วงจรถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำของโมดูล 8255A_1, 8255B 8255A_1, 8255A_2, 8255A_3, 8255B_1, 8255B_2 และ 8255B_3	92
รูปที่ 3.27 วงจรถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำโมดูล 8255C และ 8255D	93
รูปที่ 3.28 วงจรโมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต	93
รูปที่ 3.29 โมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต	95
รูปที่ 3.30 วงจรโมดูล 8255A	95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 3.31 โมดูล 8255A	96
รูปที่ 3.32 วงจรโมดูล 8255B	97
รูปที่ 3.33 วงจรโมดูล 8255C	97
รูปที่ 3.34 วงจรโมดูล 8255C	98
รูปที่ 3.35 โมดูล 8255C	99
รูปที่ 3.36 วงจรโมดูล 8255D	99
รูปที่ 3.37 โมดูล 8255D	100
รูปที่ 3.38 วงจรเบสิกอินพุต	101
รูปที่ 3.39 โมดูลเบสิกอินพุต	102
รูปที่ 3.40 วงจรโมดูลเบสิกเอาต์พุต	103
รูปที่ 3.41 โมดุลเบสิกเอาต์พุต	104
รูปที่ 3.42 วงจรโมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วน	105
รูปที่ 3.43 โมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วน	107
รูปที่ 3.44 วงจรโมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์	108
รูปที่ 3.45 โมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์	109
รูปที่ 3.46 วงจรโมดูลดีซีมอเตอร์	110
รูปที่ 3.47 โมดูลดีซีมอเตอร์	111
รูปที่ 3.48 วงจรโมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์	112
รูปที่ 3.49 โมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์	112
รูปที่ 3.50 วงจรโมดูลบัซเซอร์ ลำโพง และอาร์ทีซี	113
รูปที่ 3.51 โมดูลบัซเซอร์ ลำโพง และอาร์ทีซี	114
รูปที่ 3.52 วงจรโมดูลแป้นพิมพ์	115
รูปที่ 3.53 โมดูลแป้นพิมพ์	115
รูปที่ 3.54 วงจรโมดูลแผงต่อวงจร	116
รูปที่ 3.55 โมดูลแผงต่อวงจร	117
รูปที่ 3.56 วงจรโมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์	118
รูปที่ 3.57 โมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์	119

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 3.58 การเชื่อมต่อภายในของชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	120
รูปที่ 3.59 ด้านบนชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	122
รูปที่ 3.60 ด้านหน้าของชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	122
รูปที่ 3.61 โปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software	123
รูปที่ 3.62 โปรแกรมส่วนที่ 1 ทำงานในการเขียนโปรแกรม	124
รูปที่ 3.63 โปรแกรมส่วนที่ 1 ทำงานในส่วนการแปลงโปรแกรม	124
รูปที่ 3.64 โปรแกรมส่วนที่ 1ทำงานในส่วนการติดต่ออาร์ดแวร์	124
รูปที่ 3.65 โปรแกรมส่วนที่ 2 ใช้ในการเขียนโปรแกรม	125
รูปที่ 3.66 โปรแกรมส่วนที่ 3 ใช้ในการแปลงโปรแกรมแอสแซมบลีเป็น Intel Hex-Code	125
รูปที่ 3.67 โปรแกรมส่วนที่ 4 ใช้ในการติดต่อฮาร์ดแวร์	126
รูปที่ 3.68 ผังการทำงานหลักของโปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software	127
รูปที่ 3.69 ผังการทำงานย่อยของโปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software	128
รูปที่ 3.70 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลเบสิกเอาต์พุต	129
รูปที่ 3.71 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลเบสิกอินพุต	130
รูปที่ 3.72 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วน	130
รูปที่ 3.73 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลแป้นพิมพ์	131
รูปที่ 3.74 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์	134
รูปที่ 3.75 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลดีซีมอเตอร์	135
รูปที่ 3.76 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองสเต็ปปิ้งมอเตอร์	136
รูปที่ 3.77 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองบัซเซอร์	137
รูปที่ 3.78 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองลำโพง	138
รูปที่ 3.79 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์	139

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 4.1 การเชื่อมต่อโมดูลต่างๆ เพื่อทดลองโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์แบบไม่มีหน่วยความจำภายใน	141
รูปที่ 4.2 การเลือกหน้าต่างโปรแกรมติดต่อฮาร์ดแวร์ เพื่อทดลองโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์ แบบไม่มีหน่วยความจำภายใน	142
รูปที่ 4.3 ผลการทดลองโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์แบบไม่มีหน่วยความจำภายใน	143
รูปที่ 4.4 การเชื่อมต่อโมดูลต่างๆ เพื่อทดลองโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมีหน่วยความจำภายใน	143
รูปที่ 4.5 ผลการทดลองโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมีหน่วยความจำภายใน	144
รูปที่ 4.6 การเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่อทดลองโมดูลแลตช์	146
รูปที่ 4.7 ผลการใช้คำสั่ง Clear Memory เพื่อทดลองโมดูลแลตช์	147
รูปที่ 4.8 ผลการใช้คำสั่ง New Location เพื่อทดลองโมดูลแลตช์	147
รูปที่ 4.9 การเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่อทดลองโมดูลหน่วยความจำถาวร	148
รูปที่ 4.10 การเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่อทดลองโมดูลหน่วยความจำชั่วคราว	150
รูปที่ 4.11 การเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่อทำการทดลองโมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ	152
รูปที่ 4.12 ผลการใช้คำสั่ง N 8500 เพื่อทดลองโมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ	153
รูปที่ 4.13 ผลการใช้คำสั่ง C เพื่อทดลองโมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ	153
รูปที่ 4.14 การเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่อทำการทดลองโมดูลสำรองไฟเลี้ยงหน่วยความจำชั่วคราว	155
รูปที่ 4.15 โปรแกรมทดลองการทำงานโมดูลไฟเลี้ยงหน่วยความจำชั่วคราว	155
รูปที่ 4.16 เขียนโปรแกรมทดลองการทำงานโมดูลไฟเลี้ยงหน่วยความจำชั่วคราว	156
รูปที่ 4.17 ผลการใช้คำสั่ง H เพื่อทดลองโมดูลสำรองไฟเลี้ยงหน่วยความจำชั่วคราว	156
รูปที่ 4.18 ผลการใช้คำสั่ง H เพื่อทดลองโมดูลสำรองไฟเลี้ยงหน่วยความจำประเภทแรมภายหลังการปิดสวิตช์ และเปิดสวิตช์ใหม่	157

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 4.19 การเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการทดลองโมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม	158
รูปที่ 4.20 การเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการทดลองโมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต	160
รูปที่ 4.21 โปรแกรมทดลองโมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต	161
รูปที่ 4.22 การต่อโมดูลเข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เพื่อ ทำการทดลองโมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต และ โมดูลเบสิกเอาต์พุตเข้ากับอินเตอร์เฟสบีด้านบน	162
รูปที่ 4.23 โปรแกรมทดลองโมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตร่วมกับ โมดูลเบสิกเอาต์พุตในช่องอินเตอร์เฟสบีด้านบน	163
รูปที่ 4.24 การเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการทดลองโมดูล 8255A	165
รูปที่ 4.25 โปรแกรมทดลองโมดูล 8255A	165
รูปที่ 4.26 การเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการทดลองโมดูลเบสิกอินพุต	169
รูปที่ 4.27 โปรแกรมทดลองโมดูลเบสิกอินพุต	169
รูปที่ 4.28 การเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เพื่อทำการทดลอง โมดูลแสดงผลแบบ 7 ส่วน	172
รูปที่ 4.29 โปรแกรมทดลองโมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วน	172
รูปที่ 4.30 การเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เพื่อทำการทดลอง โมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์	174
รูปที่ 4.31 โปรแกรมทดลองโมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์	175
รูปที่ 4.32 การโมดูลต่างๆ เข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เพื่อทำการทดลองโมดูลดีซีมอเตอร์	177
รูปที่ 4.33 โปรแกรมทดลองการทำงานโมดูลดีซีมอเตอร์	177
รูปที่ 4.34 การต่อโมดูลเข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เพื่อทำการ ทดลองโมดูลสเต็ปปิงมอเตอร์	179

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 4.35 โปรแกรมทดลองการทำงานโมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์	180
รูปที่ 4.36 การต่อโมดูลเข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เพื่อทำการทดลองโมดูลบัซเซอร์ ลำโพง และอาร์ทีซี	182
รูปที่ 4.37 โปรแกรมทดลองการทำงานโมดูลบัซเซอร์ ลำโพง และอาร์ทีซี	183
รูปที่ 4.38 การต่อโมดูลเข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เพื่อทำการทดลองโมดูลแป้นพิมพ์	185
รูปที่ 4.39 โปรแกรมทดลองการทำงานโมดูลแป้นพิมพ์	186
รูปที่ 4.40 การต่อโมดูลเข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เพื่อทำการทดลองโมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์	188
รูปที่ 4.41 โปรแกรมทดลองการทำงานโมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์	189
รูปที่ ก.1 เครื่องต้นแบบโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์	203
รูปที่ ก.2 เครื่องต้นแบบโมดูลหน่วยความจำถาวร	203
รูปที่ ก.3 เครื่องต้นแบบโมดูลหน่วยความจำชั่วคราว	204
รูปที่ ก.4 เครื่องต้นแบบโมดูลแลตช์	204
รูปที่ ก.5 เครื่องต้นแบบโมดูลแหล่งจ่ายไฟ	205
รูปที่ ก.6 เครื่องต้นแบบโมดูลสำรองไฟเลี้ยงหน่วยความจำชั่วคราว	205
รูปที่ ก.7 เครื่องต้นแบบโมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม	206
รูปที่ ก.8 เครื่องต้นแบบโมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ	206
รูปที่ ก.9 เครื่องต้นแบบโมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต	207
รูปที่ ก.10 เครื่องต้นแบบโมดูล 8255A	207
รูปที่ ก.11 เครื่องต้นแบบโมดูล 8255B	208
รูปที่ ก.12 เครื่องต้นแบบโมดูล 8255C	208
รูปที่ ก.13 เครื่องต้นแบบโมดูล 8255D	209
รูปที่ ก.14 เครื่องต้นแบบโมดูลเบสิกอินพุต	209
รูปที่ ก.15 เครื่องต้นแบบโมดูลเบสิกเอาต์พุต	210
รูปที่ ก.16 เครื่องต้นแบบโมดูลดีซีมอเตอร์	210
รูปที่ ก.17 เครื่องต้นแบบโมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์	211

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ ก.18 เครื่องต้นแบบโมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วน	211
รูปที่ ก.19 เครื่องต้นแบบโมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์	212
รูปที่ ก.20 เครื่องต้นแบบโมดูลบัซเซอร์ ลำโพง และอาร์ทีซี	212
รูปที่ ก.21 เครื่องต้นแบบโมดูลแป้นพิมพ์	213
รูปที่ ก.22 เครื่องต้นแบบโมดูลแผงต่อวงจร	213
รูปที่ ก.23 เครื่องต้นแบบโมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์	214
รูปที่ ก.24 ด้านบนเครื่องต้นแบบชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	214
รูปที่ ก.25 ด้านหน้าเครื่องต้นแบบชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	215
รูปที่ ก.26 ด้านหลังเครื่องต้นแบบชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	215
รูปที่ ข.1 วงจรโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์	217
รูปที่ ข.2 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์	218
รูปที่ ข.3 ลายวงจรพิมพ์ด้านบนโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์	218
รูปที่ ข.4 ลายวงจรพิมพ์ด้านล่างโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์	219
รูปที่ ข.5 วงจรโมดูลแลตช์	219
รูปที่ ข.6 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูลแลตช์	220
รูปที่ ข.7 ลายวงจรพิมพ์ด้านบนโมดูลแลตช์	220
รูปที่ ข.8 ลายวงจรพิมพ์ด้านล่างโมดูลแลตช์	221
รูปที่ ข.9 วงจรโมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ	221
รูปที่ ข.10 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ	222
รูปที่ ข.11 ลายวงจรพิมพ์ด้านบนโมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ	222
รูปที่ ข.12 ลายวงจรพิมพ์ด้านล่างโมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ	223
รูปที่ ข.13 วงจรโมดูลหน่วยความจำถาวร	223
รูปที่ ข.14 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูลหน่วยความจำถาวร	224
รูปที่ ข.15 ลายวงจรพิมพ์ด้านบนโมดูลหน่วยความจำถาวร	224
รูปที่ ข.16 ลายวงจรพิมพ์ด้านล่างโมดูลหน่วยความจำถาวร	225
รูปที่ ข.17 วงจรโมดูลหน่วยความจำชั่วคราว	225
รูปที่ ข.18 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูลหน่วยความจำชั่วคราว	226

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ ข.19 ลายวงจรพิมพ์ด้านบนโมดูลหน่วยความจำชั่วคราว	226
รูปที่ ข.20 ลายวงจรพิมพ์ด้านล่างโมดูลหน่วยความจำชั่วคราว	227
รูปที่ ข.21 วงจรโมดูลสำรองไฟเลี้ยงหน่วยความจำชั่วคราว	227
รูปที่ ข.22 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูลสำรองไฟเลี้ยงหน่วยความจำชั่วคราว	228
รูปที่ ข.23 ลายวงจรพิมพ์ ด้านบนโมดูลสำรองไฟเลี้ยงหน่วยความจำชั่วคราว	228
รูปที่ ข.24 ลายวงจรพิมพ์ ด้านล่างโมดูลสำรองไฟเลี้ยงหน่วยความจำชั่วคราว	229
รูปที่ ข.25 วงจรโมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม	229
รูปที่ ข.26 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม	230
รูปที่ ข.27 ลายวงจรพิมพ์ ด้านบนโมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม	230
รูปที่ ข.28 ลายวงจรพิมพ์ ด้านล่างโมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม	231
รูปที่ ข.29 วงจรโมดูลแหล่งจ่ายไฟ	231
รูปที่ ข.30 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูลแหล่งจ่ายไฟ	232
รูปที่ ข.31 ลายวงจรพิมพ์ ด้านบนโมดูลแหล่งจ่ายไฟ	232
รูปที่ ข.32 ลายวงจรพิมพ์ ด้านล่างโมดูลแหล่งจ่ายไฟ	233
รูปที่ ข.33 วงจรโมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต	233
รูปที่ ข.34 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต	234
รูปที่ ข.35 ลายวงจรพิมพ์ด้านบนโมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต	234
รูปที่ ข.36 ลายวงจรพิมพ์ด้านล่างโมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต	235
รูปที่ ข.37 วงจรโมดูล 8255A	235
รูปที่ ข.38 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูล 8255A	236
รูปที่ ข.39 ลายวงจรพิมพ์ด้านบนโมดูล 8255A	236
รูปที่ ข.40 ลายวงจรพิมพ์ด้านล่างโมดูล 8255A	237
รูปที่ ข.41 วงจรโมดูล 8255B	237
รูปที่ ข.42 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูล 8255B	238

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ ข.43 ลายวงจรพิมพ์ด้านบนโมดูล 8255B	238
รูปที่ ข.44 ลายวงจรพิมพ์ด้านล่างโมดูล 8255B	239
รูปที่ ข.45 วงจรโมดูล 8255C	239
รูปที่ ข.46 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูล 8255C	240
รูปที่ ข.47 ลายวงจรพิมพ์ด้านบนโมดูล 8255C	240
รูปที่ ข.48 ลายวงจรพิมพ์ด้านล่างโมดูล 8255C	241
รูปที่ ข.49 วงจรโมดูล 8255D	241
รูปที่ ข.50 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูล 8255D	242
รูปที่ ข.51 ลายวงจรพิมพ์ด้านบนโมดูล 8255D	242
รูปที่ ข.52 ลายวงจรพิมพ์ด้านล่างโมดูล 8255D	243
รูปที่ ข.53 โมดูลเบสิกอินพุต	243
รูปที่ ข.54 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูลเบสิกอินพุต	244
รูปที่ ข.55 ลายวงจรพิมพ์ ด้านบนโมดูลเบสิกอินพุต	244
รูปที่ ข.56 ลายวงจรพิมพ์ ด้านล่างโมดูลเบสิกอินพุต	245
รูปที่ ข.57 วงจรโมดูลเบสิกเอาต์พุต	246
รูปที่ ข.58 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูลเบสิกเอาต์พุต	247
รูปที่ ข.59 ลายวงจรพิมพ์ ด้านบนโมดูลเบสิกเอาต์พุต	247
รูปที่ ข.60 ลายวงจรพิมพ์ ด้านล่างโมดูลเบสิกเอาต์พุต	248
รูปที่ ข.61 วงจรโมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วน	249
รูปที่ ข.62 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วน	250
รูปที่ ข.63 ลายวงจรพิมพ์ ด้านบนโมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วน	251
รูปที่ ข.64 ลายวงจรพิมพ์ ด้านล่างโมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วน	252
รูปที่ ข.65 วงจรโมดูลดอตเมตริกซ์แอลอีดี	253
รูปที่ ข.66 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์	254
รูปที่ ข.67 ลายวงจรพิมพ์ ด้านบนโมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์	254
รูปที่ ข.68 ลายวงจรพิมพ์ ด้านล่างโมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์	255
รูปที่ ข.69 วงจรโมดูลดีซีมอเตอร์	255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ ข.70 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูลดีซีมอเตอร์	256
รูปที่ ข.71 ลายวงจรพิมพ์ ด้านบนโมดูลดีซีมอเตอร์	256
รูปที่ ข.72 ลายวงจรพิมพ์ ด้านล่างโมดูลดีซีมอเตอร์	257
รูปที่ ข.73 วงจรโมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์	257
รูปที่ ข.74 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์	258
รูปที่ ข.75 ลายวงจรพิมพ์ ด้านบนโมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์	258
รูปที่ ข.76 ลายวงจรพิมพ์ ด้านล่างโมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์	259
รูปที่ ข.77 วงจรโมดูลบัซเซอร์ ลำโพง และอาร์ทีซี	259
รูปที่ ข.78 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูลบัซเซอร์ ลำโพง และอาร์ทีซี	260
รูปที่ ข.79 ลายวงจรพิมพ์ ด้านบนโมดูลบัซเซอร์ ลำโพง และอาร์ทีซี	260
รูปที่ ข.80 ลายวงจรพิมพ์ ด้านล่างโมดูลบัซเซอร์ ลำโพง และอาร์ทีซี	261
รูปที่ ข.81 วงจรโมดูลแป้นพิมพ์	261
รูปที่ ข.82 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูลแป้นพิมพ์	262
รูปที่ ข.83 ลายวงจรพิมพ์ ด้านบนโมดูลแป้นพิมพ์	262
รูปที่ ข.84 ลายวงจรพิมพ์ ด้านล่างโมดูลแป้นพิมพ์	263
รูปที่ ข.85 วงจรโมดูลแผงต่อวงจร	264
รูปที่ ข.86 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูลแผงต่อวงจร	265
รูปที่ ข.87 ลายวงจรพิมพ์ ด้านบนโมดูลแผงต่อวงจร	265
รูปที่ ข.88 ลายวงจรพิมพ์ ด้านล่างโมดูลแผงต่อวงจร	266
รูปที่ ข.89 วงจรโมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์	266
รูปที่ ข.90 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์	267
รูปที่ ข.91 ลายวงจรพิมพ์ ด้านบนโมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์	267
รูปที่ ข.92 ลายวงจรพิมพ์ ด้านล่างโมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์	268
รูปที่ ค.1 ผังการทำงานหลักของโปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software	270
รูปที่ ค.2 ผังการทำงานย่อยของโปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software	271

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ ค.3 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลเบสิกเอาต์พุต	272
รูปที่ ค.4 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลเบสิกอินพุต	273
รูปที่ ค.5 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วน	273
รูปที่ ค.6 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลแป้นพิมพ์	274
รูปที่ ค.7 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์	278
รูปที่ ค.8 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลดีซีมอเตอร์	279
รูปที่ ค.9 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์	280
รูปที่ ค.10 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองบัซเซอร์	281
รูปที่ ค.11 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองลำโพง	282
รูปที่ ค.12 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์	283

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ปัจจุบันนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้ถูกนำมาใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ เช่นควบคุมความเร็วหรือทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้า, ควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ฯลฯ ตลอดจนระบบควบคุมโรงงานในอุตสาหกรรม เพราะการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์นั้น จะมีความถูกต้องเชื่อถือได้ และมีการทำงานที่รวดเร็วแม่นยำ และสามารถใช้ได้กับงานหลายประเภทเพียงแต่ทำการเปลี่ยนแปลงทางด้านฮาร์ดแวร์ทำให้สะดวก และคล่องตัวในการใช้งาน และทำให้ปัจจุบันนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ผลิตออกมาในปัจจุบันมีขีดความสามารถต่างๆ ให้สามารถเลือกใช้ได้ตรงกับความต้องการของผู้ใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ถูกนำมาใช้ในการควบคุมทางอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวาง ยิ่งในปัจจุบันงานทางอุตสาหกรรมมีความต้องการงานที่มีขนาดเล็ก และมีประสิทธิภาพ ไมโครคอนโทรลเลอร์จึงถูกนำมาใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ดังนั้นในสถาบันการศึกษาหลายแห่งจึงได้มีการจัดการเรียนการสอนวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ และจำเป็นจะต้องมีชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้ทดลองประกอบการเรียนการสอนเพื่อเพิ่มทักษะ และความสามารถให้กับผู้เรียนซึ่งการทดลอง และปฏิบัติจะทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเนื้อหาที่เรียนได้ง่ายขึ้น

1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน

1) ชุดควบคุม MCS-51 กับ Paul Monitor มีพอร์ตอินพุตเอาต์พุตทั้งหมด 6 พอร์ต
2) ใช้งานชุดอินเตอร์เฟส พร้อมกัน 4 ชุดเล็ก 2 ชุดใหญ่ และสามารถต่อซ้อนกันได้ 3 ชั้น
3) ใบงานการทดลอง 10 ใบงาน
   3.1) การเขียนโปรแกรมเบื้องต้น
   3.2) Dip Switch + LED
   3.3) Buzzer
   3.4) DC Motor
   3.5) LED Matrix
   3.6) Stepping Motor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7) 7-Segment

3.8) Keyboard

3.9) LCD Graphic

3.10) การประยุกต์สร้างวงจร

4) มีชุดทดลอง อินเตอร์เฟส 10 ชุด ดังนี้

4.1) DIP Switch 8 Bit

4.2) LED 8 Bit

4.3) Buzzer

4.4) DC Motor

4.5) Stepping Motor

4.6) 7-Segment 8 หลัก

4.7) LED Dot Matrix 7 x 20 Dot

4.8) LCD Graphic 240 x 60 dot

4.9) Keyboard

4.10) Photoboard

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อความสะดวกในการศึกษาและทำความเข้าใจ ในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาที่สำคัญดังนี้

บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการ ประกอบด้วยทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ซึ่งทำให้ผู้อ่านได้มีความรู้ความเข้าใจในเรื่องพื้นฐานก่อน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการทำความเข้าใจการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และหลักการทำงานเบื้องต้นของอุปกรณ์ชุดอินเตอร์เฟส

บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน กล่าวถึงเนื้อหาเกี่ยวกับ การออกแบบทางด้านโปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software และการออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์ ซึ่งแบ่งออกเป็นการออกแบบโมดูลหลัก MCS-51 ซึ่งจะประกอบด้วยโมดูล 13 โมดูล คือ โมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU Module), โมดูลแลตช์ (Latch Module), โมดูลหน่วยความถาวร (Rom Module), โมดูลหน่วยความจำชั่วคราว (RAM Module), โมดูลแหล่งจ่ายไฟ (Power Supply Module), โมดูลสำรองไฟเลี้ยงหน่วยความจำชั่วคราว (RAM Backup Module), โมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ (Memory Decode Module), โมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต (I/O Decode Module), โมดูลติอต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม (RS232 Module),

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมดูล 8255A (8255A Module), โมดูล 8255B (8255B Module), โมดูล 8255C (8255C Module) และโมดูล 8255D (8255D Module) สำหรับการออกแบบโมดูลอินเตอร์เฟสประกอบด้วย 10 โมดูล คือ โมดูลบัซเซอร์ ลำโพง และอาร์ทีซี (Buzzer Speaker and RTC Module), โมดูลดีซีมอเตอร์ (DC Motor Module), โมดูลดอตเมตริกซ์แอลอีดี (Dotmatrix LED Module), โมดูลเบสิกอินพุต (Basic Input Module), โมดูลเบสิกเอาต์พุต (Basic Output Module), โมดูลแป้นพิมพ์ (Keyboard Module), โมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์ (LCD Graphic Module), โมดูลโฟแผงต่อวงจร (Photoboard Module), โมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์ (Stepping Motor Module), โมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วน (Seven Segment Module)

บทที่ 4 ผลการทดลอง และการทดสอบ จะกล่าวถึงขั้นตอนในการทดลอง และการทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ของปริญญานิพนธ์นี้ เพื่อตรวจสอบว่าปริญญานิพนธ์นี้ สามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ หรือไม่

บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนาเป็นการสรุปผลการทำงาน และได้เสนอแนะแนวทางแก้ไข และแนวทางการพัฒนา ให้มีประสิทธิภาพในการใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ

ภาคผนวก ข วงจร และแผ่นวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ค ผังการทำงาน

ภาคผนวก ง รายการอุปกรณ์

บรรณานุกรม

ประวัติผู้แต่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี และหลักการ

2.1 กล่าวนำ

ปัจจุบันนี้ในการออกแบบไมโครคอมพิวเตอร์จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมกระบวนการทำงานเนื่องจากการทำงานได้รวดเร็ว และมีความแม่นยำ ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ผลิตออกมาจะมีลักษณะเป็นชิพเดี่ยว (Single Chip) ซึ่งมีความสะดวกในการใช้งาน และการเขียนโปรแกรมใช้ในการควบคุม พร้อมทั้งยังมีเครื่องมือช่วยในการพัฒนาระบบให้มีประสิทธิภาพค่อนข้างมาก

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ผลิตโดยบริษัทอินเทลมีการนำมาใช้ประโยชน์อย่างมากในปี ค.ศ. 1980 ต่อมาบริษัท Phillips และ Semens ได้รับลิขสิทธิ์ในการผลิตจำหน่าย และได้เพิ่มประสิทธิภาพมากขึ้นทำให้ในปัจจุบันมีไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีมาตราฐานมาจาก MCS-51 ของบริษัทอินเทลจำนวนมาก

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์หลายรุ่น ซึ่งมีสถาปัตยกรรมพื้นฐานที่เหมือนกัน จะต่างกันเพียงขนาดของหน่วยความจำ และภายในหน่วยทำงานภายในเท่านั้น ในการใช้งานสามารถเลือกใช้ได้ตามความต้องการ และความเหมาะสม ซึ่งลักษณะของคุณสมบัติต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ของบริษัทอินเทล

EMBEDDED CONTROLLER									
Feature	8051AH	8031AH	8751H	80C51BH	80C31BH	87C51	8052AH	8032AH	8752
Program Memory (Bytes)	4K	-	4K	4K	-	4K	8K	-	8K
Data Memory (Bytes)	128	128	128	128	128	128	256	256	256
Program Memory Expansion (Bytes)	64K	64K	64K	64K	64K	64K	64K	64K	64K
Data Memory Expansion (Bytes)	64K	64K	64K	64K	64K	64K	64K	64K	64K
Max Clock Frequency (MHz)	12	12	12	16	16	16	16	12	12
Typical Instruction Time (μS)	1	1	1	0.75	0.75	0.75	1	1	1
16-Bit Timer/Counters	2	2	2	2	2	2	3	3	3
No of I/O Line	32	16	32	32	16	32	32	16	32
Interrupt Sources	5	5	5	5	5	5	6	6	6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

2.2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบ 20 ขา

ลักษณะคุณสมบัติโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบ 20 ขา มีดังต่อไปนี้

1) หน่วยประมวลผลกลางขนาด 8 บิต

2) หน่วยความจำโปรแกรมภายในหน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) ขนาด 1, 2 และ 4 กิโลไบต์

3) หน่วยความจำข้อมูลภายในหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ขนาด 64 และ 128 ไบต์

4) อ้างตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรมได้ถึง 64 กิโลไบต์

5) อ้างตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูลได้ถึง 64 กิโลไบต์

6) มีพอร์ตอินพุต/เอาต์พุต แบบขนานจำนวน 2 พอร์ต (15 บิต) แยกกันอย่างอิสระ

7) มีวงจรนับ/จับเวลา ขนาด 16 บิต 2 ชุดทำงาน 4โหมด

8) มีพอร์ตการสื่อสารอนุกรม (Universal Asynchronous Receiver Transmitter : UART) รับส่งข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน (Full Duplex) สามารถเลือกรูปแบบการส่งได้ 4 รูปแบบ

9) รับส่งสัญญาณอินเตอร์รัปต์ได้ 6 แหล่ง กระโดดการทำงานตอบสนองได้ 5 ตำแหน่ง

10) มีวงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน

11) นำข้อมูลมา AND, OR หรือทำ Complement ได้ทั้งแบบ 8 บิต และ 1 บิต

12) ความถี่ที่ใช้ได้สูงสุด 24 MHz

2.2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบ 40 ขา

ลักษณะคุณสมบัติโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบ 40 ขา มีดังต่อไปนี้

1) หน่วยประมวลผลกลางขนาด 8 บิต

2) หน่วยความจำโปรแกรมภายในหน่วยความจำข้อมูล ขนาด 4 กิโลไบต์

3) หน่วยความจำข้อมูลภายในหน่วยความจำข้อมูล ขนาด 124 ไบต์

4) อ้างตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรมได้ถึง 64 กิโลไบต์

5) อ้างตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูลได้ถึง 64 กิโลไบต์

6) หน่วยความจำโปรแกรม และข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิพ แยกจากกันอย่างละ 64 กิโลไบต์

7) มีพอร์ตอินพุต/เอาต์พุต แบบขนานจำนวน 4 พอร์ต (32 บิต) แยกกันอย่างอิสระ

8) มีวงจรนับ/จับเวลา ขนาด 16 บิต 2 ชุดทำงาน 4โหมด

9) มีพอร์ตการสื่อสารอนุกรม รับส่งข้อมูลได้ในเวลาเดียวกันสามารถเลือกรูปแบบการส่งได้ 4 รูปแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10) รับส่งสัญญาณอินเตอร์รัปต์ได้ 6 แหล่ง กระโดดการทำงานตอบสนองได้ 5 ตำแหน่ง

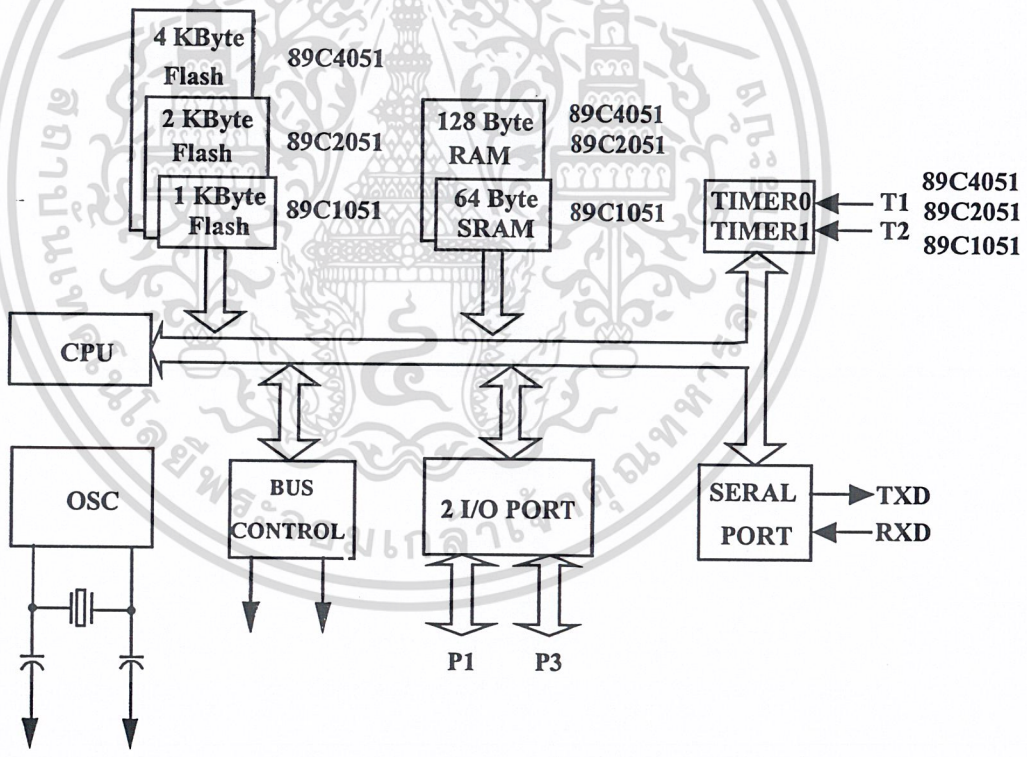
11) มีวงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน

12) นำข้อมูลมา AND, OR หรือทำ Complement ได้ทั้งแบบ 8 บิต และ 1 บิต

13) ความถี่ที่ใช้ได้สูงสุด 24 MHz

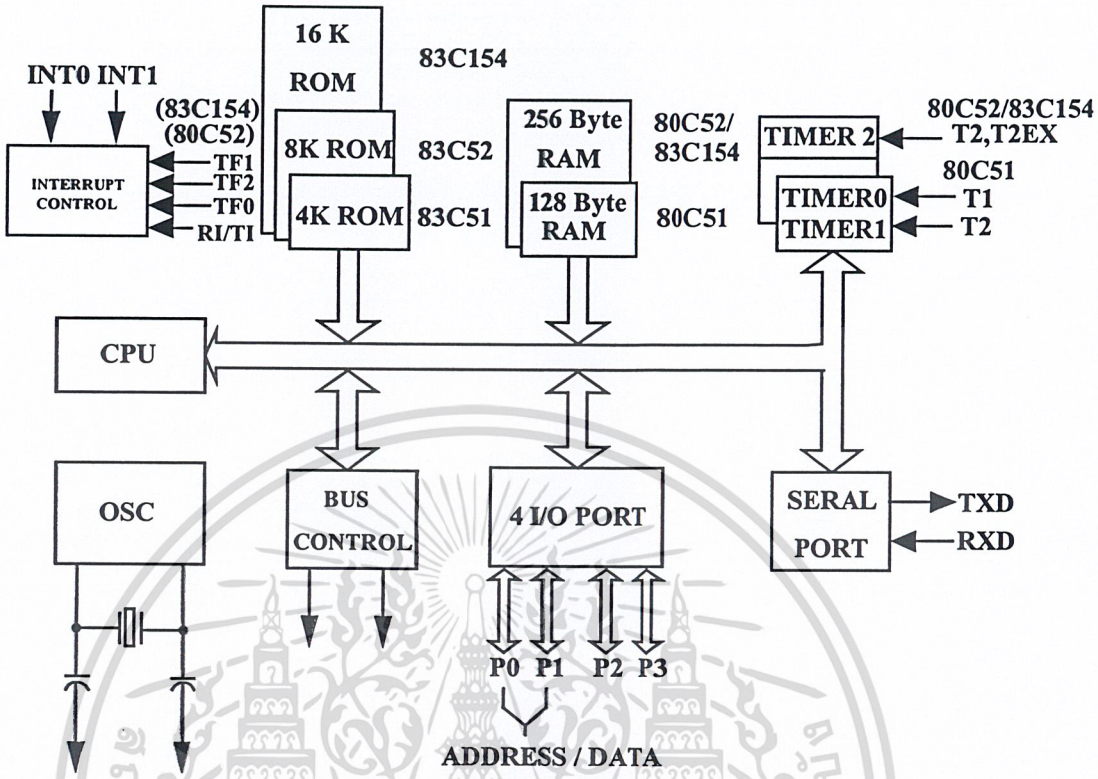
2.3 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์

ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะประกอบขึ้นด้วยเกตชนิดต่างๆ เช่น AND, OR, NOT ซึ่งเกตเหล่านี้จะนำเอามาออกแบบให้มีหน้าที่การทำงานต่างๆ เช่น วงจรถอดรหัสคำสั่ง และวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา เป็นต้น โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์จะประกอบด้วยส่วนย่อยๆ ดังรูปที่ 2.1 และรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.1 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบ 20 ขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบ 40 ขา

ลักษณะโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะมีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วนหลักดังนี้

2.3.1 ส่วนประกอบหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบ 20 ขา

1) หน่วยประมวลผลกลาง

หน่วยประมวลผลกลางส่วนนี้จะทำหน้าที่สร้างสัญญาณควบคุมในการติดต่อสื่อสารกับส่วนอื่นๆ ที่เรียกว่าวงจรควบคุมสัญญาณที่สร้างจากวงจรควบคุมได้แก่ สัญญาณการติดต่อกับหน่วยความจำอุปกรณ์ รับข้อมูลเข้า หรือส่งข้อมูลออก ส่วนควบคุมการขัดจังหวะ และส่วนควบคุมบัสก็เป็นส่วนหนึ่งของวงจรควบคุมด้วย การสร้างสัญญาณจากวงจรควบคุมจากหน่วยประมวลผลกลาง จะทำการสร้างสัญญาณ โดยการถอดรหัสจากคำสั่งที่มีการกำหนดไว้ และสัญญาณที่ถูกสร้างขึ้นมาจะทำการอ้างอิงสัญญาณนาฬิกาที่สร้างจากวงจรออสซิลเลเตอร์เพื่อให้ทุกส่วนทำงานประสานกันได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในหน่วยประมวลผลกลางยังประกอบด้วยส่วนประมวลผลทางคณิตศาสตร์ (Arithmetic Logic Unit) ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูล เช่น การบวก, ลบ, คูณ หรือหารข้อมูล แล้วนำผลลัพธ์ไปเก็บไว้ในหน่วยความจำที่ต้องการ

2) หน่วยความจำ

หน่วยความจำมีไว้สำหรับเก็บบันทึกข้อมูลที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ต้องใช้ในการประมวลผลการใช้งานหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบ 20 ขา สามารถใช้งานหน่วยความจำได้ 2 ประเภท คือ หน่วยความจำถาวรแบบโปรแกรมได้ และหน่วยความจำชั่วคราว โดยหน่วยความจำทั้ง 2 ประเภทจะเป็นหน่วยความจำภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในการติดต่อกับหน่วยความจำสามารถแบ่งสัญญาณได้ 3 กลุ่ม คือ

1) ตำแหน่งที่ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำ ซึ่ง MCS-51 สามารถติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรม ได้สูงสุด 4,096 ตำแหน่ง (4 กิโลไบต์) และหน่วยความจำข้อมูลได้สูงสุด 128 ตำแหน่ง (128 ไบต์)

2) ข้อมูลที่อ่านหรือเขียนกับหน่วยความจำในตำแหน่งที่ต้องการ

3) สัญญาณควบคุมที่ส่งไปยังหน่วยความจำ เพื่อบอกกับหน่วยความจำว่าต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูล

3) อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต

อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต เป็นส่วนที่ใช้ส่งข้อมูลเข้า หรือนำข้อมูลออกจากตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ซึ่งจะทำให้ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้ อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตสามารถแบ่งลักษณะได้ 3 ประเภท

1) อินพุต/เอาต์พุต พอร์ต ใช้สำหรับรับส่งข้อมูล ซึ่งเป็นสัญญาณดิจิตอลเข้า หรือออกจากตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีทั้งหมด 2 พอร์ต โดยพอร์ต P1 สามารถรับส่งข้อมูลได้ 8 บิต และพอร์ต P3 สามารถรับส่งข้อมูลได้ 7 บิต โดยแต่ละพอร์ตทำงานอิสระกัน

2) ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 0, ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ เป็นวงจรที่สามารถนับจำนวนไซเคิลของสัญญาณที่ต่อภายนอกตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยสามารถตั้งค่าเริ่มต้นการนับ และการอ่านค่าการนับได้โดยหน่วยประมวลผลกลาง

3) พอร์ตอนุกรม หน่วยประมวลผลกลางจะอ่าน และเขียนข้อมูลกับพอร์ตอนุกรมเป็นแบบ 8 บิต ข้อมูลจะถูกส่งออกจาก ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เรียงไปทีละบิตออกจากขา TXD และการรับข้อมูล จะรับเข้ามาทีละบิตทางขา RXD แล้วจัดเรียงใหม่เป็น 8 บิต เพื่อให้หน่วยประมวลผลกลาง อ่านใช้งานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 ส่วนประกอบหลักของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบ 40 ขา

1) หน่วยประมวลผลกลาง

2) หน่วยความจำ (Memory) มีไว้สำหรับเก็บบันทึกข้อมูลเข้า และข้อมูลออกจากหน่วยความจำ ซึ่งจะต้องรู้ตำแหน่งของหน่วยความจำ (Address) ในการนำข้อมูลเข้าไปเก็บในหน่วยความจำนี้จะ เรียกว่า การเขียนข้อมูล และการนำข้อมูลออกจากหน่วยความจำเรียกว่า การอ่านข้อมูล ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51ข้อมูลในแต่ละตำแหน่งจะมีขนาด 8 บิต ดังนั้นในแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำสามารถที่จะเก็บข้อมูลมีค่าได้ระหว่าง 00000000_2 ถึง 11111111_2 หรือ 00H ถึง 0FFH ในการติดต่อกับหน่วยความจำจะต้องมีสัญญาณ 3 กลุ่มคือ

1) ตำแหน่งที่ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำ ซึ่ง MCS-51 สามารถติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรม และหน่วยความจำข้อมูลได้สูงสุดชนิดละ 65,536 ตำแหน่ง (64 กิโลไบต์) ดังนั้นในการอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำจะต้องใช้เส้นแสดงตำแหน่งในเลขฐาน 2 ทั้งหมด 16 เส้น (2^{16} เท่ากับ 65,536)

2) ข้อมูลที่อ่าน หรือเขียนกับหน่วยความจำในตำแหน่งที่ต้องการ

3) สัญญาณควบคุมที่จะส่งไปยังหน่วยความจำ เพื่อบอกกับหน่วยความจำว่าต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูล โดยวงจรถอดรหัสคำสั่งจะทำการสร้างสัญญาณควบคุมจากคำสั่งที่อ่านเข้ามาจากหน่วยความจำโปรแกรม

3) อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต

อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต เป็นส่วนที่ใช้ส่งข้อมูลเข้า หรือนำข้อมูลออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ซึ่งจะทำให้ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้ อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตสามารถแบ่งลักษณะได้ 3 ประเภท

1) อินพุต/เอาต์พุต พอร์ต ใช้สำหรับรับส่งข้อมูล ซึ่งเป็นสัญญาณดิจิตอลเข้า หรือออกจากตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีทั้งหมด 4 พอร์ต โดยแต่ละพอร์ตจะรับส่งข้อมูลได้ 8 บิต มี พอร์ต P0, P1, P2 และ P3 บางพอร์ตสามารถใช้งานได้มากกว่า 1 อย่าง

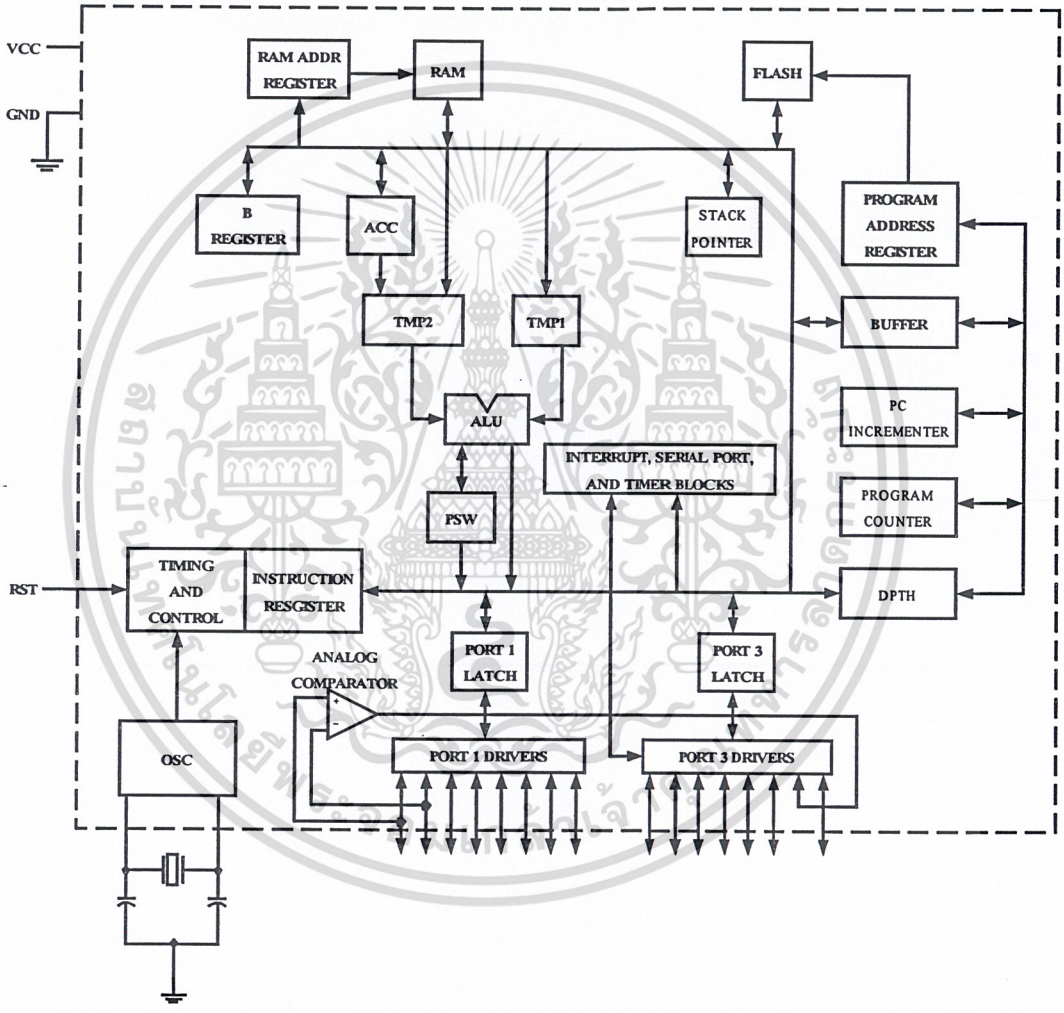
2) ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 0, ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 1 เป็นวงจรที่สามารถนับจำนวนไซเคิลของสัญญาณที่ต่อภายนอกตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยสามารถตั้งค่าเริ่มต้นการนับ และการอ่านค่าการนับได้โดยหน่วยประมวลผลกลาง

3) พอร์ตอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

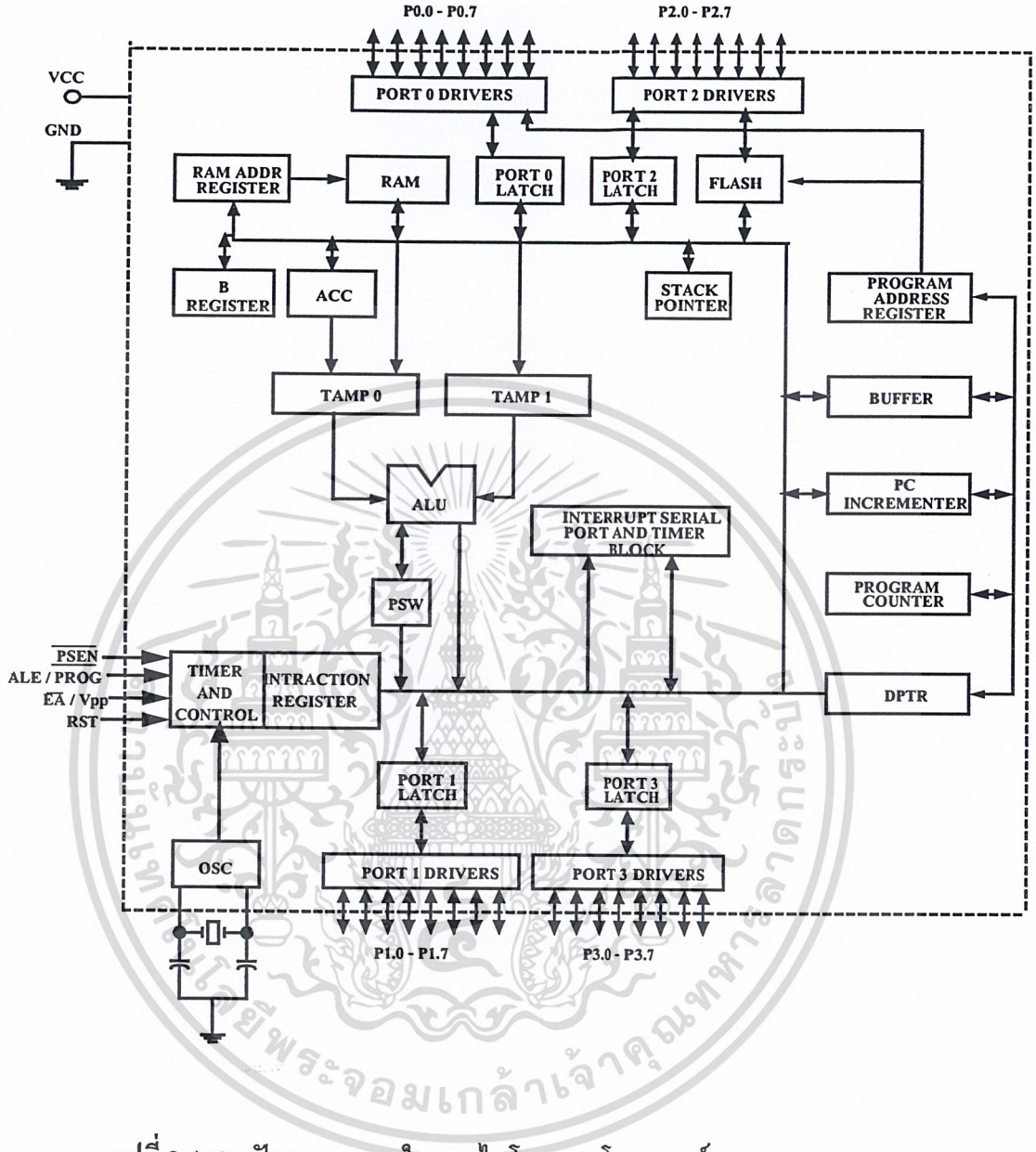
2.4 สถาปัตยกรรมภายในของ MCS-51

สถาปัตยกรรมภายในของ MCS-51 ประกอบไปด้วย หน่วยประมวลผลกลาง, หน่วยความจำโปรแกรม, หน่วยความจำข้อมูล, พอร์ตอินพุต, พอร์ตเอาต์พุต, โหมดรีจิสเตอร์สถานะข้อมูล เป็นต้น ซึ่งติดต่อด้วยบัสข้อมูลขนาด 8 บิต และมีบัฟเฟอร์สำหรับการติดต่อข้อมูลกับภายนอกผ่านพอร์ตอินพุต/เอาต์พุต โดยมีโครงสร้างสถาปัตยกรรมดังรูปที่ 2.3 และรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.3 สถาปัตยกรรมภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบ 20 ขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



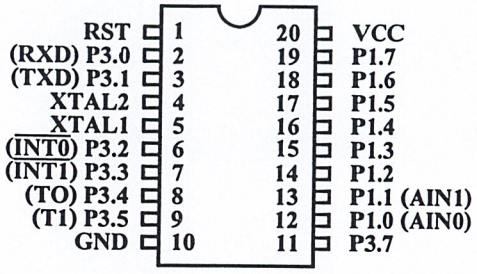
รูปที่ 2.4 สถาปัตยกรรมภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบ 40 ขา

2.5 การจัดลักษณะขาภายนอกของ MCS-51

2.5.1 การจัดลักษณะขาภายนอกของ MCS-51 แบบ 20 ขา

ลักษณะการจัดเรียงขาของชิพ MCS-51 จะบรรจุอยู่ในวงจรรวมแบบ Dual Inline Package (DIP) ซึ่งมีการจัดเรียงลักษณะภายนอกดังรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ลักษณะการจัดขาภายนอกของ MCS-51 แบบ 20 ขา

รายละเอียดของขาต่างๆ มีดังนี้

VCC : (ขา 20) ต่อไฟเลี้ยง +5 โวลต์

GND : (ขา 10) ต่อลงกราวด์

Port 1 : (ขา 12-19) มีทั้งหมด 8 บิต คือ P1.0-P1.7 ใช้งานเป็นอินพุต/เอาต์พุตพอร์ต

Port 3 : (ขา 2-3, 6-9 และ 11) มีทั้งหมด 7 บิต คือ P3.0-P3.5 และ P3.7 ใช้เป็นงานอินพุต/เอาต์พุตพอร์ตทั่วไป และใช้งานในหน้าที่พิเศษดังนี้

P3.0/RXD (Serial Input Port) : ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม

P3.1/TXD (Serial Output Port) : ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม

P3.2/$\overline{\text{INT0}}$ (External Interrupt) :ใช้เป็นอินพุตเพื่อรับการขัดจังหวะจากภายนอก

P3.3/$\overline{\text{INT1}}$ (External Interrupt) : ใช้เป็นอินพุตเพื่อรับการขัดจังหวะจากภายนอก

P3.4/T0 (Timer/Counter 0 External Input) : ใช้เป็นอินพุตให้วงจรนับ/จับเวลา ชุดที่ 0

P3.5/T1 (Timer/Counter 1 External Input) : ใช้เป็นอินพุตให้วงจรนับ/จับเวลาชุดที่ 1

RST : (ขา 1) Reset ใช้สำหรับการรีเซตการทำงานทุกอย่างภายในชิพ เพื่อเริ่มต้นการทำงานใหม่ ซึ่งในการรีเซตต้องป้อนลอจิก “1” นานอย่างน้อย 2 แมชชีนไซเคิล

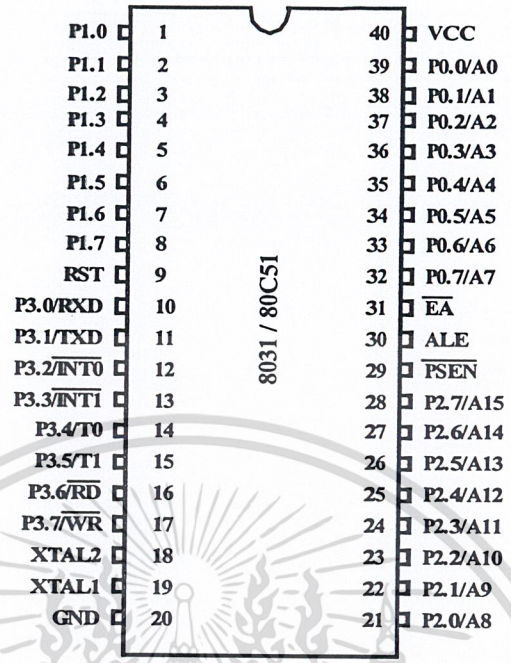
XTAL1 : (ขา 5) ใช้ต่อคริสตัลภายนอกโดยเป็นอินพุตเข้าสู่วงจรออสซิลเลเตอร์

XTAL2 : (ขา 4) ใช้ต่อคริสตัลภายนอกโดยเป็นเอาต์พุตออกจากวงจรออสซิลเลเตอร์

2.5.2 การจัดลักษณะขาภายนอกของ MCS-51 แบบ 40 ขา

ลักษณะการจัดเรียงขาของชิพ MCS-51 จะบรรจุอยู่ในวงจรรวมแบบ Dual Inline Package (DIP) ซึ่งมีการจัดเรียงลักษณะภายนอกดังรูปที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ลักษณะการจัดขาภายนอกของ MCS-51 แบบ 40 ขา

รายละเอียดของขาต่างๆ มีดังนี้

VCC : (ขา 40) ต่อไฟเลี้ยง +5 โวลต์

VSS : (ขา 20) ต่อลงกราวด์

Port 0 : (ขา 32-39) มีทั้งหมด 8 บิต คือ P0.0-P0.7 ใช้งานเป็นอินพุต/เอาต์พุตพอร์ตทั่วไป ใช้เป็นตัวส่งตำแหน่งหน่วยความจำไบต์ต่ำ (A0-A7) และรับส่งข้อมูล (D0-D7) จากหน่วยความจำภายนอก

Port 1 : (ขา 1-8) มีทั้งหมด 8 บิต คือ P1.0-P1.7 ใช้งานเป็นอินพุตเอาต์/เอาต์พุตพอร์ต

Port 2 : (ขา 21-28) มีทั้งหมด 8 บิต คือ P2.0-P2.7 ใช้งานเป็นอินพุต/เอาต์พุตพอร์ตทั่วไป และใช้ส่งตำแหน่งหน่วยความจำไบต์สูง (A8-A15) เพื่อใช้ติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก

Port 3 : (ขา 10- 17) มีทั้งหมด 8 บิต คือ P3.0-P3.7 ใช้งานเป็นอินพุต/เอาต์พุตพอร์ตทั่วไป และใช้งานในหน้าที่พิเศษดังนี้

P3.0/RXD (Serial Input Port) : ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม

P3.1/TXD (Serial Output Port) : ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม

P3.2/$\overline{\text{INT0}}$ (External Interrupt) :ใช้เป็นอินพุตเพื่อรับการขัดจังหวะจากภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P3.3/$\overline{\text{INT1}}$ (External Interrupt) : ใช้เป็นอินพุตเพื่อรับการขัดจังหวะจากภายนอก

P3.4/T0 (Timer/Counter 0 External Input) : ใช้เป็นอินพุตให้วงจรนับ/จับเวลา ชุดที่ 0

P3.5/T1 (Timer/Counter 1 External Input) : ใช้เป็นอินพุตให้วงจรนับ/จับเวลา ชุดที่ 1

P3.6/$\overline{\text{WR}}$ (External Data Memory Write Strobe) : ขาควบคุมการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำภายนอก

P3.7/$\overline{\text{RD}}$ (External Data Memory Read Strobe) : ขาควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก

RST : (ขา 9)Reset ใช้สำหรับการรีเซตการทำงานทุกอย่างภายในชิพ เพื่อเริ่มต้นการทำงานใหม่ ซึ่งในการรีเซตต้องป้อนลอจิก "1" นานอย่างน้อย 2 แมชชีนไซเคิล

ALE : (ขา 30) Address Latch Enable เป็นขาส่งสัญญาณออกไปภายนอกเพื่อควบคุมการแลตช์ค่าตำแหน่งหน่วยความจำไบต์ต่ำพอร์ต 0

$\overline{\text{PSEN}}$: (ขา 29) Program Strobe Enable เป็นขาส่งสัญญาณเพื่ออ่านคำสั่งจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกเมื่อขานี้ Active ลอจิกเป็น "0" จะอ่านโปรแกรมจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก และถ้าเป็นการอ่านหน่วยความจำโปรแกรมภายในขานี้จะมีลอจิกเป็น "1"

$\overline{\text{EA}}$: (ขา 31) External Access เป็นขาที่ใช้สำหรับเลือกการทำงานหน่วยความจำโปรแกรมภายใน หรือหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกชิพ เมื่อขานี้ Active มีลอจิกเป็น "0" จะเป็นการทำงานตามคำสั่งในหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

XTAL1 : (ขา 29) ใช้ต่อคริสตัลภายนอกโดยเป็นอินพุตเข้าสู่วงจรออสซิลเลเตอร์

XTAL2 : (ขา 18) ใช้ต่อคริสตัลภายนอกโดยเป็นเอาต์พุตออกจากวงจรออสซิลเลเตอร์

2.6 การจัดหน่วยความจำของ MCS-51

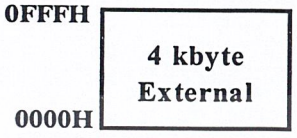
หน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะแยกตำแหน่งหน่วยความจำสำหรับหน่วยความจำของโปรแกรม และหน่วยความจำของข้อมูลออกจากกัน โดยสามารถแบ่งหน่วยความจำออกได้เป็น 2 แบบตามลักษณะการใช้งานดังนี้

2.6.1 หน่วยความจำโปรแกรม

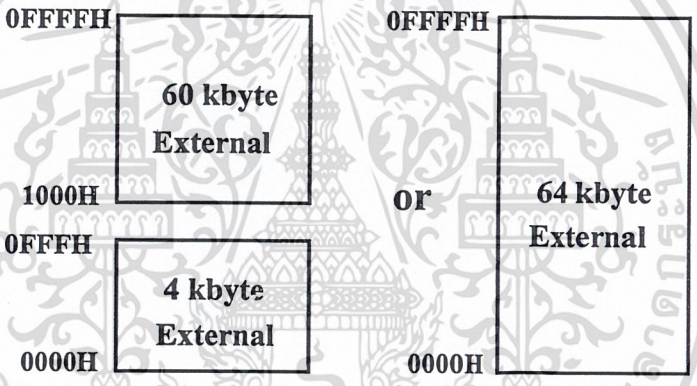
เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บคำสั่งในรูปแบบภาษาเครื่องซึ่งต้องการให้ MCS-51 ทำงาน เมื่อ MCS-51 ทำงานจะอ่านข้อมูลที่เก็บในหน่วยความจำโปรแกรมประเภทนี้ไปทำการถอดรหัสแล้วสร้างสัญญาณควบคุมส่วนต่างๆ ตามการทำงานของแต่ละคำสั่งนั้น หน่วยความจำโปรแกรมสามารถขยายได้ 64 กิโลไบต์ และจำนวนไบต์ต่ำ 4 กิโลไบต์จะอยู่ภายในชิพ MCS-51 (สำหรับ MCS-51 แบบ 20 ขา สามารถใช้งานหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมได้สูงสุด 4 กิโลไบต์ โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเป็นหน่วยความจำภายในชิพ MCS-51) และการใช้งานจะต้องเขียนข้อมูลในแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำเป็นภาษาเครื่องของ MCS-51 ตามลำดับการทำงานที่ต้องการ ซึ่งลักษณะการจัดพื้นที่ของหน่วยความจำโปรแกรม ดังรูปที่ 2.7 และรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.7 การจัดพื้นที่หน่วยความจำโปรแกรมของ MCS-51 แบบ 20 ขา

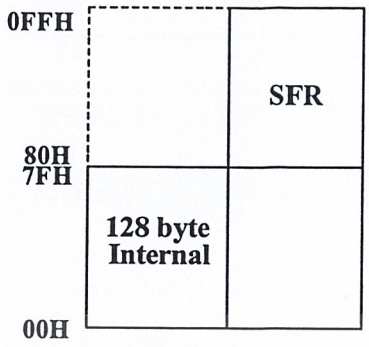


รูปที่ 2.8 การจัดพื้นที่หน่วยความจำโปรแกรมของ MCS-51 แบบ 40 ขา

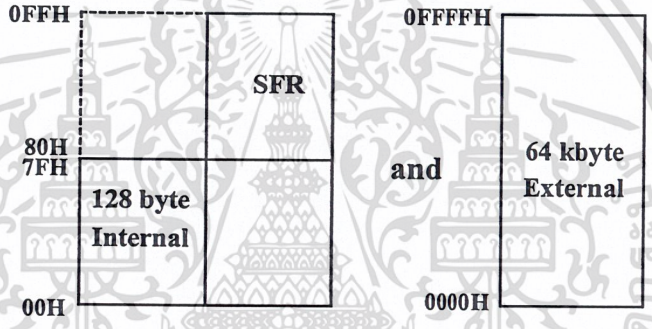
2.6.2 หน่วยความจำข้อมูล

เป็นหน่วยความจำที่ใช้สำหรับการเก็บข้อมูลสามารถทำการอ่าน และเขียนข้อมูลได้ ซึ่งมีหน่วยความจำภายในชิพ MCS-51 ทั้งแบบ 20 ขา และแบบ 40 ขา มีขนาด 128 ไบต์ สำหรับแบบ 40 ขา สามารถมีหน่วยความจำข้อมูลภายนอกชิพได้สูงสุดขนาด 64 กิโลไบต์ ดังรูปที่ 2.9 และรูปที่ 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 การจัดพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลของ MCS-51 แบบ 20 ขา



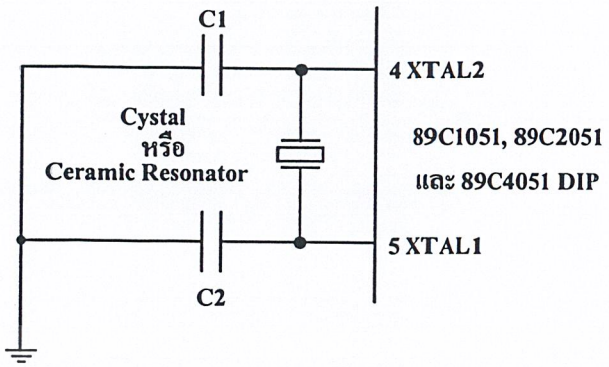
รูปที่ 2.10 การจัดพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลของ MCS-51 แบบ 40 ขา

2.7 ออสซิลเลเตอร์ และสัญญาณนาฬิกาของ MCS-51

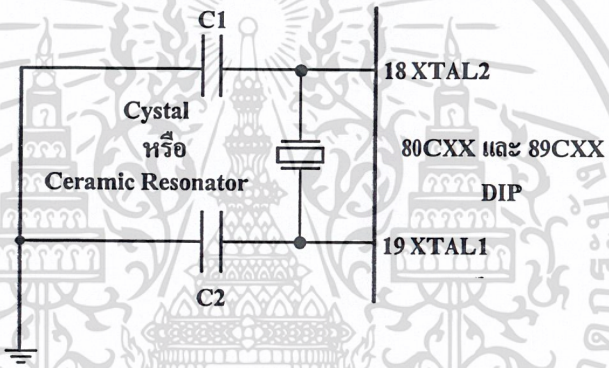
วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ซึ่งเกิดขึ้นพร้อมการทำงานภายในชิพ MCS-51 ขา XTAL1 และขา XTAL2 จะต่อกับวงจรรีโซแนนท์ เป็นออสซิลเลเตอร์ สามารถใช้กับคริสตัล (Crystal) หรือตัวเก็บประจุ ดังรูปที่ 2.11 และรูปที่ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.11 วงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน MCS-51 แบบ 20 ขา



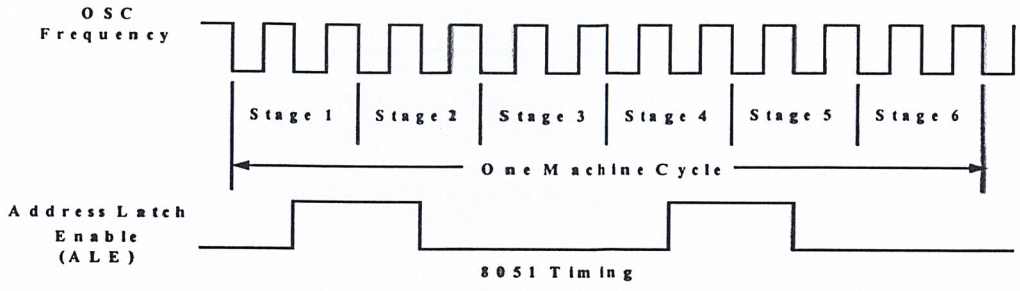
รูปที่ 2.12 วงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน MCS-51 แบบ 40 ขา

ความถี่คริสตัลเป็นตัวกำเนิดความถี่นาฬิกาภายในของ MCS-51 การออกแบบจะออกแบบให้สามารถทำงานที่ความถี่สูงสุดและต่ำสุด เช่น 1 MHz-6 MHz การสื่อสารจำเป็นต้องบอกความถี่ออสซิลเลเตอร์ เนื่องจากความต้องการให้เคาน์เตอร์ภายในคำนวณอัตราสัญญาณนาฬิกาให้เป็นบอร์ดมาตรฐาน ถ้าความถี่นาฬิกาหารแล้วเหลือเศษความถี่การสื่อสารจะไม่มาตรฐาน

เซรามิกรีโซแนนท์ถูกนำมาใช้งานอย่างกว้างขวางเพราะมีราคาถูก แต่เสถียรภาพทางความถี่ลดลงไม่แน่นอน ถ้าเป็นการสื่อสารแบบอนุกรมด้วยความเร็วสูงอาจจะเกิดภาวะวิกฤติขึ้นได้ ออสซิลเลเตอร์ที่เป็นแบบคริสตัล, ตัวเก็บประจุ และอินเวอร์เตอร์บนชิพ โดยจะมีหน้าที่สร้างขบวนพัลส์ที่ความถี่คริสตัล ดังรูปที่ 2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

43159



รูปที่ 2.13 ช่วงเวลาของสัญญาณนาฬิกาใน 1 แมชชีนไซเคิล

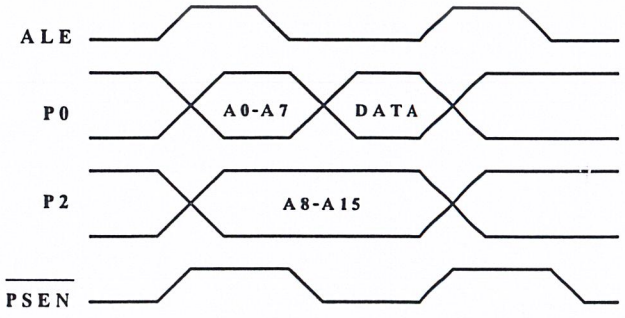
รอบการทำงานของคำสั่ง เป็นค่าที่น้อยที่สุดในการทำคำสั่งหนึ่ง ถ้าเป็นคำสั่งที่ซับซ้อนมากจะใช้เวลานาน 2-3 แมชชีนไซเคิล โดยใน 1 แมชชีนไซเคิล จะประกอบด้วยสัญญาณนาฬิกาจำนวน 12 ลูก โดยสัญญาณนาฬิกาแต่ละลูกเรียกว่า เฟส (Phase) สัญญาณนาฬิกา 2 เฟส รวมกันเป็น 1 สเตท (State) เพราะฉะนั้นใน 1 แมชชีนไซเคิลจึงมี 6 สเตท ดังรูปที่ 2.13

2.8 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 กับหน่วยความจำภายนอก

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบ 40 ขา สามารถติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกได้ 2 ส่วน คือ หน่วยความจำโปรแกรมภายนอก และหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ในการใช้งานอาจจะต่อการใช้งานร่วม หรือต่อแยกการใช้งานก็ได้

2.8.1 สัญญาณในการเชื่อมต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

ในการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ข้อสำคัญคือ จะต่อขาสัญญาณควบคุมหน่วยความจำโปรแกรมให้ถูกต้อง สามารถตรวจดูสัญญาณการเชื่อมต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 สัญญาณการเชื่อมต่อกับหน่วยความจำโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการต่อสัญญาณควบคุม และการทำงานสามารถแบ่งลักษณะตามขาดังนี้

1) สัญญาณ $\overline{CE}$ (Chip Enable) สัญญาณที่ทำหน้าที่เลือกให้อีพรอมทำงาน โดยถ้าขานี้แอคทีฟหรือระดับลอจิกต่ำจะยอมให้หน่วยความจำโปรแกรมทำงานปกติ แต่ถ้าระดับลอจิกสูงจะไม่มีการทำงานใดๆ ภายในหน่วยความจำโปรแกรม

2) สัญญาณ $\overline{OE}$ (Output Enable) เมื่อขาสัญญาณนี้แอคทีฟหรือระดับลอจิกต่ำ ทำให้มีการนำข้อมูลภายในตำแหน่งที่ถูกระบุด้วย บัสตำแหน่งหน่วยความจำส่งมายังบัสข้อมูลของหน่วยความจำโปรแกรม

3) สัญญาณ A0-A15 ขาสัญญาณนี้เป็นขาตำแหน่งหน่วยความจำ ที่จะใช้เป็นตัวกำหนดตำแหน่งทั้งหมดของข้อมูลที่อยู่ภายในหน่วยความจำโปรแกรม

4) สัญญาณ D0-D7 ขาสัญญาณนี้เป็นขาที่ใช้สำหรับการรับ และส่งค่าของข้อมูลออกจากหน่วยความจำให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์

5) สัญญาณ $\overline{EA}$ (External Access Enable) ใช้ในการกำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์อ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกหรือหน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งหากเป็นระดับลอจิกต่ำจะอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก และถ้าเป็นลอจิกสูงจะอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายใน และมีการใช้งานตำแหน่งหน่วยความจำที่อยู่ในช่วงที่สูงสุดเกินค่าสูงสุดของหน่วยความจำโปรแกรมภายใน ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการอ่านคำสั่ง หรือข้อมูลตำแหน่งที่สูงเกินกว่าค่าสูงสุดมาจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกโดยอัตโนมัติ

6) สัญญาณ $\overline{PSEN}$ (Program Strobe Enable) ขาสัญญาณนี้จะใช้ในการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก และจะทำงานที่ระดับลอจิกต่ำ

7) สัญญาณ P0.0-P0.7 ขาสัญญาณนี้จะใช้ในการกำหนดค่าของตำแหน่งหน่วยความจำไบต์ต่ำ (A0-A7) ของหน่วยความจำ และใช้เป็นบัสข้อมูลในการรับส่งข้อมูล

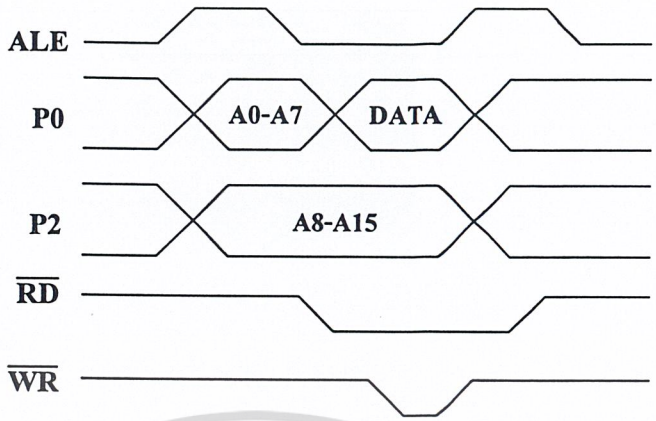
8) สัญญาณ P2.0-P2.7 ขาสัญญาณนี้จะใช้ในการกำหนดค่าของตำแหน่งหน่วยความจำไบต์สูง (A8-A15) ของหน่วยความจำโปรแกรม

9) สัญญาณ ALE (Address Latch Enable) ขาสัญญาณนี้ใช้ควบคุมการแลตช์ค่าของตำแหน่งหน่วยความจำไบต์ต่ำ

2.8.2 สัญญาณในการเชื่อมต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

ในการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ข้อสำคัญ คือ จะต้องต่อขาของสัญญาณควบคุมหน่วยความจำข้อมูลให้ถูกต้อง สามารถตรวจดูสัญญาณเชื่อมต่อขาสัญญาณได้ ดังรูปที่ 2.15 ซึ่งเป็นลักษณะของขาสัญญาณควบคุมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 สัญญาณการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

โดยสามารถแบ่งลักษณะตามขาของสัญญาณดังนี้

1) สัญญาณ $\overline{CE}$ (Chip Enable) เมื่อขาสัญญาณนี้ทำหน้าที่ในการเลือกให้แรมทำงานโดยถ้าขานี้แอคทีฟ หรือระดับ ลอจิกต่ำจะยอมให้แรมทำงานปกติ แต่ถ้ามีระดับลอจิกสูงจะไม่มีการทำงานใดๆ ภายในหน่วยความจำข้อมูล

2) สัญญาณ $\overline{EA}$ (External Access) เมื่อขาสัญญาณนี้แอคทีฟหรือเป็นระดับลอจิกต่ำ จะทำให้มีการนำข้อมูลภายในตำแหน่งที่ถูกระบุด้วยบัสตำแหน่งหน่วยความจำ ส่งมายังบัสข้อมูลของหน่วยความจำข้อมูล

3) สัญญาณ $\overline{WR}$ (Write Enable) เมื่อขาสัญญาณนี้แอคทีฟ หรือมีสัญญาณลอจิกต่ำ จะทำการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำในตำแหน่งที่ถูกระบุด้วยบัสตำแหน่งหน่วยความจำ

4) สัญญาณ A0-A15 ขาสัญญาณนี้จะเป็นขาตำแหน่งหน่วยความจำที่ใช้ในการกำหนดตำแหน่งทั้งหมดของข้อมูลภายในหน่วยความจำข้อมูล

5) สัญญาณ D0-D7 ขาสัญญาณนี้เป็นขานำข้อมูลเข้า และส่งออกจากหน่วยความจำข้อมูล

6) สัญญาณ P0.0-P0.7 ขาสัญญาณนี้ใช้เป็นตัวกำหนดตำแหน่งหน่วยความจำไบต์ต่ำ (A0-A7) ของหน่วยความจำ และใช้เป็นบัสข้อมูล

7) สัญญาณ P2.0-P2.7 ขาสัญญาณนี้ใช้เป็นตัวกำหนดตำแหน่งหน่วยความจำไบต์สูง (A8-A15) ของหน่วยความจำข้อมูล

8) สัญญาณ ALE (Address Latch Enable) ขาสัญญาณนี้ใช้สำหรับควบคุมการแลตช์ค่าตำแหน่งหน่วยความจำไบต์ต่ำ

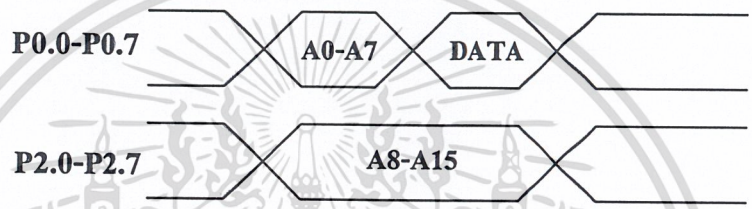
9) สัญญาณ P3.6 ($\overline{RD}$) ขาสัญญาณนี้ใช้สำหรับการควบคุมการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10) สัญญาณ P3.7 ($\overline{WR}$) ขาสัญญาณนี้ใช้สำหรับควบคุมการอ่านข้อมูลออกมาจากหน่วยความจำข้อมูล

2.8.3 การเชื่อมต่อกับหน่วยความจำโปรแกรม และหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ระบบบัสตำแหน่งหน่วยความจำ และบัสข้อมูลของ MCS-51 เป็นลักษณะของการมัลติเพล็กซ์จากพอร์ตเดียวกัน คือ ในระยะเริ่มต้นของเส้นสัญญาณของพอร์ตจะใช้ส่งค่าของแอดเดรสตำแหน่งที่ต้องการติดต่อด้วย ในช่วงเวลาต่อมาจึงจะเปลี่ยนเป็นสภาวะอิมพีแดนซ์สูงเพื่อใช้งานสถานะของบัสข้อมูล ซึ่งจะมีลักษณะ ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 การมัลติเพล็กซ์บัสตำแหน่งหน่วยความจำ และบัสข้อมูลของพอร์ต 0

แต่เนื่องจาก หน่วยความจำโปรแกรม ที่ใช้งานทั่วไปนั้นไม่ใช้การมัลติเพล็กซ์ และมีขาสัญญาณบัสตำแหน่งหน่วยความจำ และบัสข้อมูลแยกออกจากกันโดยชัดเจน ดังนั้นการเชื่อมต่อหน่วยความจำเพื่อทำหน้าที่เป็นหน่วยความจำโปรแกรม จึงจำเป็นต้องมีวงจรแลตช์สัญญาณประกอบเพิ่มเติมขึ้น เพื่อทำการค้างค่าของตำแหน่งหน่วยความจำที่ส่งออกมาจากชิพ MCS–51 ในช่วงแรกไว้ เพื่อส่งต่อให้กับขาสัญญาณตำแหน่งหน่วยความจำของหน่วยความจำโปรแกรมต่อไป

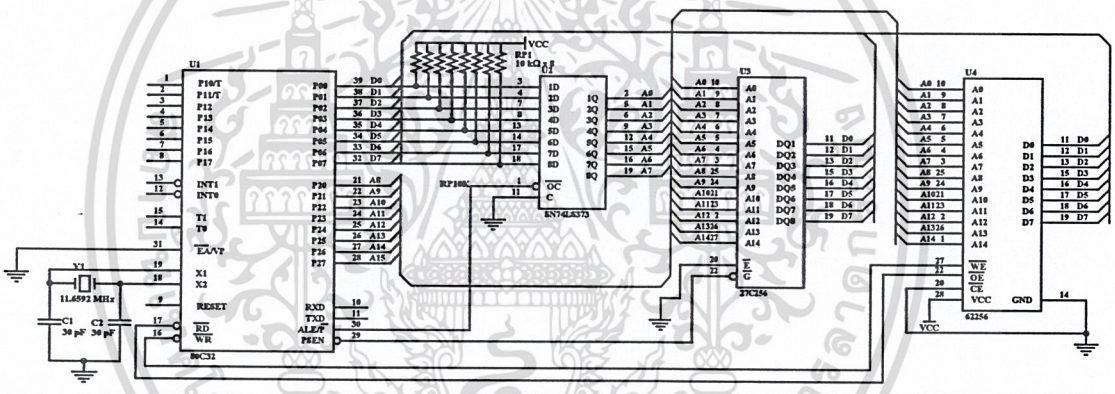
การติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกชิพ MCS-51 จะสังเกตว่าในช่วงเวลาของแมชชีนไซเคิลหนึ่งๆ นั้น MCS-51 ซึ่งมีการนำข้อมูลมาถึงสองครั้งด้วยกันดังนั้นการทำงานของ MCS-51 จึงอ่านข้อมูลโปรแกรมเป็นทวีคูณเสมอในช่วงของเวลาเริ่มต้นของการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก ที่พอร์ต 0 จะเป็นค่าตำแหน่งหน่วยความจำไบต์ต่ำ (A0-A7) และช่วงเวลาต่อมาจึงจะเป็นบัสข้อมูล การส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำไบต์นี้จะอยู่ในช่วงเวลาของขอบลอจิกต่ำ ดังนั้นการออกแบบวงจรจะใช้สัญญาณ ALE ในการทำให้ไอซีแลตช์ภายนอกค้างระดับสัญญาณของตำแหน่งหน่วยความจำไบต์ต่ำเหล่านี้ไว้ ส่วนสัญญาณ $\overline{PSEN}$ จะใช้ในการควบคุมให้หน่วยความจำโปรแกรมทำงาน และอ่านค่าข้อมูลกลับมา

เมื่อสัญญาณ $\overline{PSEN}$ เป็นระดับลอจิกต่ำหน่วยความจำโปรแกรม จะทำการถอดรหัสค่าตำแหน่งหน่วยความจำ และส่งข้อมูลที่ตำแหน่งนั้นออกมาโดยสัญญาณ $\overline{PSEN}$ นี้จะค้างสภาวะการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นลอจิกต่ำไว้ช่วงเวลาหนึ่งเพื่อให้ข้อมูลถูกส่งออกมาจากหน่วยความจำโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว จึงกลับไปเป็น ลอจิกสูงตามเดิม และในช่วงจังหวะขึ้นของสัญญาณ $\overline{\text{PSEN}}$ ชิพ MCS-51 จะทำการสุ่มอ่านข้อมูลเข้ามาสำหรับข้อมูลทางพอร์ต 2 ซึ่งจะเป็นค่าตำแหน่งหน่วยความจำไบต์สูง (A8-A15) นั้น จะถูกส่งออกมาในช่วงกึ่งกลางที่สัญญาณ ALE เป็นลอจิกสูง ซึ่งจะเป็นเวลาใกล้เคียงที่ใช้กับการส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำไบต์ต่ำออกทางพอร์ต 0 สำหรับค่าตำแหน่งหน่วยความจำของพอร์ต 2 นั้น จะค้างค่าอยู่ตลอดช่วงรอบเวลาของการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรม

ในกรณีการเชื่อมต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก จะเหมือนกับการเชื่อมต่อหน่วยความจำโปรแกรม จะแตกต่างกันที่สัญญาณควบคุมการอ่านและการเขียนข้อมูลเท่านั้น ลักษณะการเชื่อมต่อหน่วยความจำโปรแกรม และหน่วยความจำข้อมูลจะเป็นลักษณะดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 การเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูล และหน่วยความจำโปรแกรม

2.9 ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์

ภายในชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะมีไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 2 ตัว ขนาด 16 บิต คือ ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 0 และไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 1 ส่วนเบอร์ 8032/8052 จะมีเพิ่มอีก 1 ชุด คือ ไทม์เมอร์เคาน์เตอร์ 2 ขณะที่แต่ละ ไทม์เมอร์เคาน์เตอร์ สามารถที่จะติดตั้งให้ทำงานได้เป็นตัวจับเวลา หรือตัวนับก็ได้ โดยวิธีการเซตหรือการเคลียร์บิตที่ตัวควบคุมในรีจิสเตอร์ TMOD ในกลุ่ม SFR

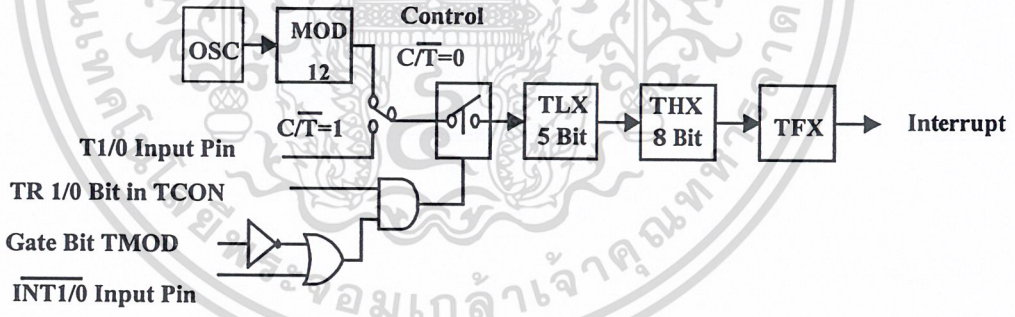
ในฟังก์ชั่นไทม์เมอร์ ตัวรีจิสเตอร์จะเพิ่มค่าทุกๆ รอบของแมชชีนไซเคิล ดังนั้นค่าของตัวเลขในรีจิสเตอร์จะเป็นจำนวนของรอบแมชชีนไซเคิล และเนื่องจากแต่ละรอบแมชชีนไซเคิลประกอบด้วย 12 คาบออสซิลเลเตอร์ อัตราการนับแต่ละครั้งจะใช้เวลา 1/12 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในฟังก์ชั่นตัวนับรีจิสเตอร์จะเพิ่มค่าทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะจาก “1” เป็น “0” ที่เข้ามาที่ขา T0 หรือ T1 ในฟังก์ชั่นนี้สัญญาณภายนอกที่เข้ามาจะถูกสุ่ม (Sampling) ระหว่างช่วง S5P2 ของทุกรอบแมชชีนไซเคิล โดยถ้าสุ่มสัญญาณเข้ามาเป็นระดับสูงในหนึ่งรอบ ดังนั้นถ้าในหนึ่งรอบต่อมาของสัญญาณเข้าเป็นระดับต่ำ รีจิสเตอร์จะนับเพิ่มหนึ่งค่า โดยที่ค่าใหม่ของตัวนับจะปรากฏที่รีจิสเตอร์ช่วง S3P1 ของรอบแมชชีนไซเคิล ซึ่งค่าหนึ่งๆ ที่รับเข้าไป จะต้องใช้เวลา 2 แมชชีนไซเคิล (เท่ากับ 24 คาบ) ในการรับส่งช่วงการเปลี่ยน 1 เป็น 0 ดังนั้น ค่าสูงสุดในการนับจะมีอัตรา 1/24 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ และสัญญาณอินพุตที่นับนั้นจะไม่มีช่วงระยะห่างที่แน่นอนของดิวตี้ไซเคิล แต่จะถูกนับเมื่อระดับแรงดันที่ถูกสุ่มในแต่ละครั้งต้องมีช่วงคงที่อย่างน้อย 1 รอบแมชชีนไซเคิลก่อนที่จะเปลี่ยนค่าระดับแรงดันใหม่ในการเลือกทำงานระหว่างไทม์เมอร์กับเคาน์เตอร์จะเลือกได้ 4 โหมด คือ โหมด 0, โหมด 1, โหมด 2 และโหมด 3

2.9.1 โหมด 0

ในโหมด 0 จะเป็นการใช้งานไทม์เมอร์ขนาด 13 บิต โดยใช้ไทม์เมอร์ไบต์สูง (THX) ขนาด 18 บิต ต่ออนุกรมกับไทม์เมอร์ไบต์ต่ำ (TLX) อีก 5 บิต (บิต 0-บิต 4) รวม 13 บิต ส่วนบิตที่เหลือไทม์เมอร์ต่ำไม่ถูกนำมาใช้งาน ลักษณะการทำงานของไทม์เมอร์โหมด 0 ดังรูปที่ 2.18

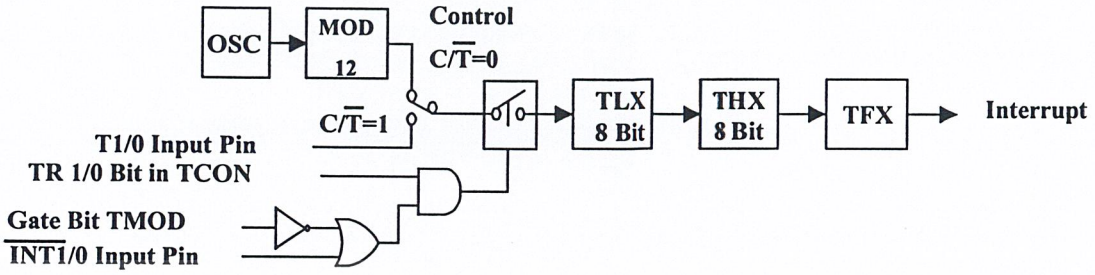


รูปที่ 2.18 การทำงานของไทม์เมอร์โหมด 0

2.9.2 โหมด 1

ในโหมด 1 เป็นการใช้งานไทม์เมอร์ขนาด 16 บิต ซึ่งจะทำงานเหมือนกับโหมด 0 (ต่างกันที่โหมด 1 จะใช้ทั้ง 16 บิต) สัญญาณนาฬิกาจะป้อนให้รีจิสเตอร์ไทม์เมอร์ที่เกิดจาก TLX และ THX ต่อกัน เมื่อได้รับสัญญาณนาฬิกาไทม์เมอร์จะเริ่มนับจาก 0000H ไปเรื่อยๆ จนถึง 0FFFFH ในรีจิสเตอร์ไทม์เมอร์ (THX และ TLX) สามารถที่จะทำการอ่าน หรือเขียนโดยใช้ซอฟต์แวร์ เช่นเดียวกัน ซึ่งลักษณะการทำงานของไทม์เมอร์โหมด 1 ดังรูปที่ 2.19

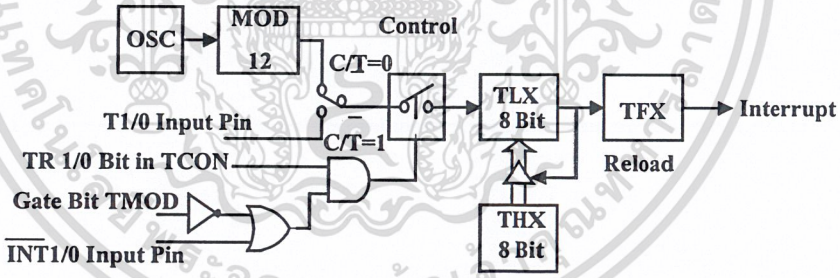
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 การทำงานของไทม์เมอร์โหมด 1

2.9.3 โหมด 2

ในโหมด 2 ใช้งานไทม์เมอร์ขนาด 8 บิต โดยใช้ไบต์สูงเก็บค่าที่ต้องการให้โหลดใหม่เมื่อเกิดโอเวอร์โฟลว์ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อการนับเปลี่ยนจาก 0FFH เป็น 00H แฟล็กของไทม์เมอร์เซต และค่าใน THX จะถูกโหลดเข้าไปเก็บไว้ใน TLX อัตโนมัติ ซึ่งลักษณะการทำงานของไทม์เมอร์ โหมด 2 ดังรูปที่ 2.20

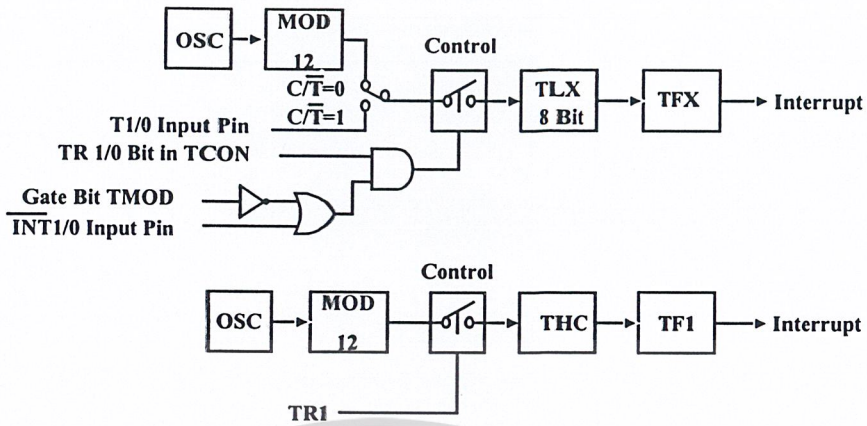


รูปที่ 2.20 การทำงานของไทม์เมอร์โหมด 2

2.9.4 โหมด 3

ในโหมด 3 จะเป็นการแยกไทม์เมอร์ให้เป็นอิสระจากกัน โดยในโหมด 3 นี้ไทม์เมอร์ 0 จะถูกแยกเป็นไทม์เมอร์ขนาด 8 บิต 2 ชุด คือ TL0 และ TH0 ไทม์เมอร์ทั้ง 2 ชุดจะทำงานแยกจากกันอย่างอิสระ โดยแฟล็ก TF0 จะเซตเมื่อ TL0 เกิดการโอเวอร์โฟลว์ และแฟล็ก TF1 จะเซตเมื่อ TH0 เกิดการ โอเวอร์โฟลว์ ลักษณะการทำงานของไทม์เมอร์โหมด 3 ดังรูปที่ 2.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 การทำงานของไทม์เมอร์โหมด 3

การทำงานของไทม์เมอร์โหมด 3 นี้ไทม์เมอร์ 1 จะหยุดการทำงานแต่ยังสามารถใช้งานได้ โดยสั่งให้ทำงานในโหมดอื่น แต่แฟล็กโอเวอร์โฟลว์ของไทม์เมอร์ 1 จะไม่มีผลต่อไทม์เมอร์ 1 เมื่อเกิดการโอเวอร์โฟลว์ขึ้น (เนื่องจากเมื่ออยู่ในโหมด 3 แฟล็กโอเวอร์โฟลว์ของตัวจับเวลา 1 จะต่ออยู่กับ TH0) การใช้งานแบบนี้เหมือนกับมีไทม์เมอร์ขนาด 8 บิต ให้ใช้งานถึง 3 ชุด โดยใช้งานไทม์เมอร์ 0 ในโหมด 3 ให้ทำงานในส่วนที่ต้องการ ส่วนไทม์เมอร์ 1 อาจใช้เป็นตัวกำเนิดอัตราบอด (Baud Rate Generator) ในการใช้งานพอร์ตอนุกรม หรือจะใช้งานอื่นๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับการอินเตอร์รัพต์ได้

2.10 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

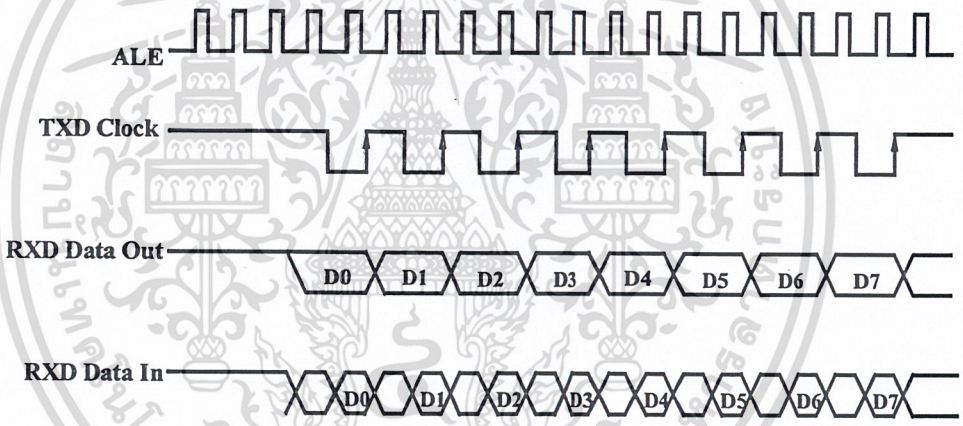
ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีพอร์ตอนุกรม ที่สามารถสั่งให้ทำงานได้หลายโหมดอยู่ภายในชิพ ซึ่งการทำงานจะเป็นการรับส่งข้อมูลแบบ 2 ทิศทาง สามารถที่จะรับ และส่งข้อมูลได้พร้อมกันในการทำงานจะมีรีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ในการรับข้อมูล มาเก็บไว้ในบัฟเฟอร์ ในขณะที่กำลังรับข้อมูลต่อไป เมื่อหน่วยประมวลผลกลางอ่านข้อมูลตัวแรกออกไป ก่อนที่การจะรับข้อมูลตัวต่อไปจนเสร็จ ส่วนบัฟเฟอร์อีกตัวหนึ่งจะใช้สำหรับการเก็บข้อมูลก่อนที่จะส่งออกไป บัฟเฟอร์ทั้งทางด้านรับ และด้านส่ง คือ รีจิสเตอร์ SBUF (Serial Port Buffer) ซึ่งจะอยู่ในตำแหน่งแอดเดรสที่ 99H ในรีจิสเตอร์ SFR

การทำงานของการรับส่งข้อมูลทางพอร์ตอนุกรมในชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะมีความสะดวก โดยผู้ใช้สามารถกำหนดการทำงานได้ซึ่งมีการทำงาน 4 ประเภทดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10.1 โหมด 0

ในการใช้งานโหมด 0 จะต้องกำหนดบิต SM0 และ SM1 ที่อยู่ในรีจิสเตอร์ SCON มีค่าเป็น 0 ทั้งคู่ ซึ่งจะทำให้รีจิสเตอร์ SBUF รับ หรือส่งข้อมูลได้ขนาด 8 บิต โดยใช้ขา RXD ต่อกับสายสัญญาณที่จะใช้ส่งข้อมูลภายนอก ส่วนขา TXD จะใช้ต่อวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา ที่อยู่ภายในชิพ MCS-51 โดยใช้ส่งสัญญาณนาฬิกากำหนดความถี่อ้างอิงในการส่งข้อมูลออกมาภายนอก ซึ่งความถี่ที่ส่งออกมาที่ขา TXD จะมีค่าเท่ากับ 1/12 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ เมื่อทำการส่งข้อมูลออกข้อมูลจะถูกเลื่อนออกมาทีละบิตผ่านขา RXD ในเวลาเดียวกัน สัญญาณพัลส์จะถูกส่งออกมาทางขา TXD ด้วย และในเวลาเดียวกัน เมื่อรับข้อมูลเข้าจะรับทางขา RXD การรับข้อมูลจะเกิดขึ้นเมื่อเซตให้ REN = 1 และ RI = 0 เมื่อบิต RI ถูกเคลียร์ สัญญาณพัลส์จะถูกส่งออกที่ขา TXD เพื่อทำการซิงโครไนซ์กับข้อมูลที่รับเข้ามาที่ขอบขาบวกของพัลส์ ลักษณะดังรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 การทำงานของพอร์ตอนุกรมโหมด 0

2.10.2 โหมด 1

ในการใช้งานโหมด 1 จะต้องกำหนดบิต SM0 และบิต SM1 ในรีจิสเตอร์ SCON มีค่าเป็น 0 และ 1 ซึ่งการกำหนดให้รีจิสเตอร์ SBUF สามารถมีการรับส่งข้อมูลได้ขนาด 10 บิต เป็นรูปแบบการรับส่งข้อมูล 2 ทิศทาง ซึ่งสามารถรับ และส่งข้อมูลในเวลาเดียวกัน (ต่างกับโหมด 0 คือ จะสามารถรับหรือส่งในเวลาหนึ่งๆ ได้เพียงอย่างเดียวเท่านั้น) โดยใช้ขา RXD รับสัญญาณอนุกรมที่เข้ามา และ TXD ส่งข้อมูลแบบอนุกรมออกไปภายนอก

การส่งข้อมูลจะเริ่มต้นด้วยการส่งบิตเริ่มต้นออกไปก่อน แล้วตามด้วยบิตข้อมูลอีก 8 บิตจากนั้นจึงส่งบิตหยุด ส่วนแฟล็ก T1 จะเซตเมื่อส่งข้อมูลครบทั้ง 10 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรับส่งข้อมูลจะเริ่มจากขอบขาขึ้นของบิตเริ่มต้น เมื่อครบทั้ง 8 บิต แล้วเกิดสภาวะดังนี้

1) บิตที่ 9 (Stop Bit) จะถูกเก็บไว้ใน RB8 ของ SCON

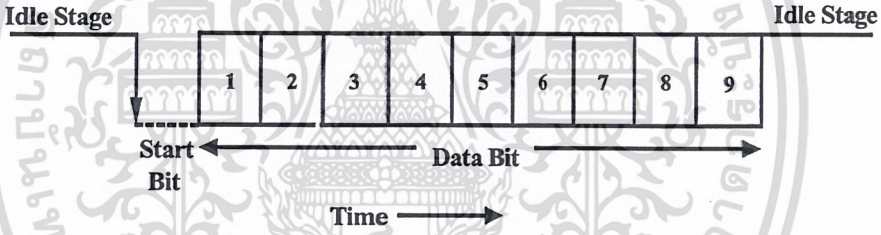
2) SBUF จะทำการโหลดข้อมูลทั้ง 8 บิต ไปเก็บไว้

3) แฟล็ก RI จะเซตเป็น “0” เสมอ

4) แฟล็ก RI = 0

5) SM2 = 1 และ Stop Bit ที่รับเข้ามาเป็น 1 หรืออีกกรณีหนึ่ง SM2 = 0

ถ้าไม่เกิดทั้ง 2 กรณี การรับส่งข้อมูลจะสมบูรณ์ ถ้าเกิดทั้งสองกรณี บิตหยุดจะเก็บที่ RB8 และข้อมูลเข้า SBUF และ RI จะแอคทีฟสูง ช่วงเวลานี้ไม่ว่าจะเกิดขึ้นทั้ง 2 กรณี หรือไม่ หน่วยควบคุมการรับข้อมูลจะกลับไปตรวจการเปลี่ยนแปลงสถานะการส่งข้อมูลของ RXD ใหม่ ซึ่งลักษณะการทำงานของพอร์ตอนุกรมในโหมด 1 ดังรูปที่ 2.23



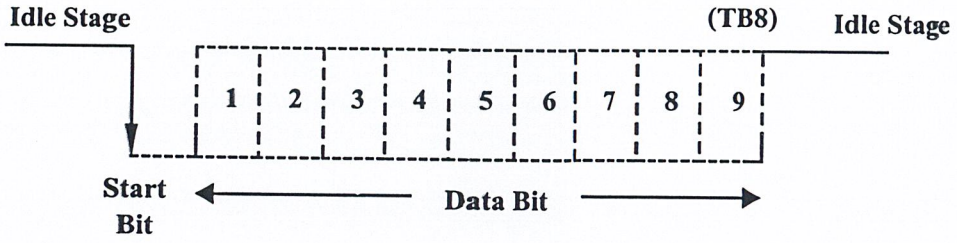
รูปที่ 2.23 การทำงานพอร์ตอนุกรมโหมด 1

2.10.3 โหมด 2

การทำงานของโหมด 2 มีการทำงานคล้ายโหมด 1 มีความแตกต่าง กันที่โหมด 2 จะเป็นการรับส่งข้อมูลแบบ 11 บิต คือ บิตเริ่มต้น 1 บิต, บิตข้อมูล และบิตหยุดอีก 1 บิต เมื่อการส่งข้อมูลที่บิตที่ 9 จะได้จากบิต TB8 ในรีจิสเตอร์ SCON ส่วนเวลารับข้อมูลบิตที่ 9 จะถูกเก็บไว้ในบิต RB8

ข้อกำหนดในการเซตบิต RI ในโหมด 2 คือ บิต RI จะต้องเป็น 0 ก่อนบิตสุดท้ายที่จะเข้ามาภายในชิพ MCS-51 และบิต SM2 จะต้องเป็น 0 (หรือบิตที่ 9 ของข้อมูลที่ต้องเป็น 1) การรับส่งข้อมูลภายในโหมดนี้ส่วนมากจะใช้ในการรับส่งข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยกัน (ซึ่งจะทำการต่อสัญญาณเข้ากันโดยตรง) เนื่องจากอัตราการรับส่งข้อมูลจะสูงมากกว่าโหมด 1 โดยลักษณะการทำงานของพอร์ตอนุกรม ในโหมด 2 ดังรูปที่ 2.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 การทำงานของพอร์ตอนุกรมโหมด 2

2.10.4 โหมด 3

ในการทำงานโหมด 3 จะมีการทำงานเหมือนกับโหมด 2 ยกเว้นอัตราบอดเท่านั้น โดยจะมีความแน่นอนมากกว่าโหมด 2 โดยในการคำนวณ โหมด 1 และจะใช้ตัวจับเวลา 1 ทำการสร้างความถี่สำหรับการส่งสัญญาณแทน

2.10.5 อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูล (Buad Rate)

อัตราความเร็วของการรับส่งข้อมูลจะมีค่าที่ขึ้นอยู่กับการทำงานในแต่ละโหมดของพอร์ตการสื่อสารอนุกรมดังนี้

$$\text{อัตราการรับส่งข้อมูล โหมด 0} = \frac{\text{frequency oscillator}}{64} \qquad (2.1)$$

ในโหมด 2 ค่าความเร็วในการรับส่ง ข้อมูลขึ้นอยู่กับค่าของบิต SMOD ที่อยู่ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ PCON โดย

บิต SMOD = 0 ค่าความเร็วในการรับส่งข้อมูลจะเป็น 1/64 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ที่ใช้

บิต SMOD = 1 ค่าความเร็วในการรับส่งข้อมูลจะเป็น 1/32 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ที่ใช้

$$\text{อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล โหมด 2} = \left[\frac{2^{\text{SMOD}}\left(\text{frequency oscillator}\right)}{64}\right] \qquad (2.2)$$

อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลในโหมด 1 และ 3 จะถูกกำหนดโดยอัตราการเกิดโอเวอร์โฟลว์ของไทม์เมอร์ และมีไทม์เมอร์ 2 เป็นตัวกำหนดอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลได้อีกทำให้รีจิสเตอร์สำหรับใช้เป็นไทม์เมอร์ หรือเคาน์เตอร์ที่สามารถกำหนดอัตราการรับส่งข้อมูลรวมจำนวน 2 ตัวโดยอาจใช้ตัวหนึ่งเป็นตัวกำหนดความเร็วสำหรับการรับข้อมูล ส่วนอีกตัวหนึ่งกำหนดอัตราเร็วสำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่งข้อมูล ทำให้การรับข้อมูลมีค่าอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลที่ต่างกันได้ การใช้ไทม์เมอร์ 1 หรือไทม์เมอร์ 2 มีการกำหนดค่าอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล มีดังนี้

เมื่อไทม์เมอร์ 1 ถูกใช้เป็นตัวกำหนดอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล สำหรับการทำงานของพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมในโหมด 1 และ 3 ค่าของอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลที่ได้จะถูกกำหนดด้วยอัตราการเกิดโอเวอร์โฟลว์ของไทม์เมอร์ 1 และขึ้นอยู่กับบิต SMOD ในรีจิสเตอร์ PCON ซึ่งสามารถหาอัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูล ได้ดังนี้

$$\text{อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล โหมด 1 และโหมด 3} = \left[\frac{2^{\text{SMOD}}\left(\text{over flow timer}\right)}{32}\right] \quad (2.3)$$

เนื่องจากเมื่อเกิดโอเวอร์โฟลว์ในไทม์เมอร์ตัวใดตัวหนึ่งจะทำให้เกิดสัญญาณอินเตอร์รัพต์เพื่อบอกให้หน่วยประมวลผลกลางทราบดังนั้นจะต้องนำไทม์เมอร์ 1 มาเป็นตัวกำหนดอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลจึงไม่ควรเกิดการอินเตอร์รัพต์ขึ้นระหว่างการรับ หรือการส่งข้อมูล

การใช้งานพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรมที่พบมากนั้น ไทม์เมอร์จะถูกกำหนดการทำงานเป็นไทม์เมอร์ในโหมด 2 (Auto Reload) ในกรณีนี้อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลจะถูกกำหนดโดยสมการดังนี้

$$\text{อัตราการรับส่งข้อมูล โหมด 1 และโหมด 3} = \left[\frac{2^{\text{SMOD}}\left(\text{frequency oscillator}\right)}{32 * 12 * \left[256 - \text{TH1}\right]}\right] \quad (2.4)$$

2.11 การอินเตอร์รัพต์

กระบวนการขัดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์มีเพียง 2 วิธีที่สามารถทำการขัดจังหวะการทำงานได้ วิธีแรก คือ ใช้คำสั่งของโปรแกรมกระโดดบนสภาวะแฟล็ก และพอร์ตพิน วิธีที่สอง คือ ใช้สัญญาณการอินเตอร์รัพต์จากฮาร์ดแวร์ภายนอก ซึ่งทำให้การทำงานของโปรแกรมหลักหยุดลงชั่วขณะ และเรียกใช้โปรแกรมย่อย สำหรับเทคนิคการใช้โปแกรมคอมพิวเตอร์ในการอินเตอร์รัพต์จะต้องใช้เวลาส่วนหนึ่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ประมวลผลโปรแกรมหลักก่อน จึงจะสามารถกระโดดมาทำโปรแกรมย่อยได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในชิพ MCS-51 มีอินเตอร์รัพต์ 5 แหล่ง มี 3 แหล่งถูกสร้างโดยอัตโนมัติ โดยไทม์เมอร์แฟล็ก 0 ไทม์เมอร์แฟล็ก 1 และอินเตอร์รัพต์พอร์ตอนุกรม (RI หรือ TI) อินเตอร์รัพต์อีก 2 แหล่งถูกทริกโดยสัญญาณภายนอกโดยวงจรที่ต่อกับขา $\overline{INT0}$ และ $\overline{INT1}$ ทำหน้าที่อินเตอร์รัพต์ภายใต้การควบคุมของโปรแกรมมอนิเตอร์ ซึ่งสามารถที่จะเปลี่ยนการควบคุมในรีจิสเตอร์ IE, รีจิสเตอร์ IP และรีจิสเตอร์ TCON โปรแกรมมอนิเตอร์สามารถหยุดการอินเตอร์รัพต์ทั้งหมด หรือบางตัวจากโปรแกรมโดยการรีเซต หรือการเคลียร์บิตในรีจิสเตอร์ หลังจากอินเตอร์รัพต์ถูกจัดการโดยโปรแกรมย่อย ซึ่งทำโดยผู้เขียนโปรแกรมลงในหน่วยความจำโปรแกรม โปรแกรมการอินเตอร์รัพต์ต้องทำงานที่คำสั่งที่เกิดการอินเตอร์รัพต์โปรแกรมถูกทำโดยเก็บค่า PC ไว้บนสแตกในหน่วยความจำโปรแกรม ค่ารีจิสเตอร์ PC จะได้จากสแตกหลังใช้คำสั่ง RETI ที่อยู่ส่วนท้ายของโปรแกรมย่อย การอินเตอร์รัพต์สามารถแบ่งตามลักษณะการเกิดได้ดังนี้

2.11.1 อินเตอร์รัพต์แฟล็กไทม์เมอร์

เมื่อไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ เกิดโอเวอร์โฟลว์ ผล คือ ไทม์เมอร์แฟล็ก (TF0 และ TF1) จะเซตเป็น 1 แฟล็กถูกเคลียร์เป็น 0 เมื่ออินเตอร์รัพต์ทำให้โปรแกรมเรียกโปรแกรมย่อยของไทม์เมอร์ในหน่วยความจำโปรแกรมให้ทำงาน

2.11.2 การอินเตอร์รัพต์พอร์ตอนุกรม

เมื่อทำการรับข้อมูลแล้ว บิตอินเตอร์รัพต์ (RI) ในรีจิสเตอร์ SCON ต้องเซตเป็น 1 เมื่อทำการส่งข้อมูลเรียบร้อยแล้ว บิตอินเตอร์รัพต์ (TI) ต้องเซต และจะนำมา OR กันเพื่อหาตัวอินเตอร์รัพต์แก่หน่วยประมวลผลกลาง ซึ่งเป็นการอินเตอร์รัพต์พอร์ตอนุกรม บิตเหล่านี้จะไม่ถูกเคลียร์เมื่อมีการเรียกโปรแกรมอินเตอร์รัพต์ ถูกทำโดยหน่วยประมวลผลกลาง โปรแกรมที่จัดการสื่อสารข้อมูลอนุกรมต้องรีเซตบิต RI หรือ TI เพื่อทำข้อมูลถัดไป

2.11.3 การอินเตอร์รัพต์ภายนอก

ขา $\overline{INT0}$ และ $\overline{INT1}$ จะใช้สัญญาณจากวงจรภายนอกในการควบคุมการอินเตอร์รัพต์ การที่จะทำให้อินพุตบนขาเหล่านี้สามารถควบคุมการอินเตอร์รัพต์ได้ จะต้องเซตแฟล็ก IE0 และแฟล็ก IE1 ในรีจิสเตอร์ SCON ให้เป็น "1" แฟล็ก IEX จะทำการรีเซตเมื่อการอินเตอร์รัพต์ที่เกิดจากการเปลี่ยนลอจิก

2.11.4 การควบคุมอินเตอร์รัพต์

โปรแกรมต้องสามารถหยุดการอินเตอร์รัพต์ทั้งหมดหรือบางตัว เพื่อให้งานที่สำคัญได้ทำจนเสร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์ IE จะเก็บค่าบิตที่โปรแกรมสามารถทำการอินเตอร์รัพต์ได้ เพื่อทำให้การอินเตอร์รัพต์สามารถทำงานได้ตามต้องการ และเมื่อเลือกอินเตอร์รัพต์แล้วแหล่งอินเตอร์รัพต์แต่ละแหล่งอาจถูกเลือกหรือไม่ก็ได้

ในการเลือกการอินเตอร์รัพต์พร้อมกัน 2 แหล่งขึ้นไปอินเตอร์รัพต์ที่สำคัญกว่าจะทำให้บิตรีจิสเตอร์ IP ถูกเซตโดยอัตโนมัติ เพื่อทำให้การอินเตอร์รัพต์ที่สำคัญกว่าทำการอินเตอร์รัพต์ก่อน

2.12 การเข้าถึงข้อมูลของ MCS-51

วิธีการเข้าถึงข้อมูลในรีจิสเตอร์ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มี 5 วิธี ดังต่อไปนี้

1) การเข้าถึงข้อมูลในรีจิสเตอร์ เป็นการกำหนดเลขที่อยู่แบบรีจิสเตอร์ โดยจะให้ข้อมูลเข้าถึงโดยในรีจิสเตอร์กลุ่มที่ถูกเลือกจากการติดตั้งใช้งานในกลุ่มรีจิสเตอร์แบงก์นั้นๆ โดยแต่ละแบงก์จะมี 8 รีจิสเตอร์ และใช้บิตต่ำสุด 3 บิตแรกของรหัสคำสั่งเป็นตัวเลือกรีจิสเตอร์ที่ใช้งานตัวใดตัวหนึ่งใน 8 ตัว โดยทั้ง 3 บิตนี้จะรวมอยู่ในออปโค๊ดกับโอเปอร์แรนด์ ตำแหน่งรวมอยู่ในรูปแบบตำแหน่งสั้นๆ เพียงหนึ่งไบต์

```
MOV   A, R0
```

2) การเข้าถึงข้อมูลโดยตรง เป็นการกำหนดเลขที่อยู่โดยตรงเป็นวิธีเดียวที่สามารถเข้าถึงข้อมูลทางฮาร์ดแวร์รีจิสเตอร์ได้โดยตรง เช่น กลุ่มรีจิสเตอร์ SFR และสามารถกำหนดเลขที่อยู่โดยตรงบริเวณตำแหน่งต่างๆ ของแรมภายในจำนวน 128 ไบต์ ด้วยการใช้ไบต์โอโปรแรนด์ตัวต่อจากออปโค๊ดของคำสั่ง เป็นตัวกำหนดตำแหน่งที่ถูกเลือก

```
MOV   A, 40H
```

3) การเข้าถึงข้อมูลที่อยู่ในรีจิสเตอร์โดยอ้อม เป็นการใช้ค่าข้อมูลที่อยู่ใน R0 หรือ R1 ในแบงก์ที่ถูกติดตั้งให้ทำงานเท่านั้น โดยจะเป็นค่าดัชนี หรือตัวชี้ตำแหน่งข้อมูลภายใน 256 ไบต์ แบ่งเป็นบล็อกต่ำ จำนวน 128 ไบต์ของแรมภายใน และบล็อกสูงอีก 128 ไบต์ของหน่วยความจำข้อมูลภายใน การกำหนดการใช้แรมภายในสามารถกำหนดตัวชี้ตำแหน่งด้วยค่า R0 และ R1 ในการเลือกการทำงานจะใช้รหัสคำสั่งออปโค้ดที่บิตหลักต่ำสุด (LSB)

```
MOV   A, @R0
```

4) การเข้าถึงข้อมูลโดยทันที เป็นการใช้ค่าคงที่ที่อยู่ในหน่วยความจำข้อมูล หรือหน่วยความจำโปรแกรม และไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าเหล่านี้ได้ในระหว่างการทำงานตามโปรแกรม ในภาษาแอสแซมบลีการเรียกใช้งานการกำหนดค่าคงที่ จะเขียนสัญลักษณ์ “#” ไว้หน้าค่าคงที่ภายในโอโปรแรนด์ฟิลด์ค่าท้ายสัญลักษณ์นี้สามารถเขียนเป็นตัวเลข หรือใช้สัญลักษณ์ชื่อตัวแปร หรือใช้สูตรทางคณิตศาสตร์ที่ให้ค่าออกมาคงที่จำนวนหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOV A, #12

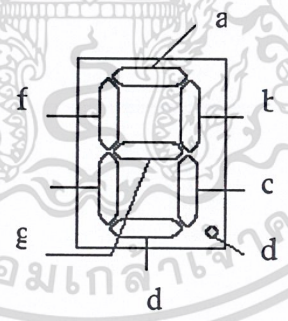
5) การเข้าถึงข้อมูลโดยใช้ ตัวชี้อ้างอิง ในการทำงานของคำสั่งนี้จะใช้ค่ารีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะด้าน คือ DPTR หรือ PC รวมกับค่าในรีจิสเตอร์ A เพื่อชี้ตำแหน่งหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลโปรแกรมซึ่งเก็บข้อมูลไว้ดังนั้น ค่าในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะด้าน DPTR หรือ PC จะต้องมีค่าเท่ากับตำแหน่งเริ่มต้นของหน่วยความจำ ส่วนที่เก็บข้อมูลที่ต้องการ ส่วนค่าในรีจิสเตอร์ A จะเป็นตัวเลือกข้อมูลที่อยู่ในหน่วย ความจำ

MOV A, @A + DPTR

MOV A, @A + PC

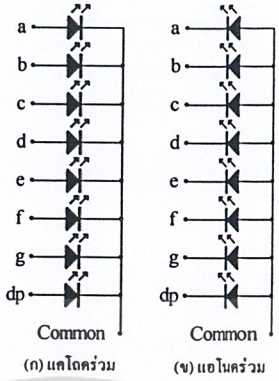
2.13 ส่วนแสดงผล 7 ส่วน

ส่วนแสดงผล 7 ส่วน (7-Segment) ประกอบขึ้นจากไดโอดเปล่งแสงจำนวน 7 ตัวที่บรรจุอยู่ในตัวถังเดียวกัน และได้รับการจัดเรียงเป็นรูปตัวเลข ไดโอดเปล่งแสงแต่ละตัวจะถูกเรียกว่าส่วน หรือเซกเมนต์ (Segment) ในแต่ละส่วน หรือเซกเมนต์มีชื่อเรียกแตกต่างกันตามตำแหน่งที่ได้รับการจัดวางคือ a, b, c, d, e, f และ g ดังรูปที่ 2.25 ส่วน dp เป็นไดโอดเปล่งแสงอีก 1 ตัวที่บรรจุในส่วนแสดงผล 7 ส่วน ใช้เป็นตัวแสดงจุดทศนิยมในกรณีที่มีการแสดงผลในลักษณะเลขที่มีทศนิยม



รูปที่ 2.25 รูปร่าง และการกำหนดชื่อเซกเมนต์ต่างๆ ของส่วนแสดงผล 7 ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

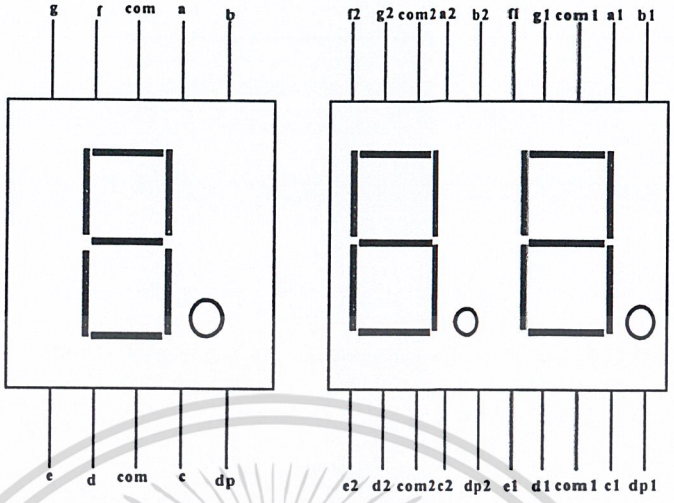


รูปที่ 2.26 วงจรภายในของส่วนแสดงผล 7 ส่วนทั้งแบบแคโถดร่วม และแอโนดร่วม

ไดโอดเปล่งแสงทุกตัวที่บรรจุอยู่ในส่วนแสดงผล 7 ส่วนนี้มีขาต่อร่วมกัน ซึ่งมีทั้งแบบต่อขาแคโถดร่วมกันเรียกว่า แบบแคโถดร่วม (Common Cathode) และแบบต่อขาแอโนดร่วมกันเรียกว่า แบบแอโนดร่วม (Common Anode) การขับให้ส่วนแสดงผล 7 ส่วนแบบแคโถดร่วมสว่างจะต้องจ่ายไฟลบเข้าที่ขาร่วมแล้วจ่ายไฟบวกเข้าที่ขาแอโนดซึ่ง คือ ขาแต่ละเซกเมนต์ ดังรูปที่ 2.26 (ก) ในขณะที่ส่วนแสดงผล 7 ส่วนแบบแอโนดร่วมจะต้องจ่ายไฟบวกเข้าที่ขาร่วม แล้วจ่ายไฟลบเข้าที่ขาแคโถด ซึ่งเป็นขาของแต่ละเซกเมนต์ ดังรูปที่ 2.26 (ข)

ส่วนแสดงผล 7 ส่วนมีจำหน่ายทั้งแบบตัวเดี่ยว, ตัวคู่ และแบบที่มีมากกว่า 2 หลัก แต่นิยมใช้งาน และหาได้ง่ายมี 2 แบบ คือ แบบตัวเดี่ยว และแบบตัวคู่โดยมีการจัดขาดังรูปที่ 2.27 จะเห็นได้ว่าส่วนแสดงผล 7 ส่วนแบบตัวเดี่ยวมีขาต่อใช้งาน 10 ขาคือ a, b, c, d, e, f, g, dp และขาร่วม (Common) ซึ่งมี 2 ขา ถ้าเป็นส่วนแสดงผล 7 ส่วนแบบตัวคู่มีขาต่อใช้งาน 20 ขา แบ่งเป็นขา a, b, c, d, e, f, g และ dp อย่างละ 2 ขารวมเป็น 16 ขา และขาร่วมอีกหลักละ 2 ขา การต่อร่วมของแต่ละหลักทั้ง 2 ขานั้น สามารถต่อใช้งานเพียงขาเดียวได้ เนื่องจากใน โครงสร้างภายในของส่วนแสดงผล 7 ส่วนขานี้ต่อถึงกันอยู่แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27 การจัดขาของส่วนแสดงผล 7 ส่วนทั้งแบบตัวเดี่ยว และตัวคู่

2.13.1 การขับส่วนแสดงผล 7 ส่วนแบบหลักเดี่ยว

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ไม่ควรนำมาขับส่วนแสดงผล 7 ส่วน โดยตรง เนื่องจากความสามารถในการจ่ายกระจ่ายกระแสเอาต์พุตไม่สูงมากนัก จึงต้องอาศัยไอซีบัฟเฟอร์ช่วยในการขับไดโอดเปล่งแสง อาทิไอซีเบอร์ 74HC541 และที่เอาต์พุตของไอซีบัฟเฟอร์ที่ต่อกับส่วนแสดงผล 7 ส่วนต้องมีตัวต้านทานจำกัดกระแสให้ไดโอดเปล่งแสง ในทุกเซกเมนต์การกำหนดให้ส่วนแสดงผล 7 ส่วนแสดงข้อมูลเป็นตัวเลข หรือเป็นสัญลักษณ์ใดๆ ก็ตามต้องมีการกำหนดรูปแบบการแสดงผลของเซกเมนต์ต่างๆ ด้วยข้อมูลแต่ละบิตของไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วใช้วิธีการเปิดตาราง หรือตารางข้อมูล (Look Up Table) ดังตารางข้อมูลของการแสดงผลตัวเลขฐานสิบหกของส่วนแสดงผล 7 ส่วนในตารางที่ 2.2

การเขียนโปรแกรมเพื่อขับส่วนแสดงผล 7 ส่วนควรใช้การเปิดตารางข้อมูลช่วยแล้วใช้การเขียนโปรแกรมหน่วงเวลาเพื่อให้ส่วนแสดงผล 7 ส่วนในเซกเมนต์ที่ถูกสั่งให้ทำงานนั้นติดสว่างนานพอให้ผู้ใช้งานเห็นข้อมูลที่แสดงผลที่ส่วนแสดงผล 7 ส่วนนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ข้อมูลการแสดงผลตัวเลข 0-F ของส่วนแสดงผล 7 ส่วนแบบแคโถดร่วม

ข้อมูลดิจิตอลเอาต์พุตสำหรับขับส่วนแสดงผล 7 ส่วน								ค่าเลขฐานสิบหกที่ใช้ กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	ตัวเลข
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0		
0	0	1	1	1	1	1	1	3FH	0
10	0	0	0	0	1	1	0	06H	1
0	1	0	1	1	0	1	1	5BH	2
0	1	0	0	1	1	1	1	4FH	3
0	1	1	0	0	1	1	0	66H	4
0	1	1	0	1	1	0	1	6DH	5
0	1	1	1	1	1	0	1	7DH	6
0	0	0	0	0	1	1	1	07H	7
0	1	1	1	1	1	1	1	7FH	8
0	1	1	0	1	1	1	1	6FH	9
0	1	1	1	0	1	1	1	77H	A
0	1	1	1	1	1	0	0	7CH	B
0	0	1	1	1	0	0	1	39H	C
0	1	0	1	1	1	1	0	5EH	D
0	1	1	1	1	0	0	1	79H	E
0	1	1	1	0	0	0	1	71H	F

2.13.2 การขับส่วนแสดงผล 7 ส่วนแบบมัลติเพล็กซ์

ในกรณีที่ต้องการให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ขับส่วนแสดงผล 7 ส่วนมากกว่า 1 หลักจะต้องใช้เทคนิคที่เรียกว่า การแสดงผลแบบมัลติเพล็กซ์ (Multiplex) อันเป็นวิธีการขับให้ไดโอดเปล่งแสงสว่างทีละหลักด้วยอัตราเร็วที่ตามนุษย์ไม่สามารถตรวจจับได้ทัน จึงดูเหมือนว่าส่วนแสดงผล 7 ส่วนทุกหลักติดสว่างในเวลาเดียวกัน

การแสดงผลแบบมัลติเพล็กซ์มีประโยชน์หลายประการดังนี้

1) ช่วยลดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ทำให้ขนาดของแหล่งจ่ายไฟเล็กลง ส่งผลให้ขนาดโดยรวมของระบบเล็กลง

2) ช่วยให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถขับส่วนแสดงผล 7 ส่วนได้มากกว่า 1 หลักโดยที่ใช้จำนวนพอร์ตเพิ่มเติมเฉพาะการติดต่อกับคอมมอนนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ลดจำนวนตัวต้านทานที่ใช้ในการจำกัดกระแสของไดโอดเปล่งแสงในแต่ละเซกเมนต์ ยกตัวอย่างส่วนแสดงผล 7 ส่วนหนึ่งหลักต้องใช้ตัวต้านทานจำกัดกระแส 8 ตัว ถ้าหากขับส่วนแสดงผล 7 ส่วน 4 หลักโดยตรง ต้องใช้ตัวต้านทานมากถึง 32 ตัว ในขณะที่หากใช้วิธีการแสดงผลแบบมัลติเพล็กซ์ ยังคงใช้ตัวต้านทานเพื่อจำกัดกระแสให้ไดโอดเปล่งแสงแต่ละเซกเมนต์เพียง 8 ตัวไม่ว่าขับส่วนแสดงผล 7 ส่วนกี่หลักก็ตาม

การขับส่วนแสดงผล 7 ส่วนแบบมัลติเพล็กซ์จะทำการต่อขาของแต่ละเซกเมนต์ร่วมกัน คือ เซกเมนต์ a ของทุกหลักจะต่อถึงกันไล่เรียงกันไปจนถึงเซกเมนต์ g ในบางงานที่ต้องใช้จุด dp ก็ต้องต่อขาของจุด dp รวมกันด้วย การควบคุมให้ส่วนแสดงผล 7 ส่วนหลักใดติดสว่าง ทำได้โดยการจ่ายไฟเข้าที่ขาร่วมของส่วนแสดงผล 7 ส่วนนั้นๆ ยกตัวอย่างหากส่วนแสดงผล 7 ส่วนที่ใช้เป็นแบบแคโถดร่วม หากต้องการให้ส่วนแสดงผล 7 ส่วนหลักที่ 3 ติดสว่างก็ส่งข้อมูลควบคุมเฉพาะขาแคโถดร่วมของหลักที่ 3 และตามด้วยข้อมูลที่ส่งเข้ามายังขาของแต่ละเซกเมนต์

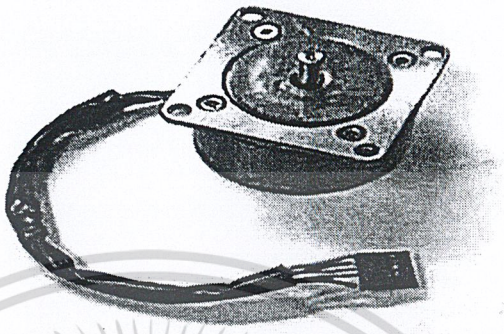
การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ควบคุมการแสดงผลในลักษณะนี้จึงเป็นการควบคุมการจ่ายไฟเข้าที่ขาร่วมของส่วนแสดงผล 7 ส่วนแต่ละหลักโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะจ่ายไฟให้แก่ขาร่วมของส่วนแสดงผล 7 ส่วนทีละหลักไล่ตามลำดับด้วยความเร็วสูงโดยผ่านทรานซิสเตอร์ ทั้งนี้การต่อทรานซิสเตอร์เพื่อขับคอมมอนนั้นยังช่วยให้ภาระในการจ่ายกระแสของไมโครคอนโทรลเลอร์ลดลงด้วย ส่วนขาของแต่ละเซกเมนต์ถูกต่อเข้ากับไอซีบัฟเฟอร์ผ่านตัวต้านทานจำกัดกระแสเช่นเดียวกับการขับแบบตัวเดี่ยวล

2.14 สเต็ปปิ้งมอเตอร์

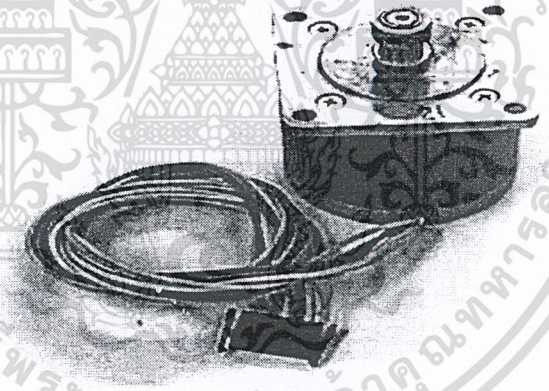
สเต็ปปิ้งมอเตอร์ (Stepping Motor) เป็นมอเตอร์ที่ขับเคลื่อนด้วยพัลส์ ลักษณะการขับเคลื่อน จะหมุนรอบแกนได้ 360 องศา มีลักษณะไม่ต่อเนื่อง แต่มีลักษณะเป็นสเต็ป โดยแต่ละสเต็ปจะขับเคลื่อนได้ 1, 1.5, 1.8 หรือ 2 องศา แล้วแต่โครงสร้างของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ลักษณะงานที่นำสเต็ปปิ้งมอเตอร์ไปใช้ จะเป็นงานที่ต้องการตำแหน่งแม่นยำ เช่น ระบบขับเคลื่อนหัวแม่พิมพ์ในเครื่องพิมพ์ (Printer) ระบบขับเคลื่อนหัวอ่านในเครื่องอ่านบันทึกเหล็ก ระบบขับเคลื่อนตำแหน่งของปากกาใน X-Y PLOTER เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.14.1 ชนิด และโครงสร้างของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

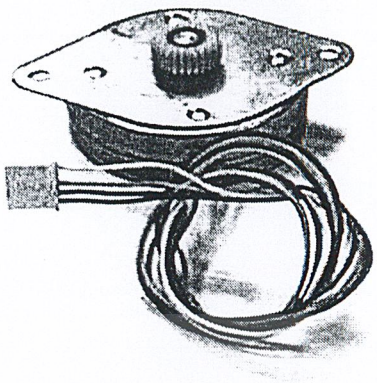


รูปที่ 2.28 สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบมีสาย 5 เส้น

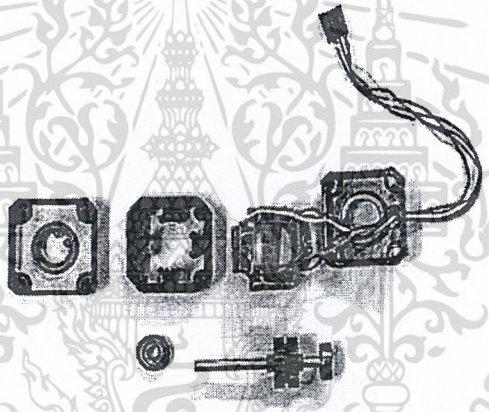


รูปที่ 2.29 สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบมีสาย 6 เส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.30 สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบหลายไบโพลาร์



รูปที่ 2.31 โครงสร้างของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

2.14.2 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ในปัจจุบันมี 3 ลักษณะดังนี้

1) แบบแม่เหล็กถาวร

สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet : PM) จะมีสเตเตอร์ (Stator) ที่พันขดลวดไว้หลายๆ โพล โดยมี โรเตอร์ (Rotor) เป็นรูปทรงกระบอก ฟันเลื่อย และโรเตอร์ทำด้วยแม่เหล็กถาวร เพื่อป้อนไฟกระแสตรง ให้กับขดสเตเตอร์ จะทำให้เกิดแรงแม่เหล็กไฟฟ้าผลักต่อโรเตอร์ ทำให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์หมุน สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรจะเกิดแรงฉุดยึดให้โรเตอร์หยุดอยู่กับที่ แม้จะไม่ได้ป้อนไฟเข้าขดลวด

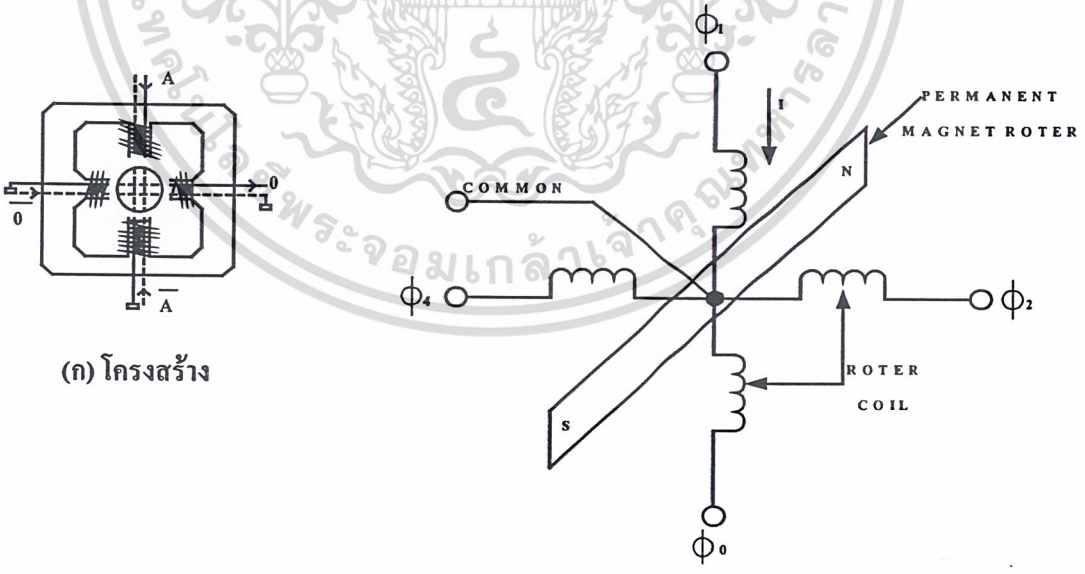
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) แบบแปรค่ารีลักแตนซ์

สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบแปรค่ารีลักแตนซ์ (Variable Reluctance : VR) จะมีการหมุนโรเตอร์ได้อย่างอิสระ แม้จะไม่ได้จ่ายไฟให้โรเตอร์ ทำจากสารเฟอร์โรแมกเนติกกำลังอ่อน มีลักษณะเป็นฟันเลื่อยรูปทรงกระบอกโดยจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับจำนวนโพลในสเตเตอร์ แรงบิดที่เกิดขึ้นจะไปหมุนโรเตอร์ไปในเส้นทางของอำนาจแม่เหล็กที่มีค่ารีลักแตนท์ต่ำที่สุด ตำแหน่งที่จะเกิดแน่นอน และมีเสถียรภาพแต่จะเกิดขึ้นได้หลายๆ จุดดังนั้นเมื่อป้อนไฟเข้าขดลวดต่างๆ ในมอเตอร์แตกต่างขดกันไป ก็ทำให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์ หมุนไปตำแหน่งต่างๆ กันโรเตอร์ของแบบแปรค่ารีลักแตนซ์ จะมีความเฉื่อยของโรเตอร์น้อยจึงมีความเร็วรอบสูงกว่าสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบแปรค่ารีลักแตนซ์

3) แบบผสม

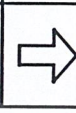
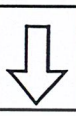
สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบผสม (Hybrid : H) จะเป็นลูกผสมของแบบแปรค่ารีลักแตนซ์ กับแบบแม่เหล็กถาวรโดยจะมีสเตเตอร์คล้ายกับที่ใช้ในแบบแปรค่ารีลักแตนซ์โรเตอร์มีหมวกหุ้มปลายซึ่งมีลักษณะของสารแม่เหล็กที่มีกำลังสูง โดยการควบคุมขนาดรูปร่างของหมวกแม่เหล็กอย่างดีทำให้ได้มุมการหมุน แต่ละครั้งน้อย และแม่นยำ ข้อดี คือ ให้แรงบิดสูง และมีขนาดกระทัดรัด และให้แรงฉุดยึดโรเตอร์นิ่งกับที่ตอนไม่จ่ายไฟ



รูปที่ 2.32 โครงสร้าง และวงจรเทียบเท่าของมอเตอร์ชนิด 4 ขด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 มุมของโรเตอร์เทียบกับกระแสไฟฟ้าที่จ่ายแก่เฟสต่างๆ 8 ตำแหน่ง

เฟสที่จ่ายกระแสไฟฟ้า	ϕ_1	$\phi_1\phi_2$	ϕ_2	$\phi_2\phi_3$	ϕ_3	$\phi_3\phi_4$	ϕ_4	$\phi_4\phi_1$
ตำแหน่งโรเตอร์								

จากลักษณะของมุมโรเตอร์หมุนกับกระแสไฟที่ป้อนแก่เฟสต่างๆ จะสามารถสั่งงานให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์หมุนได้ 3 อย่าง คือ

1) แบบจ่ายกระแสไฟให้เฟสเดียววนเวียนกันไป

เรียก One-Excitation หรือ Half Drive คือ f1, f2, f3 และ f4 การ One Excitation แบบนี้แรงบิดจะน้อย

2) แบบจ่ายกระแสไฟให้พร้อมกันทีเดียว 2f

เรียก Two-Excitation หรือ Full Step คือ f1f2, f2f3, f3f4 และ f4f1 หมุนเวียนกันไป แบบนี้แรงบิดจะมาก

3) แบบจ่ายกระแสไฟให้ทีละ 1 เฟส สลับกับ 2 เฟส

เรียก One-Two Excitation หรือ Half Step เหมือนรูปแสดงของมุมโรเตอร์ แต่แบบนี้จำนวนสเต็ปทวนเข็มจะเป็นตรงกันข้าม

ตารางที่ 2.4 มุมของโรเตอร์

เฟส	ϕ4	ϕ3	ϕ2	ϕ1
ϕ1	1	0	0	1
ϕ2	0	0	1	0
ϕ3	0	1	0	0
ϕ4	1	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

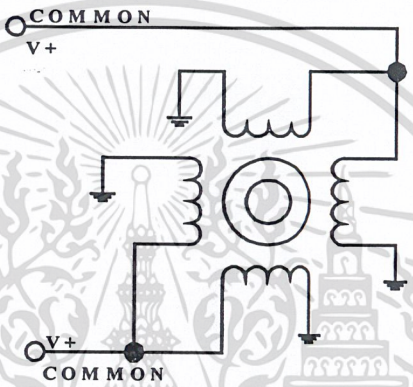
การตรวจสอบหาสายขาร่วม (Common) และสายกราวด์ (Ground) ของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร (แบบแกนโรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวร)

โดยทั่วไปสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร มี 2 ชนิด คือ

1) ชนิดที่เป็นคอมมอนภายนอก สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบนี้มีสายอยู่ 6 เส้น คือ

1.1) สายที่เป็นคอมมอน 2 เส้น

1.2) สายที่เป็นกราวด์ 4 เส้น



รูปที่ 2.33 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ ชนิดมีสาย 6 เส้น

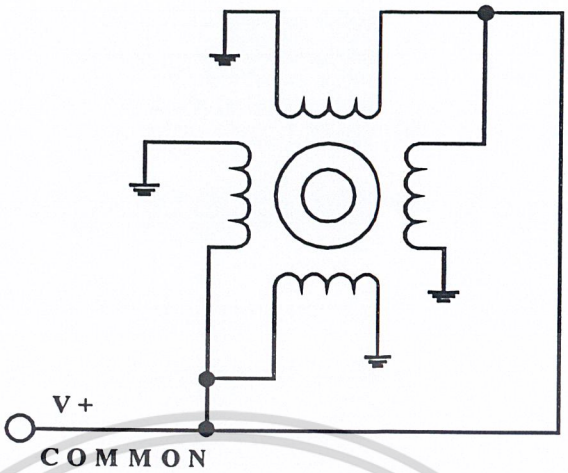
สายคอมมอน 1 เส้น จะขับ สายกราวด์ 2 เส้น ในการตรวจสอบให้ใช้มิเตอร์วัดหาสายที่เป็น คอมมอนก่อนโดยการตั้งย่านของมิเตอร์ที่ R * 1 จับที่สายทีละคู่ หากวัดสายคอมมอนเทียบกับสายกราวด์ได้ถูกต้องค่าความต้านทานที่อ่านได้จะน้อย แต่ถ้าวัดผิดสาย คือ วัดสายกราวด์เทียบกับกราวด์ ค่าความต้านทานที่อ่านได้จะสูงกว่าแต่ถ้าวัดสายคอมมอน เทียบกับสายกราวด์ ที่ไม่ใช่คู่กันแล้ว เข็มมิเตอร์ก็จะไม่กระดิกให้ทดลองวัดเปรียบเทียบกันทีละคู่ จะทำให้ทราบว่าสายใดเป็นสายคอมมอน สายใดเป็นสายกราวด์

2) ชนิดที่เป็นคอมมอนภายใน สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบนี้มีสายอยู่ 5 เส้น คือ

2.1) สายที่เป็นคอมมอน 1 เส้น

2.2) สายที่เป็นกราวด์ 4 เส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



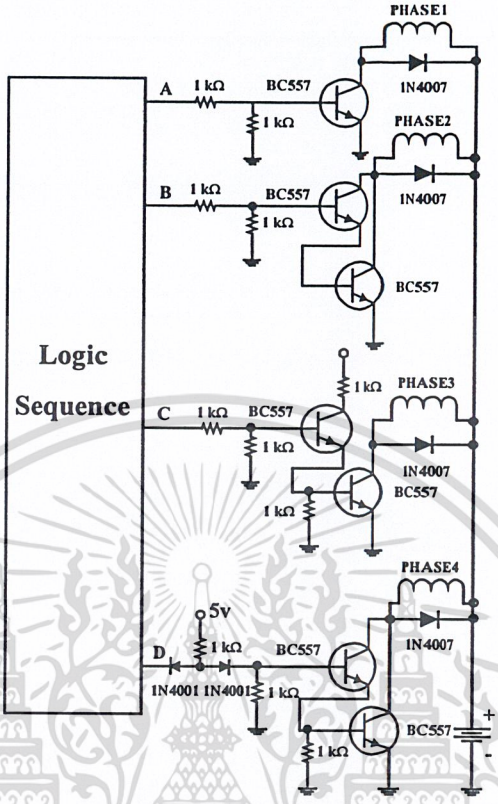
รูปที่ 2.34 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดมีสาย 5 เส้น

การวัดให้ทำแบบเดียวกับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ชนิดคอมมอนภายนอก แตกต่างกันเพียงแบบคอมมอนภายใน สายคอมมอน 1 เส้นขับ สายกราวด์ 4 เส้นต่อลงกราวด์ ดังนั้นหากสายเส้นใดเมื่อวัดเทียบกับสายเส้นอื่น แล้วมีค่าความต้านทานน้อยที่สุดสายเส้นนั้นเป็นสายคอมมอน และที่เหลืออีก 4 เส้นจะเป็นสายกราวด์ และสเต็ปปิ้งมอเตอร์ไม่เคลื่อนที่ไปข้างหน้าแสดงว่าการเรียงเฟสไม่ถูกต้อง จะต้องวัดเทียบกับสายกราวด์เส้นใหม่ต่อไป หากสเต็ปปิ้งมอเตอร์เคลื่อนที่ไปข้างหน้าตามกันวัดที่สายกราวด์เส้นต่อไปเรื่อยๆ จะทำให้ทราบว่า สายเส้นใดเป็นเฟสแรก สายเส้นใดเป็นเฟสที่ 2 เฟสที่ 3 และเฟสที่ 4 การเรียงเฟสของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร ทั้งชนิดที่เป็นคอมมอนภายนอก และชนิดที่เป็นคอมมอนภายในจะใช้หลักการเดียวกัน

2.14.3 วงจรขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์

เมื่อทราบลำดับเฟสของสเต็ปปิ้งมอเตอร์แล้วต่อไป จะต้องมีวงจรขับให้แก่ สเต็ปปิ้งมอเตอร์ วิธีที่ง่ายในการต่อสเต็ปปิ้งมอเตอร์เข้ากับวงจรขับ คือ การต่อตรงที่เอาต์พุต A และ B แต่ถ้ากระแสเอาต์พุต ของวงจรไม่เพียงพอต้องต่อบัฟเฟอร์ (Buffer) เพื่อขยายกระแสดังรูปที่ 2.35 เอาต์พุต C และ D

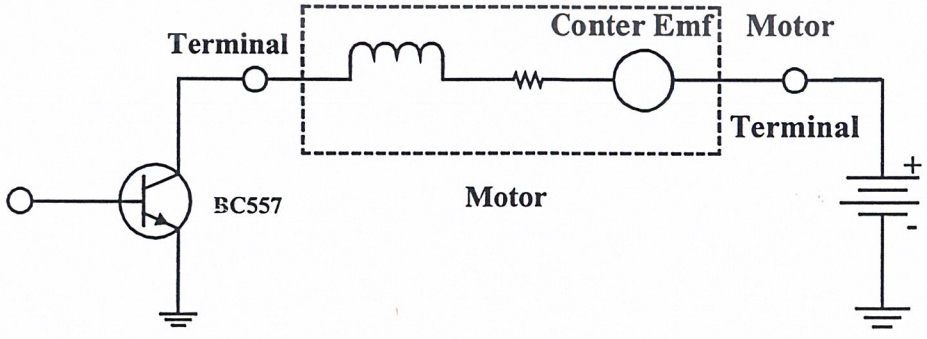
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.35 วิธีขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์

2.14.4 ปัญหาเกี่ยวกับวงจรขับ

ขดลวดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์เป็นโหลดชนิดตัวเหนี่ยวนำ และมีค่าเปรียบเทียบเสมือนผลรวมของความเหนี่ยวนำ (Inductance) อนุกรมกับความต้านทานดังรูปที่ 2.36



รูปที่ 2.36 วงจรสมมูลย์ของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.15 แป้นพิมพ์

แป้นพิมพ์นับเป็นสิ่งสำคัญสิ่งหนึ่ง เพราะแป้นพิมพ์เป็นอุปกรณ์อินพุตที่ทำให้ผู้ใช้สามารถติดต่อกับเครื่องควบคุมในการทำงานต่างๆ ได้ โดยแป้นพิมพ์จะประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ

1) ส่วนของสวิตช์แป้นพิมพ์

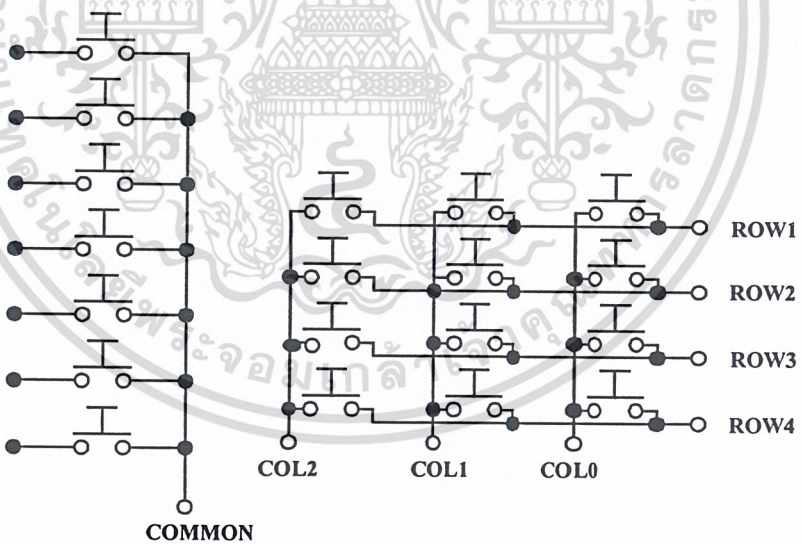
2) ส่วนของวงจรเข้ารหัส โดยส่วนนี้จะทำหน้าที่เข้ารหัสเพื่อรับรู้ตำแหน่งตัวอักษรบนแป้นและสามารถให้ค่าตัวอักษรบนแป้นของแต่ละตัวเมื่อมีการกดตัวอักษรบนแป้นที่เรียกว่ารหัสตัวอักษรบนแป้นพิมพ์ ได้

3) ส่วนวงจรถอดรหัสจะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนรหัสตัวอักษรบนแป้น ให้เป็นรหัสที่นำไปใช้งานได้ เช่น รหัส ASCII, รหัส BCD หรือรหัส HEX เป็นต้น

วงจรแป้นพิมพ์ แบ่งได้เป็น 2 ลักษณะใหญ่ๆ คือ

1) แบบขาร่วม

2) แบบเมตริกซ์ (Matrix)



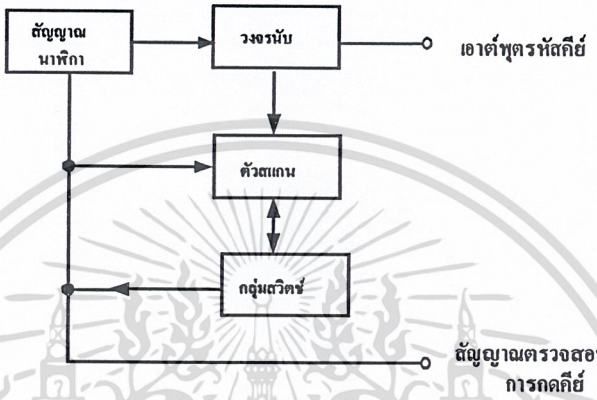
(ก) แบบขาร่วม (ข) แบบเมตริกซ์

รูปที่ 2.37 วงจรแป้นพิมพ์แบบขาร่วม และแบบเมตริกซ์

แบบขาร่วมจะเป็นแบบที่เข้าใจง่าย และการรับรู้การกดตัวอักษรบนแป้นจะเป็นไปในลักษณะเฉพาะตัวของแต่ละตัวอักษรบนแป้นซึ่งทำให้ง่ายต่อการออกแบบ สะดวก ประหยัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่ใช้สวิตช์ไม่มากนัก ส่วนแบบเมตริกซ์ จะใช้สายในการต่อเข้ารหัสน้อยกว่า โดยระบุจำนวนจุดของตัวอักษรบนแป้นได้จำนวนมากซึ่งจำนวนตัวอักษรบนแป้น จะขึ้นอยู่กับสายทางด้านแถว และสายทางด้านคอลัมน์ แต่การออกแบบวงจรเข้ารหัสจะยุ่งยากขึ้นโดยสามารถแสดงผังงานของวงจรเข้ารหัสแป้นพิมพ์ดังรูปที่ 2.38



รูปที่ 2.38 ผังงานการทำงานของวงจรเมตริกซ์สวิตช์

จากรูปที่ 2.38 สัญญาณนาฬิกาจะใช้ตรวจว่าตัวอักษรบนแป้นพิมพ์ใดถูกกด หรือไม่ โดยเมื่อไม่มีการกดตัวอักษรบนแป้นพิมพ์ ตัวกวาดจะส่งสัญญาณกวาดไปที่สวิตช์ และเมื่อมีการกดตัวอักษรบนแป้นสัญญาณนาฬิกาจะหยุดการทำงาน ทำให้ตัวกวาด หยุดการกวาด วงจรนับจะหยุดนับ และคงค่าสุดท้ายเอาไว้ (รหัสตัวอักษรบนแป้นที่ถูกกด) จนกว่าจะมีการปล่อยตัวอักษรบนแป้น จึงจะรับค่าแป้นพิมพ์ตัวใหม่ได้ ซึ่งลักษณะการกวาดแบบเมตริกซ์นี้ จะเริ่มการกวาดจากแถวแรกไปยังแถวสุดท้าย และหลักแรกไปยังหลักสุดท้ายพร้อมกัน ดังนั้นเมื่อตัวอักษรบนแป้นใดถูกกดจะทำให้ทราบตัวอักษรบนแป้นที่ถูกกดว่าอยู่แถว และหลักใดได้จากวงจรนับ

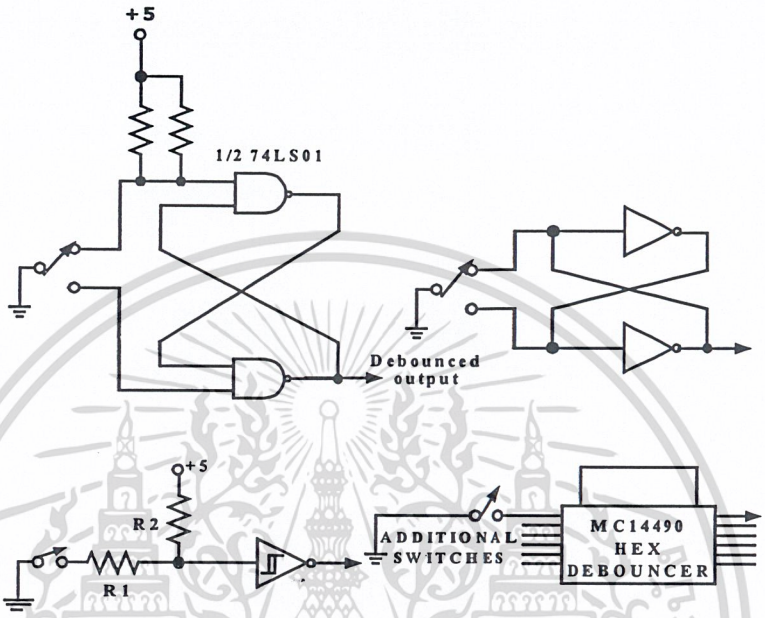
2.15.1 การกระเด้งของหน้าสัมผัส

เนื่องจากเมื่อกดตัวอักษรบนแป้นพิมพ์จะทำให้หน้าสัมผัสต่อ แต่การต่อของหน้าสัมผัสนี้จะไม่เป็นไปตามอุดมคติ ด้วยเหตุว่าหน้าสัมผัสจริงๆ ไม่ได้ราบเรียบหรือสะอาดอยู่เสมอ และแรงกดของนิ้วบนแป้นพิมพ์ ยังแตกต่างกันไป ทำให้เกิดการสะบัด หรือแกว่งของแป้นชั่วระยะหนึ่ง หลังจากกดสวิตช์ ลงไปแล้วเรียกว่าเป็นการกระเด้งของหน้าสัมผัส (Bouncing)

จึงทำให้ตัวตรวจจับตัวอักษรบนแป้นที่กด ตรวจว่าตัวอักษรบนแป้นดังกล่าวมีการกดหลายครั้งทั้งๆ ที่ความเป็นจริงผู้ใช้ต้องการกดเพียงครั้งเดียวซึ่งช่วงการเกิดของสัญญาณที่ไม่ต้องการนี้จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีช่วงประมาณ 10 มิลลิวินาที สามารถทำการดีเบาซ์ (Debounce) ของสวิตช์ได้หลายวิธี ดังรูปที่ 2.39



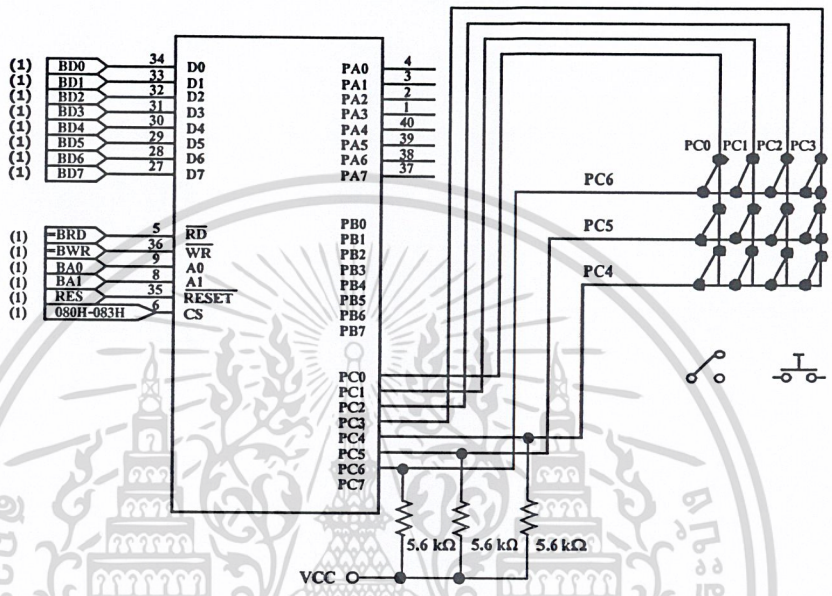
รูปที่ 2.39 วิธีการดีเบาซ์ของสวิตช์

จากรูปที่ 2.39 ในแบบอาร์เอสแลตช์ (RS Latch) ขณะสวิตช์ไม่ถูกเปลี่ยนทิศทาง เอาต์พุตแนนด์เกตตัวด้านบนจะมีลอจิก 1 เนื่องจากมีขาอินพุตใดอินพุตหนึ่งเป็น 0 จะทำให้อินพุตแนนด์เกตตัวล่างเป็น 1 ทั้งคู่ ดังนั้นเอาต์พุตดีเบาซ์ก็จะมีลอจิกเป็น 0 แต่เมื่อมีการเปลี่ยนทิศทางสวิตช์ ทำให้หน้าสัมผัสสวิตช์ด้านแนนด์เกตตัวบนเปิด ส่วนหน้าสัมผัสสวิตช์แนนด์เกตตัวล่างจะมีการต่อ และจะมีการกระเด้งที่หน้าสัมผัสนี้เกิดขึ้น แต่ช่วงขณะนี้แนนด์เกตตัวล่างได้รับอินพุตเป็น 0 ครั้งแรก เอาต์พุตดีเบาซ์จะเป็น 1 และเป็นผลให้แนนด์เกตตัวบนมีอินพุตเป็น 1 ทั้งคู่ทำให้เอาต์พุตตัวบนเป็น 0 และเป็นผลทำให้แนนด์เกตตัวล่างมีอินพุตค้างเป็น 0 อยู่ด้านหนึ่งเนื่องจากเอาต์พุตแนนด์เกตตัวบน ดังนั้นแม้สวิตช์ทางด้านแนนด์เกตตัวล่างกระเด้งอย่างไรก็ตาม เอาต์พุตที่ได้ก็จะไม่เปลี่ยนแปลงเพราะอินพุตเป็น 0 ค้างอยู่ด้านหนึ่ง แต่ด้วยวิธีนี้จำเป็นต้องใช้สวิตช์เป็นแบบ 2 ทาง จึงจะแก้การกระเด้งได้ ดังนั้นถ้าสวิตช์เป็นแบบทางเดียว หรือแบบกดติดปล่อยดับแล้ว การแก้การกระเด้งจึงขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานตัวเก็บประจุ เช่น เมื่อกดสวิตช์ จะทำให้ตัวเก็บประจุถูกคายประจุผ่าน R1 จนถึงระดับหนึ่ง จึงจะทำให้เอาต์พุตของชมิตตริกเกอร์ (Schmitt-Triggers) เป็นลอจิก 1 คือจะไม่เป็น 1 ทันทีทันใดซึ่งช่วงที่เป็น 1 นี้คือช่วงที่เลยเวลาของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกระเด้งไปแล้ว และในขณะสวิตช์เปิดก็จะไม่เป็น 0 ทันทีเพราะจะมีการเก็บประจุของตัวเก็บประจุผ่าน R2 จนถึงช่วงเวลาหนึ่งจึงจะได้ลอจิก 0 เพราะคุณสมบัติของชมิตตริกเกอร์

2.15.2 การใช้โปรแกรมในการทำแป้นพิมพ์แบบเมตริกซ์



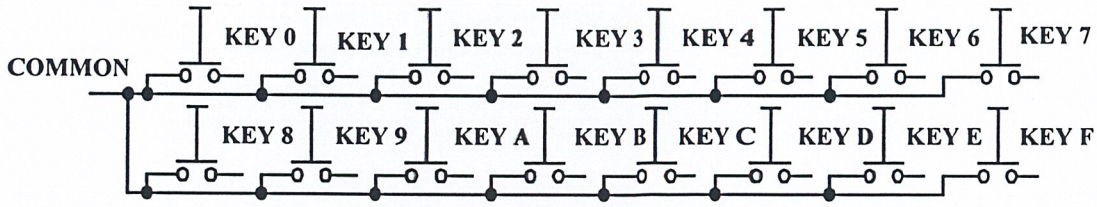
รูปที่ 2.40 วงจรแป้นพิมพ์ขนาด 3 x 4 ตัว

จากรูปที่ 2.40 เป็นวงจรของแป้นพิมพ์ขนาด 3 x 4 ตัว คือมีแถวที่ใช้เป็นด้านอินพุต (อ่านข้อมูลของตัวอักษรบนแป้น) 3 เส้นซึ่งจำเป็นต้องมีความต้านทานพูลอัพ (R-Pull Up) ไว้ เมื่อยังไม่กดตัวอักษรบนแป้นจะได้สถานะคงที่อยู่ค่าๆ หนึ่งเพราะกวาดลอจิก 0 ทางด้านหลัก หลักการคือ ส่งข้อมูลลอจิก 0 ให้หลักแรก และอ่านข้อมูลทางด้านแถวเส้นใดเป็น 0 บ้างถ้ามีแสดงว่ามีการกดตัวอักษรบนแป้นก็ให้ทำการตรวจสอบว่าเป็นแถวใด และหลักใดเพื่อเข้ารหัสตัวอักษรบนแป้นแล้วแปลงเป็นค่าที่ต้องการใช้งาน แต่ถ้าการอ่านแล้วไม่มีแถวเส้นใดเป็น 0 ก็แอคทีฟหลัก (Active Column) ถัดไปให้เป็น 0 แล้วอ่านแถวใหม่ ทำอย่างนี้จนหมดหลัก

2.15.3 องค์ประกอบอันเกิดจากสวิตช์ตัวอักษรบนแป้นพิมพ์

ตัวอักษรบนแป้นโดยทั่วไปหน้าสัมผัสจะมีการสั่นทั้งขณะเปิด และขณะปิด ซึ่งมีเวลาเป็นมิลลิวินาที เมื่อมีการกดปล่อยตัวอักษรบนแป้นอย่างรวดเร็วพัลซ์ที่เกิดขึ้น จะต้องตรวจสอบได้ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวอักษรบนแป้นอาจทำงานเพียงหน้าสัมผัส หรือสร้างสัญญาณการกดตัวอักษรบนแป้นด้วยอาร์เอสฟลิปฟลอป หรือซอฟต์แวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.41 ลักษณะแป้นพิมพ์ไฮโพธีติคอล

2.15.4 โปรแกรมสำหรับแป้นพิมพ์

โปรแกรมที่ดีจะทำให้การทำงานของมนุษย์ผ่านทางตัวอักษรบนแป้นพิมพ์ไม่เกิดปัญหา โดยทำตามเงื่อนไขดังนี้

1) การกดปล่อยตัวอักษรบนแป้น เวลาที่ใช้หน่วงจะมีระยะเวลานานกว่ารายละเอียดจากโรงงานการผลิต

2) สำหรับตัวอักษรแป้นหลายๆ ตัว ตัวอักษรบนแป้นที่ได้รับการกดก่อนเท่านั้นจะได้รับการอ่านค่าตัวอักษรบนแป้น

3) การค้างของตัวอักษรบนแป้น ตัวอักษรบนแป้นที่กดก่อนจะได้รับการอ่านค่าหลังจบเวลาการกดตัวอักษรบนแป้น จะไม่มีตัวอักษรบนแป้นใดได้รับการอ่านค่าจนกว่าจะพบว่าตัวอักษรบนแป้นทั้งหมดกลับสู่สถานะเดิม

4) การกดปล่อยตัวอักษรบนแป้นอย่างรวดเร็ว ในการออกแบบตัวอักษรบนแป้นจะได้รับการกวาดด้วยอัตราที่สูงกว่าปฏิกิริยาของการกระทำของมนุษย์

ลักษณะโปรแกรมสำหรับอ่านค่าตัวอักษรบนแป้นพิมพ์มี 2 ลักษณะ คือ

1) การหน่วงเวลาโดยใช้โปรแกรมลูปเพื่อการรับค่าตัวอักษรบนแป้นพิมพ์

2) การอ่านจะมีขึ้นต่อเมื่อมีการกดตัวอักษรบนแป้นพิมพ์เท่านั้น (Interrupt Driven)

2.15.5 การอ่านข้อมูลจากสวิตช์จำนวนมาก

การต่อสวิตช์แบบปกติจะใช้ 1 บิตต่อสวิตช์ 1 ตัว แต่ในการใช้งานจริงของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการใช้สวิตช์ หรือตัวอักษรบนแป้นจำนวนมาก ดังนั้นถ้าใช้ 1 สวิตช์ต่อ 1 บิต จะทำให้สิ้นเปลืองพอร์ตจำนวนมาก เช่นถ้าต้องการใช้ 64 สวิตช์ จะต้องใช้พอร์ตแบบขนาน 8 บิตถึง 8 พอร์ต วิธีการต่อสวิตช์แบบประหยัดพอร์ต และเป็นที่นิยมใช้แบบหนึ่ง คือ การต่อแบบเมตริกซ์ ซึ่งจะทำให้จำนวนพอร์ตลดลง ถ้าพิจารณาจากจำนวนของสวิตช์และจำนวนของสายเมื่อต่อแบบธรรมดา และจำนวนของสายเมื่อต่อแบบเมตริกซ์ เป็นดังตารางที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 เปรียบเทียบจำนวนของสายเมื่อต่อแบบธรรมดา และแบบเมตริกซ์

จำนวนสวิตช์	จำนวนสาย	
	ต่อแบบธรรมดา	ต่อแบบเมตริกซ์
1 x 1	1	1
2 x 2	4	4
3 x 3	9	6
4 x 4	16	8
5 x 5	25	10
8 x 8	64	16

จากตารางที่ 2.5 เมื่อจำนวนของสวิตช์มากขึ้นก็จะทำให้ประหยัดสายข้อมูลมากขึ้นไปด้วย ข้อยุ่งยากทางด้านฮาร์ดแวร์จะลดลง และ การตรวจสอบสวิตช์ที่กดจะใช้วิธีการทางซอฟต์แวร์ช่วยจัดการ

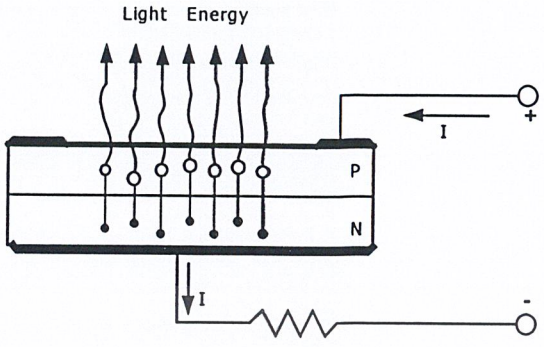
ลักษณะการทำงานของวงจรแป้นพิมพ์ขนาด 3 x 3 ตัว

หลักการทำงานของโปรแกรมจะใช้วิธีการกวาด (Scanning) เพื่อหาว่าสวิตช์ใดที่ถูกกดโดยอาจเริ่มต้นที่แถวที่ 0 โดยการกำหนดให้แถวที่ 0 มีระดับเป็น 0 ส่วนแถวอื่นๆ มีระดับเป็น 1 แล้วทำการตรวจสอบทีละหลัก โดยเริ่มจากคอลัมน์ที่ 0 ตรวจสอบว่ามีระดับเป็น 0 หรือไม่ถ้ามีระดับเป็น 0 แสดงว่าสวิตช์ที่ตำแหน่งนี้ถูกกด ถ้าไม่มีให้เลื่อนไปหลักถัดไป และจะทำการเลื่อน และตรวจสอบทั้งทางด้านหลัก และแถวต่อๆ ไปจนกว่าจะหมด หรือจนกระทั่งพบสวิตช์ที่ถูกกด และเมื่อพบว่าสวิตช์ใดถูกกดแล้วต้องทราบว่าสวิตช์นั้น คือ สวิตช์ตำแหน่งใดเพื่อที่จะได้ตีความหมาย หรือสร้างรหัสขึ้นมาตามสวิตช์ตำแหน่งนั้นๆ

2.16 ไดโอดเปล่งแสง

เมื่อนำสารกึ่งตัวนำชนิดซิลิกอน (Silicon) หรือเจอร์เมเนียมมาผสมกับแกลเลี่ยมอาร์เซไนด์ (Gallium Arsenide : GaAs) และเป็นรอยต่อ พี-เอ็น เมื่อรอยต่อพี-เอ็นดังกล่าวให้ไบอัสตรงจะทำให้เกิดกระแสไหลผ่านรอยต่อ พี-เอ็น และอิเล็กตรอนอิสระที่รอยต่อจะหลุดจากวงโคจรเปลี่ยนเป็นพลังงานแสง (Light Energy) ดังรูปที่ 2.42 ปรากฏการณ์นี้เกิดกับไดโอดเปล่งแสงเท่านั้น เรียกว่า Electroluminescene

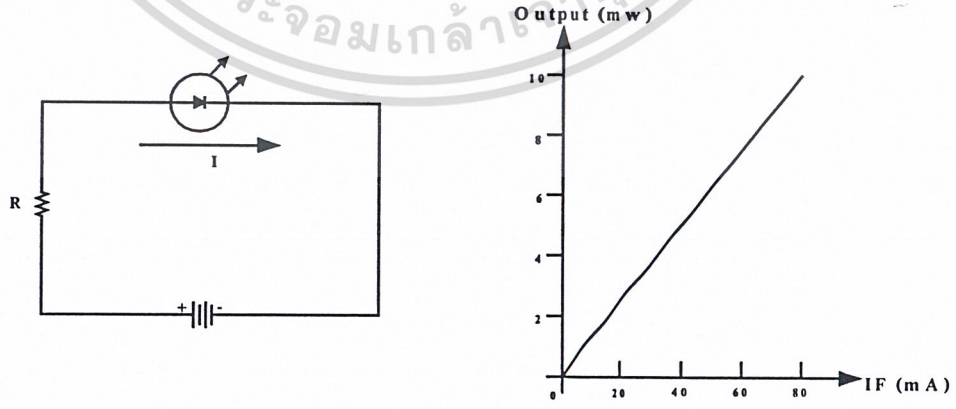
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.42 ปรากฏการณ์ที่รอยต่อของไดโอดแปลงแสงเมื่อได้รับการไบอัสตรง

แต่เมื่อให้ไบอัสกลับกับไดโอดเปล่งแสงจะไม่นำกระแส และไม่เปล่งแสง ไดโอดเปล่งแสงจะเปล่งแสงเมื่อได้รับการไบอัสตรงเท่านั้น

แสงเปล่งออกมาจากไดโอดเปล่งแสงมีหลายสี เกิดจากสารที่ผสมเข้ากับรอยต่อ พี-เอ็น เช่น แกลเลี่ยมอาเซไนด์ (GaAs) ทำให้ได้ไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด (Infrared : IR), แกลเลียมอาเซไนด์ฟอสไฟด์ (Gallium Arsenide Phosphide : GaAsP) ทำให้เปล่งแสงสีแดง หรือเหลือง และแกลเลียมฟอสไฟด์ (Gallium Phosphide : GaP) ทำให้เปล่งแสงสีเขียว เป็นต้น เมื่อให้ไบอัสตรงกับไดโอดเปล่งแสงดังรูปที่ 2.43 (ก) จะทำให้เกิดพลังงานแสงที่ไดโอดเปล่งแสงออกมามีหน่วยเป็น มิลลิวัตต์ซึ่งกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนี้จะแปรไปตามค่าของกระแสไบอัสตรงที่ผ่านไดโอดเปล่งแสง ดังกราฟในรูปที่ 2.43 (ข)



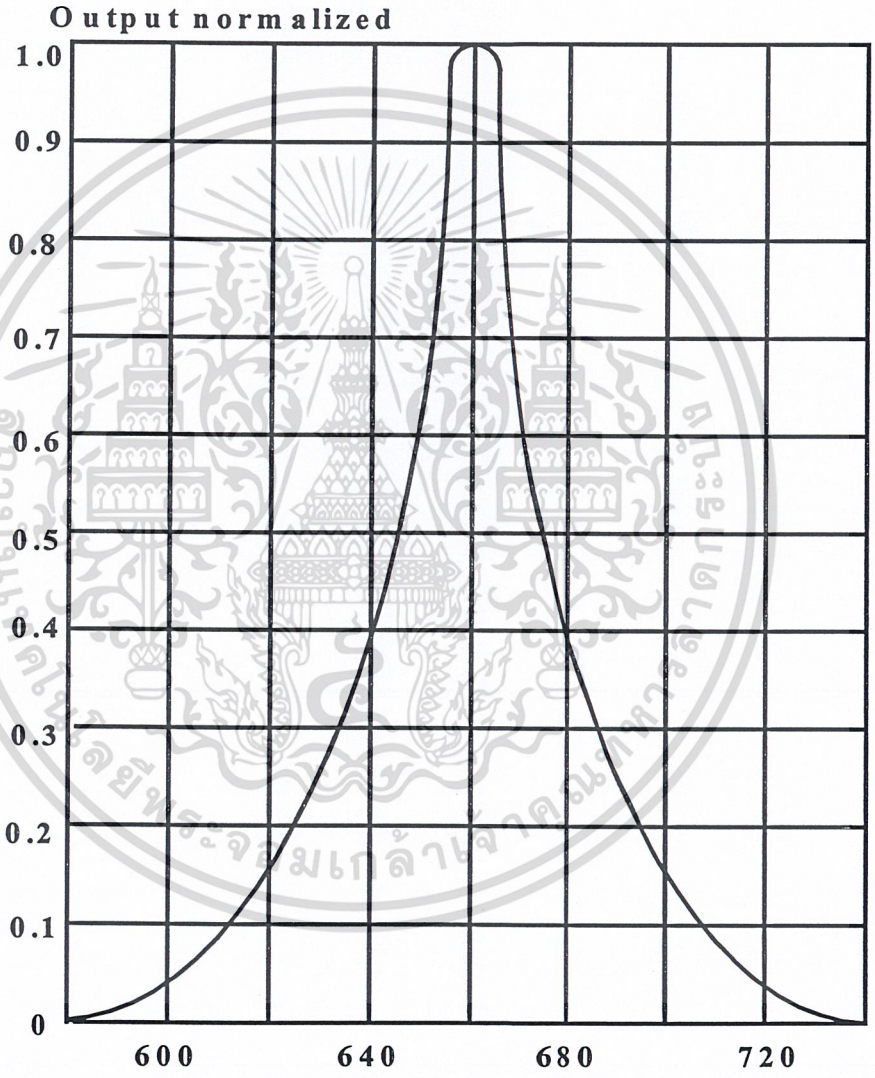
(ก) Forward-Biased Operation (ข) Typical Light Output Versus Forward Current

รูปที่ 2.43 การทำงานของไดโอดเปล่งแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.16.1 ความยาวคลื่น (Wave Length)

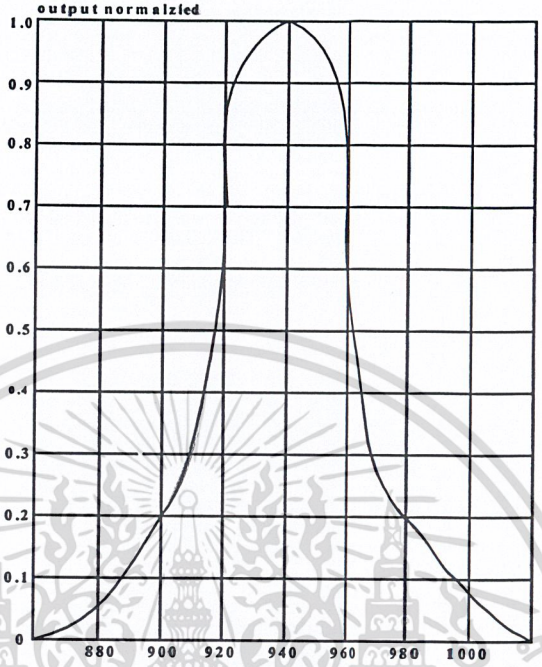
ไดโอดเปล่งแสงชนิดที่เปล่งแสงที่ตามนุษย์มองเห็นได้โดยมากจะเป็นแสงสีแดง (Visible Red) ปกติจะมีความยาวคลื่นแสงเท่ากับ 660 nm (นาโนเมตร) แต่ถ้าไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด ซึ่งเป็นแสงที่มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น (Unvisible) จะมีความยาวของแสงเท่ากับ 90 nm ดังรูปที่ 2.44



(ก) Visible Red

รูปที่ 2.44 กราฟความยาวคลื่นแสงที่ไดโอดเปล่งแสงออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) Visible (IR)

รูปที่ 2.44 (ต่อ) กราฟความยาวคลื่นแสงที่ไดโอดเปล่งแสงออกมา

2.17 จอแสดงผลผลึกเหลว

จอแสดงผลผลึกเหลว (Liquid Crystal Display : LCD) ซึ่งใช้สำหรับวงจรแสดงผลระบบตัวเลขในเครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ในยุคปัจจุบัน ซึ่งอยู่ในภาคแสดงผล (Display) ของเครื่องคิดเลข นาฬิกา วงจรแสดงผลทางดิจิตอล

ผลึกเหลว (Liquid Crystal) อันเป็นตัวหลักของจอแสดงผลผลึกเหลวนี้ การรวมตัวแบบนี้เรียกว่า การรวมตัวแบบนีแมติคลิควิดคริสตอล (Nematic Liquid Crystal)

2.17.1 ประเภทของจอแสดงผลผลึกเหลว

1) จอแสดงผลผลึกเหลวแบบอักขระ เป็นจอแสดงผลผลึกเหลวที่สามารถแสดงตัวอักษร ตัวเลข และเครื่องหมายต่างๆ ได้โดยสร้างจากจุดเล็กๆ ทางแนวตั้ง และแนวนอน หรือเรียกว่า Dot Matrix โดยทั่วๆ ไปมี 2 ขนาด คือ 5 x 7 จุด และ 5 x 10 จุด (ตัวเลขตัวแรกเป็นจำนวนจุดทางแนวนอน ส่วนตัวหลังเป็นจำนวนจุดทางแนวตั้ง) นอกจากนั้นจอแสดงผลผลึกเหลวยังสามารถแสดงข้อความได้ 1 บรรทัด หรือมากกว่าก็ได้ขึ้นอยู่กับรุ่นของจอแสดงผลผลึกเหลวนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) จอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์ มีลักษณะโครงสร้างคล้ายกับจอแสดงผลแบบผลึกเหลวแบบอักขระ สามารถแสดง ข้อมูลเป็นทั้งตัวอักษร ตัวเลข เครื่องหมาย และรูปภาพได้ ความละเอียดของภาพจะขึ้นอยู่กับความละเอียดของดอตเมตริกซ์ของจอแสดงผลผลึกเหลวตัวนั้นๆ และขนาดของจอแสดงผลผลึกเหลวชนิดนี้มีหลายขนาดให้เลือกใช้ในปัจจุบันมีการพัฒนาเป็นสีแล้ว

3) จอแสดงผลผลึกเหลวแบบเซกเมนต์ เป็นจอแสดงผลผลึกเหลวชนิดที่เล็กที่สุด มีลักษณะการแสดงผลเป็นเซกเมนต์คล้ายกับตัวเลขแสดงผล 7 ส่วน โดยปกติมักจะมีมากกว่า 1 หลัก พบทั่วไปในดิจิตอลมัลติมิเตอร์ (Digital Multimeter)

2.17.2 ส่วนประกอบหลักในจอแสดงผลผลึกเหลว

1) ตัวแสดงผล (Display) ภายในเป็นผลึกเหลวที่สามารถแสดงผลให้เห็นโดยอาศัยแสงจากภายนอก ดังนั้นจึงต้องมีมุมในการมองข้อมูลที่แสดงผลบนจอแสดงผลผลึกเหลว

2) ตัวควบคุม (Controller) เป็นตัวรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกมาควบคุมการทำงานของจอแสดงผลผลึกเหลว เช่น ลบจอภาพ แสดงตัวอักษร หรือเลื่อนเคอร์เซอร์ (Cursor) เป็นต้น ตัวควบคุมนี้ใช้ชิพควบคุมโดยเฉพาะ

3) ตัวขับ (Driver) เป็นตัวรับสัญญาณจากตัวควบคุมมาขับให้ตัวแสดงผลแสดงข้อมูลตามที่กำหนด

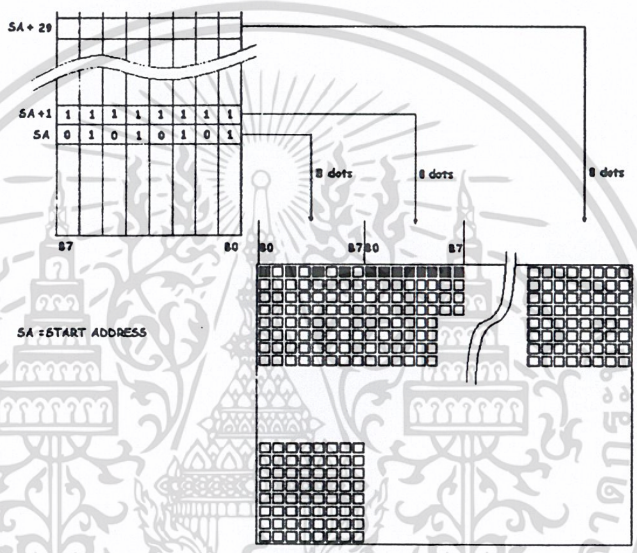
2.17.3 คุณสมบัติของจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์

จอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์ใช้ จอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์เบอร์ DG-24064 เป็น Graphic LCD Module ที่มีขนาด 240 x 64 Dots โดยใช้ LC7981 เป็นคอนโทรลเลอร์ซึ่งสามารถทำงานได้ 2 โหมด คือโหมดกราฟิกส์ (Graphic Mode) และโหมดอักขระ (Character Mode) โดยที่ในโหมดอักขระนั้นมี Character Generate ROM อยู่ภายในแล้วทำให้ไม่ต้องสร้างชุดตัวอักษรต่างๆ ซึ่งอักษรที่ว่านี้มีขนาด 5 x 7 จำนวน 160 ตัว และขนาด 5 x 11 อีก 32 ตัว ทำให้ใช้งานง่ายขึ้นโดยเฉพาะการเขียนโปรแกรมควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ และทั้งสองโหมดนี้สามารถสลับไปมาได้ โดยการใช้คำสั่งในการเปลี่ยนโหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) การทำงานในแต่ละโหมดของจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์

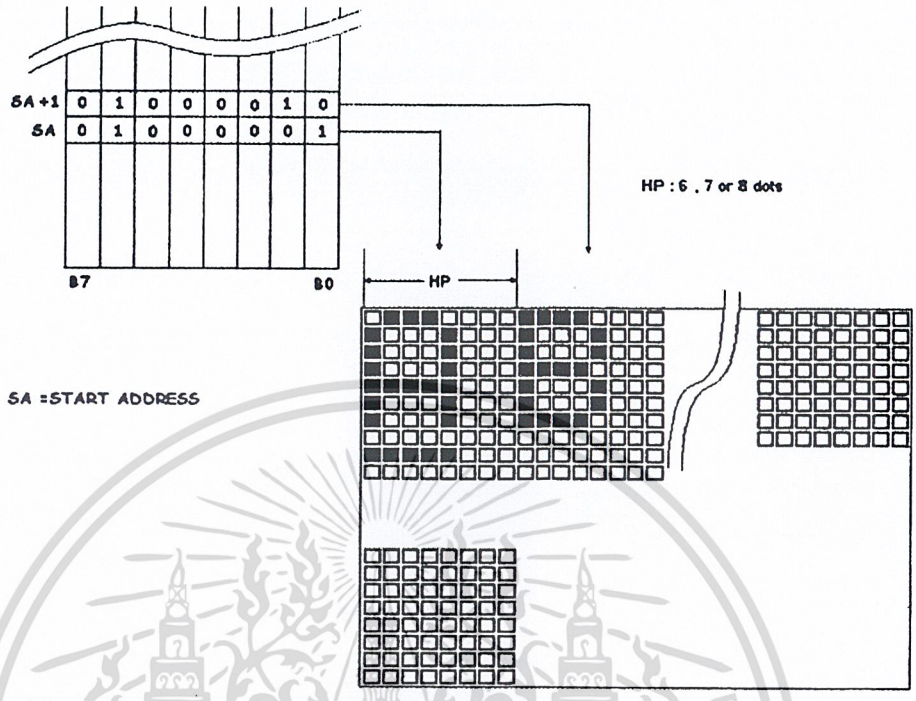
1.1) โหมดกราฟิกส์ (Graphic Mode) การทำงานในโหมดกราฟิกส์นั้นในหน้าจอแสดงผลจะถูกแบ่งเป็นบล็อก หรือไบต์เรียงไปทางขวามือของหน้าจอซึ่งใน 1 ไบต์นั้นจะให้แสดงทั้ง 8 บิต หรือน้อยกว่า 8 บิตได้ แต่จำนวนบิตที่สามารถแสดงได้น้อยที่สุดคือ 6 บิต ดังรูปที่ 2.45 เป็นการจัดหน้าจอแสดงผลผลึกเหลว ในโหมดกราฟิกส์สำหรับ Start Address นั้นสามารถเริ่มที่ใดก็ได้ และสามารถกำหนดให้มีกี่ไบต์ในแนวนอนได้เช่นกัน



รูปที่ 2.45 การจัดหน้าจอในโหมดกราฟิกส์

1.2) โหมดตัวอักขระ (Character Mode) ในโหมดนี้จะใช้แสดงได้เฉพาะตัวอักษรเท่านั้น โดยตัวอักษรจะมีขนาดทั้ง 5 x 7 และ 5 x 11 ซึ่งแบบ 5 x 7 มี 160 แบบ และแบบ 5 x 11 มี 32 แบบ โดยข้อมูลในหน่วยความจำ แต่ละตำแหน่งเป็นรหัส ASCII ของตัวอักษร และในโหมดอักขระสามารถกำหนดว่าจะให้มีจำนวนตัวอักษรที่แสดงกี่ตัวในบรรทัดได้ และยังสามารถกำหนดระยะห่างระหว่างตัวอักษรได้ สำหรับ เคอร์เซอร์ ยังสามารถกำหนดได้อีกว่าจะให้อยู่ที่ตำแหน่งใดของตัวอักษรโดยการจัดหน้าจอในโหมดนี้เป็นดังรูปที่ 2.46 ส่วนในการกำหนดค่าต่างๆ ที่กล่าวมาแล้วจะอธิบายในเรื่องของชุดคำสั่งควบคุมในหัวข้อถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.46 การจัดหน้าจอในโหมดอักขระ

2) ชุดคำสั่งควบคุมโมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์

การควบคุมการแสดงผลที่หน้าจอแสดงผลผลึกเหลวสามารถทำได้โดยการเขียนรหัสคำสั่งไปที่รีจิสเตอร์คำสั่ง แล้วตามด้วยการเขียนข้อมูลไปที่รีจิสเตอร์ข้อมูล โดยสัญญาณที่ขา RS จะเป็นตัวกำหนดว่าเป็นการเขียนลงที่รีจิสเตอร์คำสั่ง หรือรีจีสเตอร์ข้อมูล โดยเมื่อ RS เป็น “1” จะเป็นการเขียนรหัส และเมื่อ RS เป็น “0” เป็นการเขียนข้อมูล ซึ่งคำสั่งทั้งหมดมี 13 คำสั่ง ดังนี้

2.1) Mode Control (Code : 00H) เป็นคำสั่งเลือกโหมดการแสดงผล ดังตารางที่ 2.6 โดยแต่ละบิตในโหมดข้อมูล มีความหมายดังตารางที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 คำสั่งเลือกโหมดการแสดงผล

Register	R/W	RS	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
Instruction Register	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Mode Control Register	0	0	0	0	Mode Data					

ตารางที่ 2.7 รายละเอียดของโหมดข้อมูล

DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0	Cursor/Blink	CG	Mode
1/0	1/0	0	0	0	0	Cursor Off	Built in CG	Character Mode
		0	1			Cursor On		
		1	0			Cursor Off Character Blink		
		1	1			Cursor Blink		
		0	0		1	Cursor Off		
		0	1			Cursor On		
		1	0			Cursor Off Character Blink		
		1	1			Cursor Blink		
		0	0	1	0			Graphic Mode

1 : Master Mode

0 : Slave Mode

1 : Display On

0 : Display Off

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2) Setting The Character Pitch (Code : 01H)

ตารางที่ 2.8 คำสั่งการกำหนดความกว้างของตัวอักษร

Register	R/W	RS	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
Instruction Register	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Character Pitch Register	0	0	Vp - 1				0	Hp - 1		

จากตารางที่ 2.8 V_P เป็นจำนวนจุดในแนวตั้งต่อตำแหน่งตัวอักษร (Character Mode เท่านั้น) Hp ในโหมดอักขระเป็นจำนวนจุดในแนวนอนต่อตัวอักษร แต่ในโหมดกราฟิกส์ เป็นจำนวนบิต ในหน่วยความจำชั่วคราว ที่จะถูกแสดงที่จอโดยที่ Hp สามารถกำหนดได้ 3 ค่า ดังตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 การกำหนดจำนวนบิตของตัวอักษร

Hp	DB2	DB1	DB0	Horizontal character Pitch
6	1	0	1	6
7	1	1	0	7
8	1	1	1	8

2.3) Setting The Number of Character (Code : 02H) การกำหนดตัวอักษรในแนวนอนของจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์ สามารถควบคุมได้ดังตารางที่ 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.10 คำสั่งการกำหนดตัวอักษรในแนวนอนของจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์

Register	R/W	RS	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
Instruction Register	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
Character Number Register	0	0	Hn - 1							

ในโหมดอักขระนั้น Hn เป็นจำนวนตัวอักษรในแนวนอน แต่ในโหมดกราฟิกส์จะเป็นจำนวนไบต์ในแนวนอน

2.4) Setting The Time Division Number (Display Duty) (CODE : 03H) จำนวนแถวที่ถูกสแกนจะเท่ากับ 1/Nx โดยที่ Nx มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 256 ดังตารางที่ 2.11

ตารางที่ 2.11 คำสั่งการกำหนดเวลาในการสแกนแถวของจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์

Register	R/W	RS	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
Instruction Register	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
Time Division Register	0	0	Nx - 1							

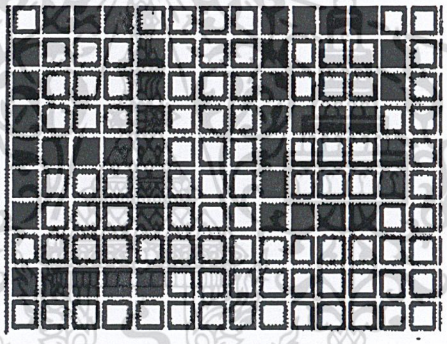
2.5) Setting The Cursor Position (Code : 04H) การกำหนดตำแหน่งของเคอร์เซอร์สามารถกำหนดได้โดยใช้คำสั่งควบคุม ดัง ตารางที่ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.12 คำสั่งการกำหนดตำแหน่งของเคอร์เซอร์

Register	R/W	RS	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
Instruction Register	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
Time Division Register	0	0	0	0	0	0	Cp - 1			

ในโหมดอักขระ Cp จะแสดงถึงตำแหน่งเส้นบนตัวอักษรที่จะให้เคอร์เซอร์แสดง โดยการกำหนดค่าของ Cp ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 16 และความกว้างของเคอร์เซอร์จะเท่ากับ Hp ถ้า Cp น้อยกว่า Vp จะไม่เห็นเคอร์เซอร์ ดังตัวอย่างดังรูปที่ 2.47



รูปที่ 2.47 ตำแหน่งเคอร์เซอร์เมื่อ Cp = 9

2.6) Setting The Display Start Lower Address (Code : 08H) การกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นไบต์ต่ำของหน่วยความจำชั่วคราว สามารถกำหนดได้ โดยการเขียนคำสั่งควบคุม ดังตารางที่ 2.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.13 คำสั่งกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นไบต์ต่ำของหน่วยความจำชั่วคราว

Register	R/W	RS	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
Instruction Register	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Display Start Address Register	0	0	Start Address Lower Byte							

เป็นคำสั่งกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นไบต์ต่ำของหน่วยความจำชั่วคราว ที่จะให้แสดงที่บรรทัดบนสุดของจอแสดงผลผลึกเหลว

2.7) Setting The Display Start Upper Address (Code : 09H) เป็นคำสั่งกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นไบต์สูงของหน่วยความจำชั่วคราว ที่ให้แสดงที่บรรทัดบนสุดของจอแสดงผลผลึกเหลว

ตารางที่ 2.14 คำสั่งกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นไบต์สูงของหน่วยความจำชั่วคราว

Register	R/W	RS	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
Instruction Register	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
Display Start Address Register	0	0	Start Address Upper Byte							

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8) Setting The Cursor (Lower) Address (RAM Read/Write Lower Address) (Code : 0AH) เป็นคำสั่งกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นไบต์สูงของหน่วยความจำชั่วคราว ที่ให้แสดงที่บรรทัดบนสุดของจอแสดงผลผลึกเหลว ดังตารางที่ 2.15

ตารางที่ 2.15 คำสั่งกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นไบต์ต่ำของตำแหน่งเคอร์เซอร์

Register	R/W	RS	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
Instruction Register	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0
Cursor Address Counter	0	0	Cursor Address Lower Byte							

2.9) Setting The Cursor (Upper) Address (RAM Read/Write Upper Address) (Code : 0BH) เป็นคำสั่งกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นไบต์สูงของตำแหน่งเคอร์เซอร์ ไว้ใน Cursor Counter ซึ่งเป็นตำแหน่งที่จะอ่าน หรือเขียนข้อมูลขณะนั้น และเคอร์เซอร์จะถูกแสดงที่ตำแหน่งนี้ด้วย (โหมดอักขระ) ดังตารางที่ 2.16

ตารางที่ 2.16 คำสั่งกำหนดตำแหน่งเริ่มต้นไบต์สูงของตำแหน่งเคอร์เซอร์

Register	R/W	RS	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
Instruction Register	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1
Cursor Address Counter	0	0	Cursor Address Upper Byte							

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.10) Writing Display Data (Code : 0CH) เป็นการเขียนรูปแบบข้อมูล หรือรหัส ASCII ลงในหน่วยความจำชั่วคราวที่ตำแหน่งที่ชี้โดย Cursor Address Counter และหลังจากการเขียนแล้วจะทำให้ Cursor Address Counter เพิ่มค่าขึ้น 1 ดังตารางที่ 2.17

ตารางที่ 2.17 การเขียนรูปแบบข้อมูล หรือรหัส ASCII ลงในหน่วยความจำชั่วคราว

Register	R/W	RS	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
Instruction Register	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0
RAM	0	0	MSB	Pattern Data, Character Code						LSB

2.11) Reading Display Data (Code : 0DH)

ตารางที่ 2.18 คำสั่งการอ่านข้อมูลที่ถูกชี้โดย Cursor Address Counter

Register	R/W	RS	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
Instruction Register	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1
RAM	1	0	MSB	Pattern Data, Character Code						LSB

เป็นการอ่านข้อมูลที่ถูกชี้โดย Cursor Address Counter และจะเพิ่มค่าขึ้นไปหนึ่งเมื่ออ่านเสร็จแต่การอ่านนี้มีความพิเศษอยู่ คือ เมื่อทำคำสั่งนี้จะเป็นการเอาค่าใน Output Register ใส่ใน DB7-DB0 แล้วจากนั้นจึงเอาค่าในหน่วยความจำชั่วคราวที่ถูกชี้โดยตำแหน่งเคอร์เซอร์ (ค่าที่ต้องการอ่าน) ไปไว้ที่ Output Register แล้วจึงเพิ่มค่าตำแหน่งเคอร์เซอร์ ขึ้นอีกหนึ่ง ดังนั้นจะเห็นว่าข้อมูลที่ได้จากการอ่านครั้งแรกเป็นข้อมูลที่ไม่ถูกต้อง หรือไม่ใช่ข้อมูลที่ต้องการ แต่การอ่านข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่ 2 จะเป็นข้อมูลที่ถูกต้อง ซึ่งการอ่านทั้ง 2 ครั้งนี้จะทำให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเคอร์เซอร์ เพิ่มขึ้น 2 ค่า ดังตารางที่ 2.18

1) เซตตำแหน่งเคอร์เซอร์ ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ต้องการอ่าน

2) อ่านข้อมูลครั้งแรกออกมาก่อนโดยไม่สนใจข้อมูลตัวแรกนี้เพราะเป็นข้อมูลเก่าที่ตกค้างอยู่ใน Output Register (Cursor = Cursor + 1)

3) อ่านข้อมูลครั้งที่สองซึ่งเป็นข้อมูลในตำแหน่งที่ต้องการจริงๆ (Cursor = Cursor + 1) ดังรูปที่ 2.48

รูปที่ 2.48 ลำดับการอ่านข้อมูล 1 ครั้ง

2.12) Bit Clear (Code : 0EH) เป็นคำสั่งในการเคียร์ข้อมูล ดังตารางที่ 2.19

ตารางที่ 2.19 คำสั่งเคลียร์ข้อมูล

Register	R/W	RS	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
Instruction Register	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0
Bit Clear	0	0	0	0	0	0	0	Nb - 1		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13) Bit Set (Code : 0FH) เป็นคำสั่งในการเซตข้อมูล ดังตารางที่ 2.20

ตารางที่ 2.20 คำสั่งเซตข้อมูล

Register	R/W	RS	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
Instruction Register	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1
Bit Clear	0	0	0	0	0	0	0	Nb - 1		

คำสั่งที่ 12 และ 13 นี้เป็นการสั่งเซต หรือเคลียร์ 1 บิตใน 1 ไบต์ของข้อมูลในหน่วยความจำชั่วคราวสำหรับแสดงผล โดยบิตเคลียร์จะทำให้บิตนั้นเป็น 0 และบิตเซตจะทำให้บิตเป็น 1 ซึ่งตำแหน่งหน่วยความจำชั่วคราวที่ถูกระบุโดยตำแหน่งเคอร์เซอร์ และเมื่อทำคำสั่งนี้เสร็จแล้วจะเพิ่มค่าขึ้นอีกหนึ่ง

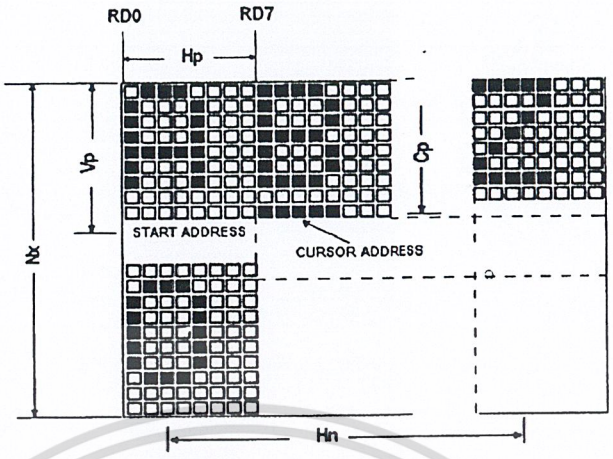
2.14) Reading The Busy Flag เป็นคำสั่งในการอ่าน Busy Flag ดังตารางที่ 2.21

ตารางที่ 2.21 คำสั่งอ่าน Busy Flag

Register	R/W	RS	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
Busy flag	1	1	1/0	x	x	x	x	x	x	X

เป็นคำสั่งอ่าน Busy Flag โดยจะแสดงที่บิต 7 ถ้าเป็น 1 แสดงว่าทำคำสั่งใดๆ คือคำสั่งที่ 1 ถึง 13 ยังไม่เสร็จถ้าเป็น 0 แสดงว่าเสร็จแล้ว และถ้า Busy Flag ยังเป็น 1 แล้วมีคำสั่งใหม่เข้ามาจะทำให้คำสั่งใหม่นี้ถูกยกเลิก และ Busy Flag นี้ไม่สามารถอ่านได้ทันทีหลังจากเขียนรหัสคำสั่ง ดังรูปที่ 2.49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.49 ความสัมพันธ์ของหน้าจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์ และค่าต่างๆ

3) การเปลี่ยนโหมด การเปลี่ยน โหมดของจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์ ในแต่ละโหมดสามารถทำได้โดยใช้คำสั่งเดียวคือคำสั่งที่ 1 (Code : 00H) ซึ่งการเปลี่ยนโหมดนี้สามารถทำได้โดยไม่จำเป็นต้อง รีเซต ตัวจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์ หรือจะเปลี่ยนโหมดขณะทำงานสลับกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

3.1 กล่าวนำ

ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีส่วนประกอบด้วยกัน 3 ส่วน คือ ส่วนของฮาร์ดแวร์ (Hardware), ส่วนของซอฟต์แวร์ (Software) และส่วนใบงานการทดลอง โดยในส่วนซอฟต์แวร์ คือ โปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software ซึ่งประกอบด้วย 4 ส่วน คือ ส่วน ทำงานทั้งหมดในหน้าต่างเดียว, เขียนโปรแกรม, แปลงโปรแกรม และติดต่อฮาร์ดแวร์ โดยในส่วนของการทำงานทั้งหมดในหน้าต่างเดียวจะรวมการเขียนโปรแกรม, แปลงโปรแกรม และติดต่อฮาร์ดแวร์ไว้ในหน้าต่างเดียวจึงทำให้ผู้ใช้สามารถใช้งานโปรแกรมได้สะดวก ในส่วนของฮาร์ดแวร์จะประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ โมดูลหลัก (Main Module), โมดูลอินเตอร์เฟส (Interface Mudule) และชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยโมดูลหลักจะเป็นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ ที่รวมเข้าด้วยกันซึ่งอยู่ในรูป "โมดูล" ประกอบด้วย 13 โมดูลย่อยดังนี้

1) โมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCU Module)
2) โมดูลหน่วยความจำถาวร (ROM Mudule)
3) โมดูลหน่วยความจำชั่วคราว (RAM Module)
4) โมดูลแลตช์ (Latch Module)
5) โมดูลแหล่งจ่ายไฟ (Power Supply Module)
6) โมดูลสำรองไฟเลี้ยงหน่วยความจำชั่วคราว (RAM Backup Module)
7) โมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ (Memory Decode Module)
8) โมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต (I/O Decode Module)
9) โมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม (RS232 Module)
10) โมดูล 8255A (8255A Module)
11) โมดูล 8255B (8255B Module)
12) โมดูล 8255C (8255C Module)
13) โมดูล 8255D (8255D Module)

ส่วน โมดูลอินเตอร์เฟส (Interface Module) จะเป็นส่วนของโมดูลทดลองเพื่อการเรียนรู้ ซึ่งอยู่ในรูป "โมดูล" ประกอบด้วย 10 โมดูลย่อยดังนี้

1) โมดูลบัซเซอร์ ลำโพง และอาร์ทีซี (Buzzer Speaker and RTC Module)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) โมดูลดีซีมอเตอร์ (DC Motor Module)

3) โมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์ (Dotmatrix LED Module)

4) โมดูลเบสิกอินพุต (Basic Input Module)

5) โมดูลเบสิกเอาต์พุต (Basic Output Module)

6) โมดูลแป้นพิมพ์ (Keyboard Module)

7) โมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์ (LCD Graphic Module)

8) โมดูลโฟโต้บอร์ด (Photoboard Module)

9) โมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์ (Stepping Motor Module)

10) โมดูลแสดงผล 7 ส่วน (SevenSegment Module)

ซึ่งการใช้งานแต่ละโมดูลจะเสียบเข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในรูปแบบเฮดเดอร์เพื่อใช้งาน ส่วนใบงานการทดลองนั้นประกอบด้วย 12 ใบ

ใบงานที่ 1 การโปรแกรม 8255

ใบงานที่ 2 การเขียนโปรแกรมหน่วงเวลาสำหรับ MCS-51

ใบงานที่ 3 การเขียนโปรแกรมใช้งาน 8255 ควบคุมโมดูลเบสิกเอาต์พุต

ใบงานที่ 4 การเขียนโปรแกรมใช้งาน 8255 เป็นอินพุตและเอาต์พุต ควบคุมโมดูลเบสิกอินพุตและโมดูลเบสิกเอาต์พุต

ใบงานที่ 5 การเขียนโปรแกรมใช้งาน 8255 ควบคุมโมดูลแสดงผล 7 ส่วน

ใบงานที่ 6 การเขียนโปรแกรมใช้งาน 8255 ควบคุมโมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์

ใบงานที่ 7 การเขียนโปรแกรมใช้งาน 8255 ควบคุมโมดูลแป้นพิมพ์ และโมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วน

ใบงานที่ 8 การเขียนโปรแกรมใช้งาน 8255 ควบคุมโมดูลดีซีมอเตอร์

ใบงานที่ 9 การเขียนโปรแกรมใช้งาน 8255 ควบคุมโมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์

ใบงานที่ 10 การเขียนโปรแกรมใช้งาน 8255 ควบคุมบัซเซอร์

ใบงานที่ 11 การเขียนโปรแกรมใช้งาน 8255 ควบคุมลำโพง

ใบงานที่ 12 การเขียนโปรแกรมใช้งาน 8255 ควบคุมโมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์ในส่วนโมดูลหลัก

การออกแบบชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะอาศัยพื้นฐานการออกแบบเช่นเดียวกับการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบใช้งานหน่วยความจำภายนอกดังนั้นจึงมีการออกแบบที่เป็นมาตราฐานเดียวกัน แต่เนื่องจากชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แตกต่างออกไปจากการใช้งานพื้นฐาน คือ สามารถควบคุมชุดอินเตอร์เฟสได้พร้อมกัน 2 จุดจึงจำเป็นต้องออกแบบในส่วนพอร์ตเพิ่ม คือ ใช้ 8255 2 ตัว และเนื่องจากชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถใช้ชุดอินเตอร์เฟสซ้อนกันได้ จึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของโมดูลอินเตอร์เฟสในแต่ละชั้นจึงจำเป็นต้องใช้ 8255 เพิ่มอีก 2 ตัวในการควบคุมชั้น โดยตามทฤษฎีแล้วสามารถควบคุมได้ 8 ชั้น

3.2.1 โมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์

โมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นโมดูลใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ซึ่งสามารถใช้งานได้สองแบบ คือ แบบมีหน่วยความจำภายใน และแบบไม่มีหน่วยความจำภายในหรืออาจจะเรียกได้ว่าใช้งานหน่วยความจำถาวร (ROM) และหน่วยความจำชั่วคราว (RAM)

โมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นโมดูลซึ่งทำหน้าที่ในการต่อร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 สามารถใช้ได้หลายเบอร์ ทั้งแบบที่มีขาต่อใช้งาน 20 ขา และแบบ 40 ขา ที่ใช้งานในความถี่ 11.0592 MHz โดยเบอร์ไอซีที่สามารถใช้งานได้กับโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์ มีดังนี้

แบบ 20 ขา เช่น เบอร์ 89C1051, 89C2051 และ 89C4051

แบบ 40 ขา เช่น เบอร์ 80C31, 80C32, 89C51, 89C52, 80C51 และ 80C52

โมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถใช้งานได้โดยเสียบเข้ากับฐานของชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 หรือสามารถใช้งานโดยต่อแรงดันไฟให้กับตัวโมดูไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางช่องต่อแรงดันไฟ และตัวโมดูลมีเฮดเดอร์ (Header) ซึ่งทำหน้าที่เป็นพอร์ตให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้โดยมีพอร์ตทั้งหมด 4 พอร์ต คือ พอร์ต 0, พอร์ต 1, พอร์ต 2, พอร์ต 3 โดยอยู่ในรูป เฮดเดอร์ขนาด 5 x 2

1) คุณสมบัติโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์

1.1) สามารถใช้งานได้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ทั้งแบบ 20 ขา และแบบ 40 ขา หลายเบอร์ เช่น 89C1051, 89C2051, 89C4051, 80C31, 80C32, 89C51, 89C52, 80C31 และ 80C32

1.2) สัญญาณนาฬิกาที่ใช้งาน คือ ความถี่ 11.0592 MHz

1.3) ใช้ไอซีรีเซต เบอร์ DS1232 ทำหน้าที่ในการรีเซต (Reset)

1.4) สามารถเลือกการใช้หน่วยความจำได้จากจัมเปอร์ (Jumper)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5) ติดต่อกับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ผ่านเฮดเดอร์โดยใช้การเสียบผ่านทางเฮดเดอร์ขนาด 12 x 2 และ 13 x 2

1.6) พอร์ตต่อใช้งานแยกเป็น 4 พอร์ต ในรูปเฮดเดอร์ขนาด 10 ขา โดยมีแรงดัน 5 โวลต์สำหรับจ่ายให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่นำมาต่อพ่วง

1.7) ใช้แหล่งจ่ายแรงดัน 5 โวลต์

2) วงจรของโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์

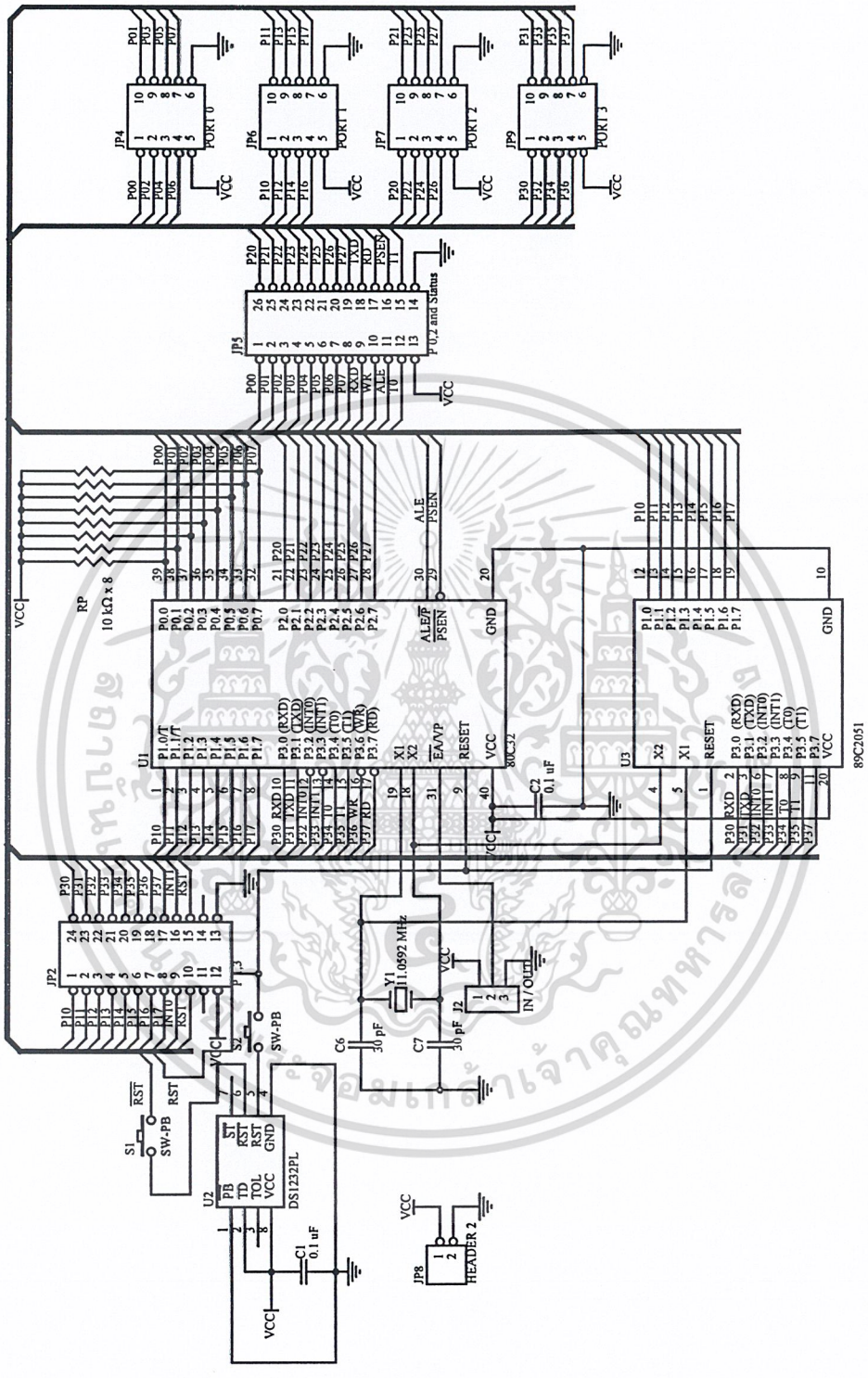
จากรูปที่ 3.1 เป็นวงจรของ โมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งประกอบไปด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ทั้งแบบ 40 ขา และ 20 ขา ซึ่งอยู่ในรูปซ็อกเกตซ้อนกันอยู่ โดยการใช้งานจะสลับกันใช้ ส่วนไอซี DS1232 เป็นไอซีรีเซต ซึ่งจะผลิตสัญญาณนาฬิกา ผ่านขา RST และ $\overline{\text{RST}}$ โดยขา $\overline{\text{RST}}$ จะผลิตสัญญาณนาฬิกาออกมาเป็นลอจิก “0” นาน 2 แมชชีนไซเคิลส่วนขา RST จะผลิตสัญญาณรีเซตเป็นลอจิก “1” นาน 2 แมชชีนไซเคิลก่อนจะเปลี่ยนเป็นลอจิก 0 สัญญาณซึ่งสัญญาณที่ได้จากขา RST เป็นสัญญาณที่สามารถนำไปสั่งรีเซตให้กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ได้ดังนั้น จึงนำสัญญาณจากขานี้ต่อเข้ากับสวิตช์แบบกดติดปล่อยดับผ่านเข้าขา 9 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เพื่อควบคุมการรีเซต

จากวงจรที่ 3.1 ส่วนที่ทำหน้าที่ในการติดต่อกับส่วนต่างๆ ในชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 คือ เฮดเดอร์ JP1 และ JP2 โดยเฮดเดอร์ JP1 เป็นเฮดเดอร์ขนาด 24 ขาต่อเข้ากับฐานชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยเฮดเดอร์ JP1 จะมีพอร์ตรวมอยู่ภายใน 2 พอร์ต คือ พอร์ต 1, พอร์ต 3 และยังมีขาสัญญาณอื่นๆ รวมอยู่ภายในด้วย คือ ขา $\overline{\text{INT0}}$, $\overline{\text{INT1}}$, RST และ $\overline{\text{RST}}$ นอกจากนั้นยังมีขา VCC และ GND

ส่วนเฮดเดอร์ JP2 เป็นเฮดเดอร์ขนาด 26 ขา ซึ่งรวมพอร์ต 0, พอร์ต 2 และมีขาสัญญาณ RXD, TXD, $\overline{\text{WR}}$, $\overline{\text{RD}}$, ALE, $\overline{\text{PSEN}}$, T0 และ T1 นอกจากนั้นยังมีขา VCC และ GND

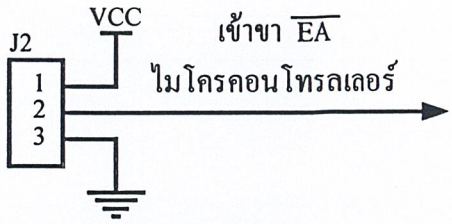
นอกจากนี้ยังมีเฮดเดอร์ JP4, JP6, JP7 และ JP9 ซึ่งเป็นเฮดเดอร์ขนาด 10 ขา ทำหน้าที่ในการเชื่อมสัญญาณผ่านคอนเน็คเตอร์ไปยังวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ โดยเฮดเดอร์ JP4 เป็นพอร์ต 0, เฮดเดอร์ JP6 เป็นบอร์ด 1, เฮดเดอร์ JP7 เป็นพอร์ต 2 และเฮดเดอร์ JP9 เป็นพอร์ต 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 วงจรโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ส่วนเลือกการติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมภายนอก

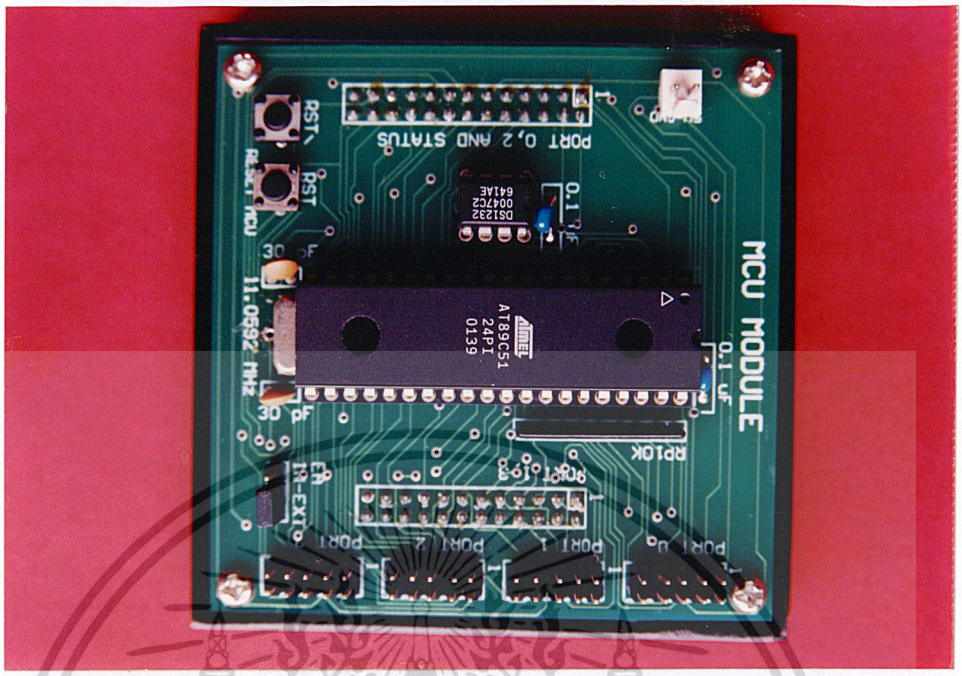
จากรูปที่ 3.2 เป็นส่วนที่ใช้สำหรับเลือกการติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมภายนอก ซึ่งใช้เฮดเดอร์ขนาด 3 ขา โดยขา 1 ของเฮดเดอร์ต่อเข้า VCC, ขา 2 ของเฮดเดอร์ต่อเข้าขา $\overline{EA}$ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และขา 3 ของเฮดเดอร์ จะต่อเข้ากราวด์ การเลือกหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมภายนอกสามารถเลือกจากจัมเปอร์ตามคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 คือ

ป้อนลอจิก "0" ให้ขา $\overline{EA}$ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 จะเป็นการเลือกติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมภายนอกตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ป้อนลอจิก "1" ให้ขา $\overline{EA}$ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 จะเป็นการเลือกติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ดังนั้นจากการใช้จัมเปอร์ ต่อขา 1 และขา 2 ของเฮดเดอร์เข้าด้วยกันจะเป็นการเลือกติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และหากใช้จัมเปอร์ ต่อระหว่างขา 2 และขา 3 ของเฮดเดอร์จะเป็นการเลือกติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



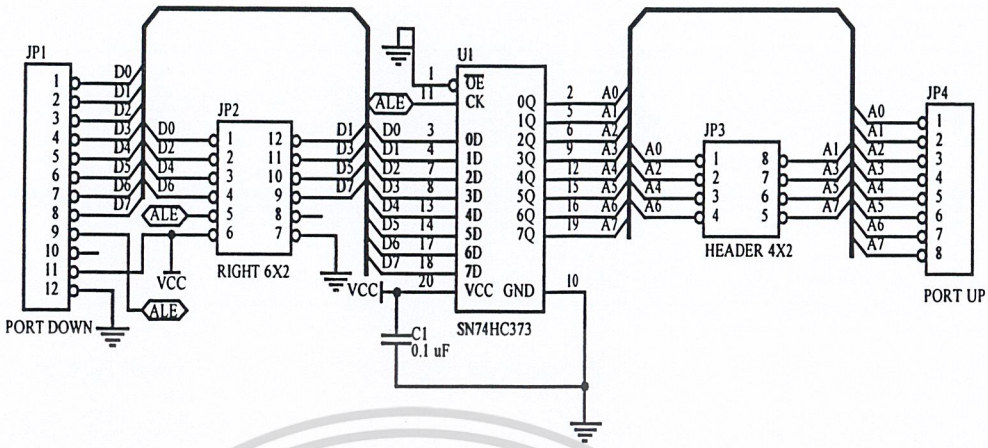
รูปที่ 3.3 โมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์

3.2.2 โมดูลแลตช์

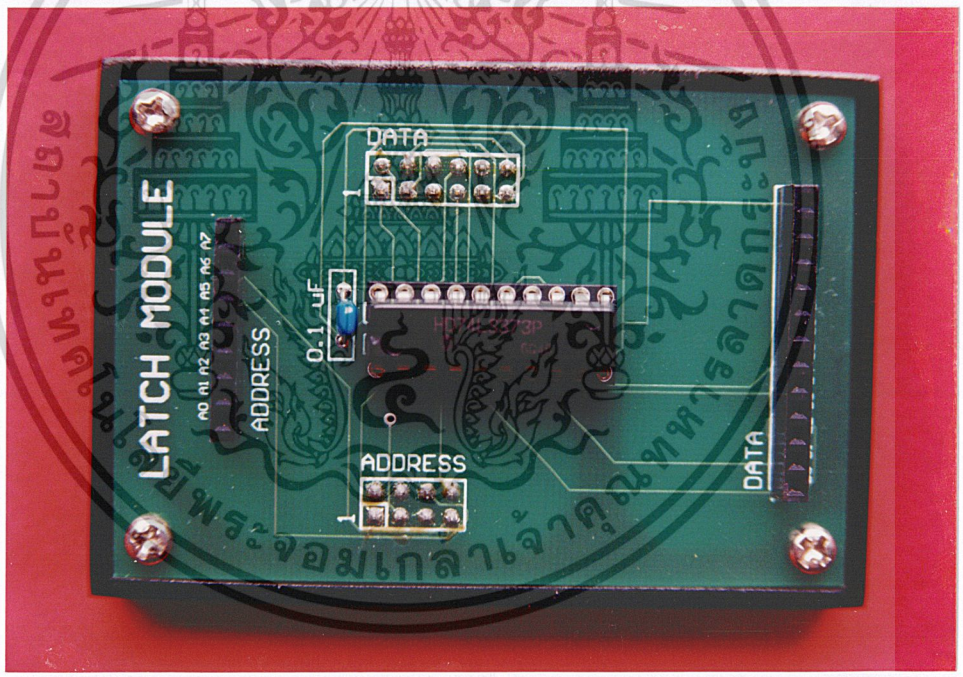
โมดูลแลตช์ เป็นโมดูลซึ่งทำหน้าที่ในการจำค่าตำแหน่งหน่วยความจำไบต์ต่ำ ทางพอร์ต 0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ไว้เนื่องจากพอร์ต 0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะทำงาน 2 หน้าที่ คือ เป็นบัสตำแหน่งหน่วยความจำไบต์ต่ำ และทำหน้าที่เป็นบัสข้อมูล จึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ ซึ่งทำหน้าที่เก็บตำแหน่งหน่วยความจำไว้ โดยอุปกรณ์นั้น คือ อุปกรณ์แลตช์

จากวงจรในรูปที่ 3.4 ประกอบด้วยไอซี 74HC373 ซึ่งทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ในการจำค่าตำแหน่งหน่วยความจำไบต์ต่ำไว้ โดยจะมีการทำงานได้ต่อเมื่อสัญญาณลอจิก “1” จากขา ALE ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ป้อนเข้าขา CK ของไอซี 74HC373 จึงจะทำให้ไอซี 74HC373 ทำงาน สำหรับเฮดเดอร์ JP2 และ JP3 ทำหน้าที่เชื่อมต่อโมดูลแลตช์เข้ากับ Module ต่างๆ โดยต่อเข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยเฮดเดอร์ JP2 ทำหน้าที่เป็นบัสข้อมูลต่อลักษณะเดียวกับเฮดเดอร์ JP2 และเฮดเดอร์ JP4 ต่อลักษณะเดียวกับเฮดเดอร์ JP3 และต่อเข้ากับขา ALE ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เฮดเดอร์ JP3 ทำหน้าที่เป็นบัสตำแหน่งหน่วยความจำไบต์ต่ำ สำหรับ เฮดเดอร์ JP1 และ JP4 เป็นบัสตำแหน่งหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 วงจรโมดูลแลตช์

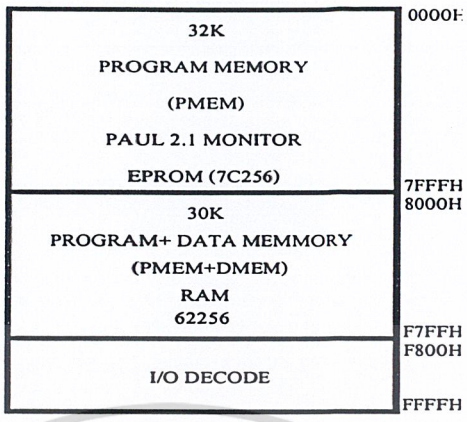


รูปที่ 3.5 โมดูลแลตช์

3.2.3 โมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ

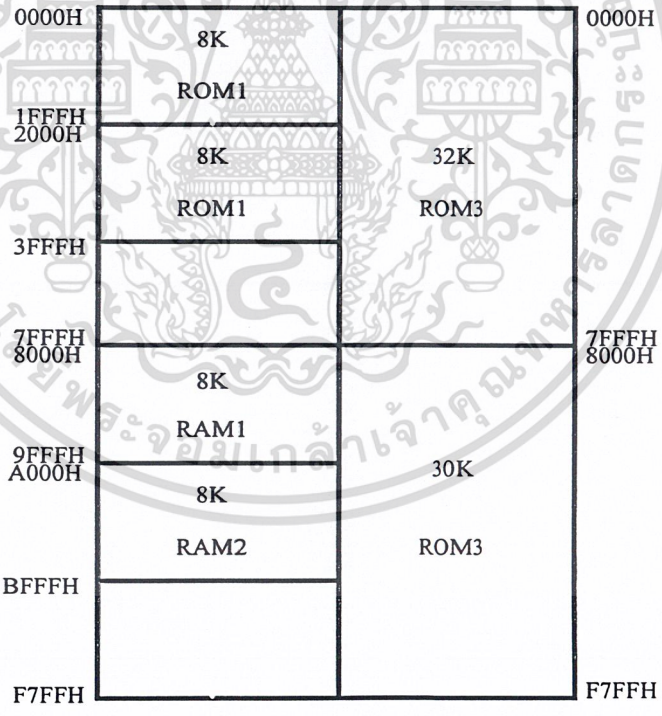
โมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ ทำหน้าที่กำหนดการทำงานให้หน่วยความจำเนื่องจากชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีหน่วยความจำ 2 แบบ คือ หน่วยความจำถาวร และหน่วยความจำชั่วคราว ตำแหน่งหน่วยความจำจำเป็นต้องมีการกำหนดตำแหน่งที่ชัดเจน และเหมาะสม ซึ่งสามารถแสดงเป็นแผนผังตำแหน่งหน่วยความจำดังรูปที่ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แผนผังตำแหน่งหน่วยความจำ

จากแผนผังในรูปที่ 3.6 ส่วนที่นำมาใช้กับการออกแบบ คือ ตำแหน่ง 0000H-0F7FFH โดยนำมาเขียนเป็นแผนผังตำแหน่งของหน่วยความจำได้ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แผนผังตำแหน่งของหน่วยความจำถาวร และหน่วยความจำชั่วคราว

จากแผนผังตำแหน่งของหน่วยความจำถาวร และหน่วยความจำชั่วคราว ในรูปที่ 3.7 พบว่าส่วนของหน่วยความจำถาวร มีการถอดรหัสตำแหน่งเป็น 3 ส่วน คือ หน่วยความจำถาวร 1 ขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8 กิโลไบต์ สามารถทำงานได้ที่ตำแหน่ง 0000H-1FFFH หน่วยความจำถาวร2 ขนาด 8 กิโลไบต์ สามารถทำงานได้ที่ตำแหน่ง 2000H-3FFFH และหน่วยความจำถาวร ROM3 ขนาด 32 กิโลไบต์ ทำงานที่ตำแหน่ง 0000H-7FFFH ในส่วนของหน่วยความจำชั่วคราวมีการถอดรหัสตำแหน่งเป็น 3 ส่วน คือ หน่วยความจำชั่วคราว 1 ขนาด 8 กิโลไบต์ สามารถทำงานได้ที่ตำแหน่ง 8000H-9FFFH, หน่วยความจำชั่วคราว 2 ขนาด 8 กิโลไบต์ ทำงานที่ตำแหน่ง 0A000H-0BFFFH และหน่วยความจำชั่วคราว 3 ขนาด 30 กิโลไบต์ แต่เนื่องจากหน่วยความจำชั่วคราวไม่มีขนาด 30 กิโลไบต์ จึงจำเป็นต้องใช้ขนาด 32 กิโลไบต์ โดยสามารถทำงานที่ตำแหน่ง 8000H-0F7FFH ได้

จากตำแหน่งของหน่วยความจำ ซึ่งมีการจองพื้นที่ให้กับอุปกรณ์หน่วยความจำต่างๆ นำมาถอดรหัสได้ดังนี้

1) การออกแบบการถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ ตำแหน่ง 0000H-1FFFH และ 0000H-3FFFH

จากตำแหน่งของหน่วยความจำนำมาเขียนเป็นเลขไบนารี่ในรูปของตำแหน่งได้ดังตารางที่ 3.1 และตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 ตำแหน่งหน่วยความจำ ตำแหน่งที่ 0000H-1FFFH และ 2000H-3FFFH

A_{15}	A_{14}	A_{13}	A_{12}	A_{11}	A_{10}	A_9	A_8	A_7	A_6	A_5	A_4	A_3	A_2	A_1	A_0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

จากตารางที่ 3.1 หาความสัมพันธ์พบว่าตำแหน่ง A_{15}, A_{14} และ A_{13} มีความสัมพันธ์ตรงกับคุณสมบัติ ไอซี 74LS138 ที่ขา C, B และ A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 ตำแหน่งหน่วยความจำ ตำแหน่งที่ 0000H-1FFFH และ 2000H-3FFFH ซึ่งมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติของไอซี 74LS138

A_{15}	A_{14}	A_{13}
0	0	0
0	0	0
0	0	1
0	0	1

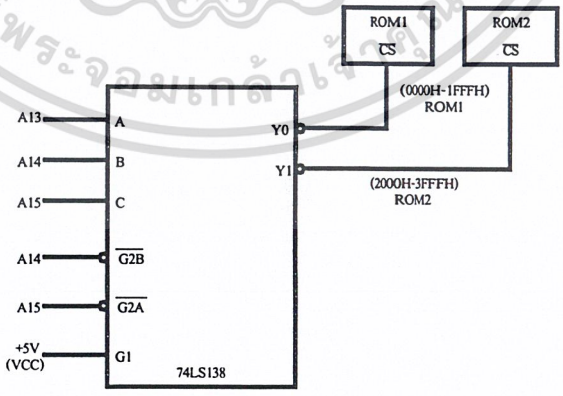
ดังนั้นจึงนำตำแหน่งหน่วยความจำ A_{13} ต่อเข้ากับขา A ของ 74LS138

ดังนั้นจึงนำตำแหน่งหน่วยความจำ A_{14} ต่อเข้ากับขา B ของ 74LS138

ดังนั้นจึงนำตำแหน่งหน่วยความจำ A_{15} ต่อเข้ากับขา C ของ 74LS138

แต่เนื่องจากไอซี 74LS138 มีขาซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการทำงานอีก คือ ขา $\overline{G2A}$, $\overline{G2B}$ และขา G1 ซึ่งมีคุณสมบัติ คือ

ขา G1 จะต้องเป็นลอจิก “1” เท่านั้น ไอซี 74LS138 จึงจะสามารถทำงานได้ และขา $\overline{G2A}$ และ $\overline{G2B}$ เมื่อนำมา OR กันจะต้องเป็นลอจิก “0” เท่านั้น คือ $\overline{G2A} + \overline{G2B} = 0$ ไอซี 74LS138 จึงจะสามารถทำงานได้ ซึ่งต่อขา G1 เข้ากับ VCC และการต่อ $\overline{G2A}$ เข้ากับขาตำแหน่ง A_{15} และต่อตำแหน่ง A_{14} เข้ากับ $\overline{G2B}$ ได้ดังรูปที่ 3.8

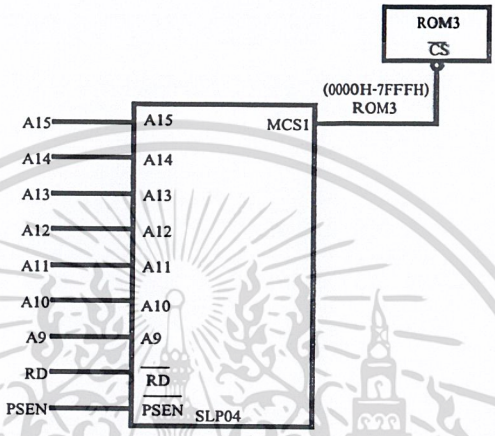


รูปที่ 3.8 วงจรถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำตำแหน่ง 0000H-1FFFH และ 2000H-3FFFH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การออกแบบการถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำตำแหน่ง 0000H-7FFFH

การออกแบบการถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำตำแหน่ง 0000H-7FFFH จะใช้ ไอซีสำเร็จรูป เบอร์ SLP04 ซึ่งมีคุณสมบัติในการถอดรหัสในตำแหน่งนี้ โดยสามารถออกแบบวงจรได้ดังรูปวงจรในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 วงจรถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำตำแหน่ง 0000H-7FFFH

ดังนั้นจึงนำตำแหน่ง A_9-A_{15} ต่อเข้ากับไอซี SLP04 และสัญญาณ $\overline{RD}$ ต่อเข้ากับขา $\overline{RD}$ และ $\overline{PSEN}$ ต่อเข้ากับขา $\overline{PSEN}$ ตามลำดับ และนำสัญญาณที่ได้ไปควบคุมหน่วยความจำถาวร ROM3 ที่ตำแหน่ง 0000H-7FFFH

3) การออกแบบการถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำตำแหน่ง 8000H-9FFFH และ A000H-BFFFH

จากตำแหน่งหน่วยความจำนำมาเขียนเป็นเลขไบนารี่ ในรูปของตำแหน่งได้ดังตารางที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 ตำแหน่งหน่วยความจำ ตำแหน่งที่ 8000H-9FFFH และ A000H-BFFFH

A_{15}	A_{14}	A_{13}	A_{12}	A_{11}	A_{10}	A_9	A_8	A_7	A_6	A_5	A_4	A_3	A_2	A_1	A_0	Address
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8000H
1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9FFFH
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	A000H
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	BFFFH

จากตารางที่ 3.3 หาความสัมพันธ์พบว่าตำแหน่ง A_{15}, A_{14} และ A_{13} มีความสัมพันธ์กันซึ่งตรงกับ คุณสมบัติของไอซี 74LS138 ที่ ขา C, B และ A

ตารางที่ 3.4 ตำแหน่งหน่วยความจำ ตำแหน่งที่ 8000H-9FFFH และ A000H-BFFFH ซึ่งมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติของไอซี 74LS245

A15	A14	A13
1	0	0
1	0	0
1	0	1
1	0	1

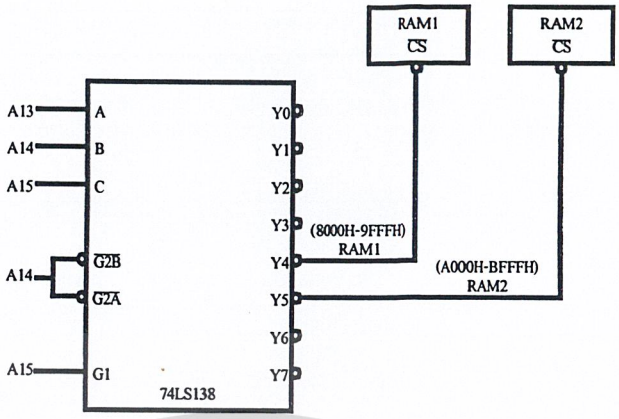
ดังนั้นจึงนำตำแหน่งหน่วยความจำ A_{13} ต่อเข้ากับขา A ของ 74LS138

ดังนั้นจึงนำตำแหน่งหน่วยความจำ A_{14} ต่อเข้ากับขา B ของ 74LS138

ดังนั้นจึงนำตำแหน่งหน่วยความจำ A_{15} ต่อเข้ากับขา C ของ 74LS138

แต่เนื่องจากไอซี 74LS138 ยังมีขาที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงาน คือ ขา $\overline{G2A}$, $\overline{G2B}$ และขา G1 มีคุณสมบัติดังได้กล่าวไปแล้ว จึงจะต้องต่อขา G1 ของไอซี 74LS138 เข้าตำแหน่ง A_{15} ส่วนขา $\overline{G2A}$ และ $\overline{G2B}$ ต่อเข้าตำแหน่ง A_{14} โดยการต่อสามารถต่อได้ดังรูปที่ 3.10

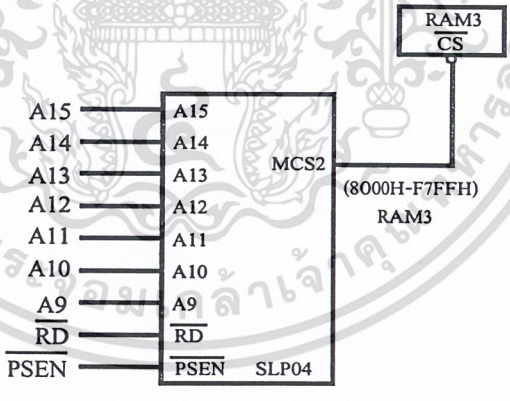
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 วงจรถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำตำแหน่ง 8000H-9FFFH และ A000H-BFFFH

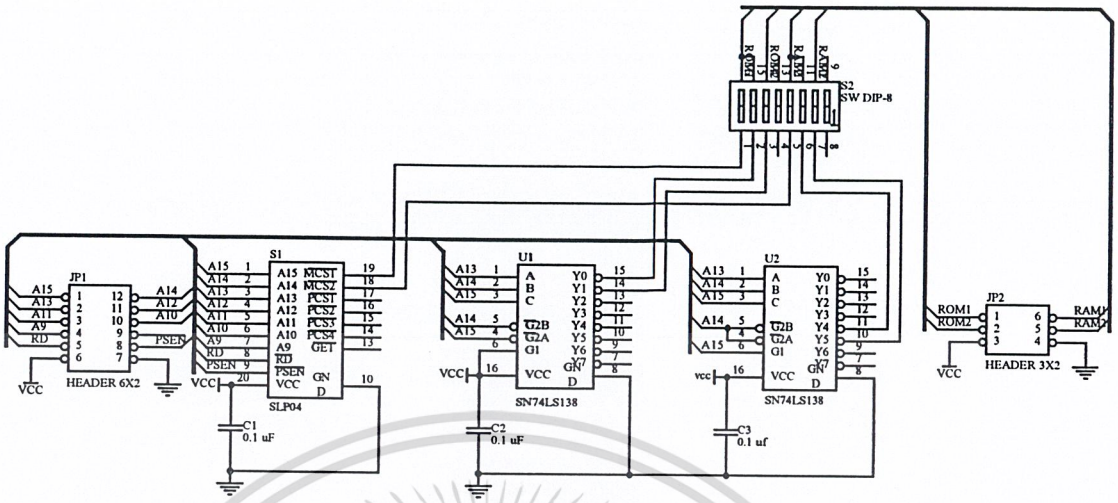
4) การออกแบบการถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำตำแหน่ง 8000H-F7FFH

การออกแบบตำแหน่งหน่วยความจำในส่วนนี้จะใช้วงจรร่วมกับการออกแบบตำแหน่งหน่วยความจำตำแหน่ง 0000H-7FFFH ได้เนื่องจากไอซี SLP04 มีการออกแบบในส่วนของการถอดรหัส 8000H-F7FFH ไว้แล้วจึงสามารถนำมาต่อเป็นวงจรได้ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 วงจรถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำตำแหน่ง 8000H-0F7FFH ซึ่งใช้ร่วมกับวงจรถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำตำแหน่ง 0000H-7FFFH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



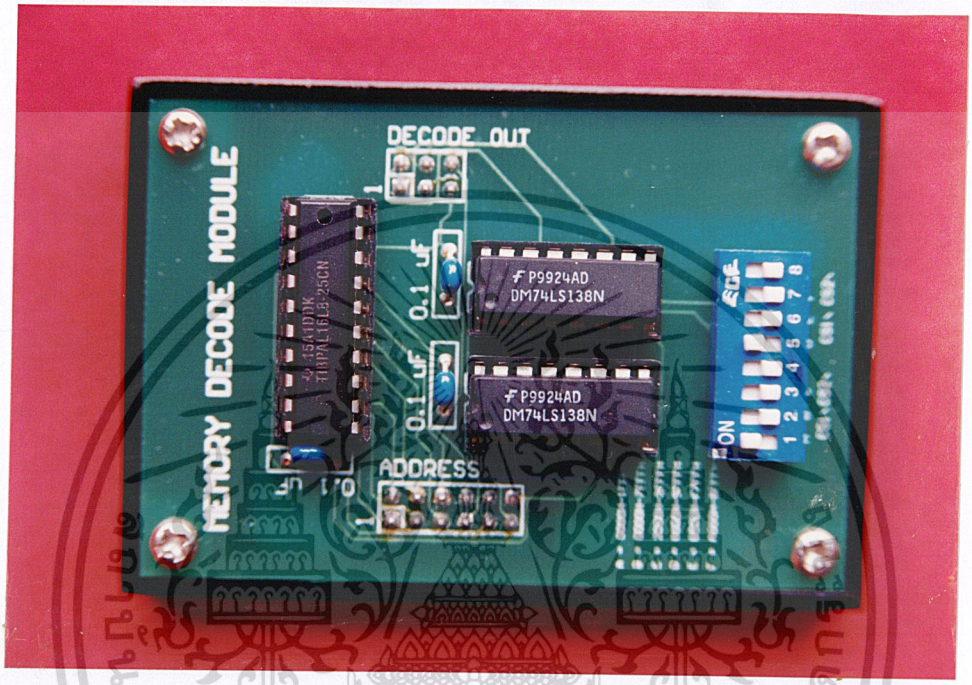
รูปที่ 3.12 วงจรโมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ

จากวงจรในรูปที่ 3.12 ประกอบด้วยไอซี SLP04 และไอซี 74LS138 2 ตัว เฮดเดอร์ และดิพสวิตช์ โดยไอซี SLP04 ทำหน้าที่ในการถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำถาวร 3 ตัว และหน่วยความจำชั่วคราว 3 ตัว ดังที่ได้กล่าวไปแล้ว สำหรับไอซี 74LS138 ซึ่งตรงกับ U1 ในวงจรทำหน้าที่ถอดรหัสตำแหน่ง หน่วยความจำถาวร 1 และหน่วยความจำถาวร 2 ส่วนไอซี 74LS138 ตรงกับ U2 ในวงจรทำหน้าที่ในการถอดรหัสตำแหน่ง หน่วยความจำชั่วคราว RAM1 และหน่วยความจำชั่วคราว 2 ตามลำดับ ซึ่งได้กล่าวไปแล้ว สำหรับเฮดเดอร์ JP1 และ JP2 เป็นส่วนเชื่อมต่อโมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำเข้ากับโมดูลอื่นๆ โดยเสียบเข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สำหรับดิพสวิตช์ทำหน้าที่เลือกสัญญาณจากวงจรส่งออกไปทางเฮดเดอร์โดยมีเงื่อนไข คือ

หากต้องการเลือกการถอดรหัสหน่วยความจำถาวรตรงกับสวิตช์ 1-3 ในดิพสวิตช์โดยหากเลื่อนสวิตช์หมายเลข 1 ขึ้น จะเป็นการเลือกถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำที่ตำแหน่ง 0000H-7FFFH โดยไม่ต้องเลื่อนสวิตช์หมายเลข 2 และ 3 หากต้องการถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำตำแหน่ง 0000H-1FFFH ต้องไม่เลื่อนสวิตช์หมายเลข 1 และเลื่อนสวิตช์หมายเลข 2 ขึ้น และถ้าต้องการถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำตำแหน่ง 2000H-3FFFH ให้เลื่อนสวิตช์หมายเลข 3 ขึ้น สำหรับการเลือกการถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำชั่วคราว มีการเลือกเช่นเดียวกับการถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำถาวร คือ หากต้องการถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำตำแหน่ง 8000H-F7FFH ให้เลื่อนสวิตช์หมายเลข 6 ขึ้น และไม่เลื่อนสวิตช์หมายเลข 7 และ 8 หากต้องการเลือกการถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำที่ตำแหน่ง 8000H-9FFFH ต้องเลื่อนสวิตช์ หมายเลข 6 ขึ้น และไม่เลื่อนสวิตช์หมายเลข 7 หากต้องการถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำที่ตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A000H-BFFFH ต้องเลื่อนสวิตช์หมายเลข 7 ขึ้น ส่วนสุดท้าย คือ เฮดเดอร์ โดยเฮดเดอร์ JP1 จะต่อเข้ากับตำแหน่ง A_9-A_{15} และขาสัญญาณ $\overline{RD}$ และ $\overline{PSEN}$ สำหรับเฮดเดอร์ JP2 เป็นเฮดเดอร์ทำหน้าที่ส่งสัญญาณที่ได้จากการถอดรหัสแล้วให้กับโมดูลอื่นๆ

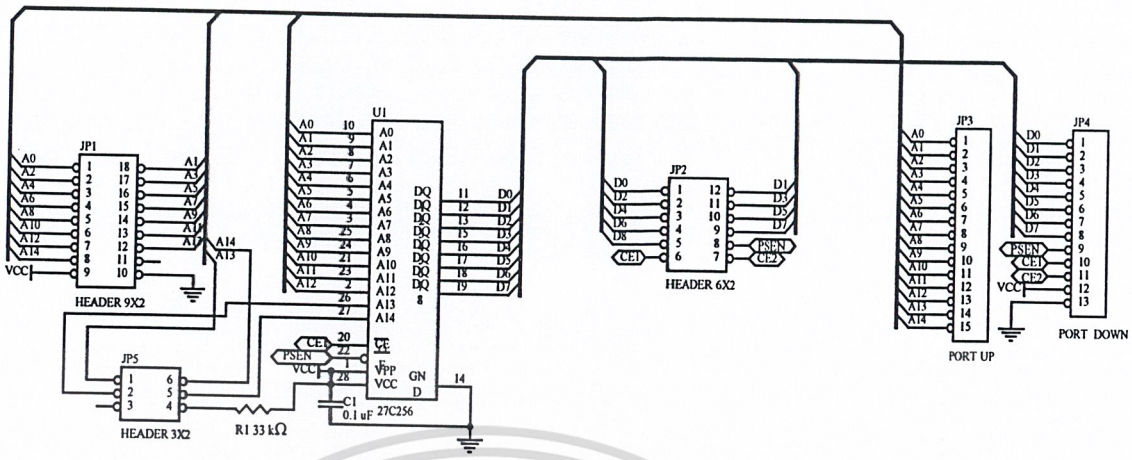


รูปที่ 3.13 โมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ

3.2.4 โมดูลหน่วยความจำถาวร

โมดูลหน่วยความจำถาวรใช้หน่วยความจำประเภทหน่วยความจำถาวร เพื่อทำหน้าที่เป็นหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 การออกแบบในส่วนนี้จำเป็นต้องเกี่ยวข้องกับการออกแบบการถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำมีการกำหนดขนาดของ หน่วยความจำถาวรไว้ 2 ขนาด คือ 8 กิโลไบต์ และ 32 กิโลไบต์ ดังนั้นการออกแบบจึงต้องรองรับขนาดของหน่วยความจำถาวร 2 ขนาด คือ 8 กิโลไบต์ และ 32 กิโลไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 วงจรโมดูลหน่วยความจำถาวร

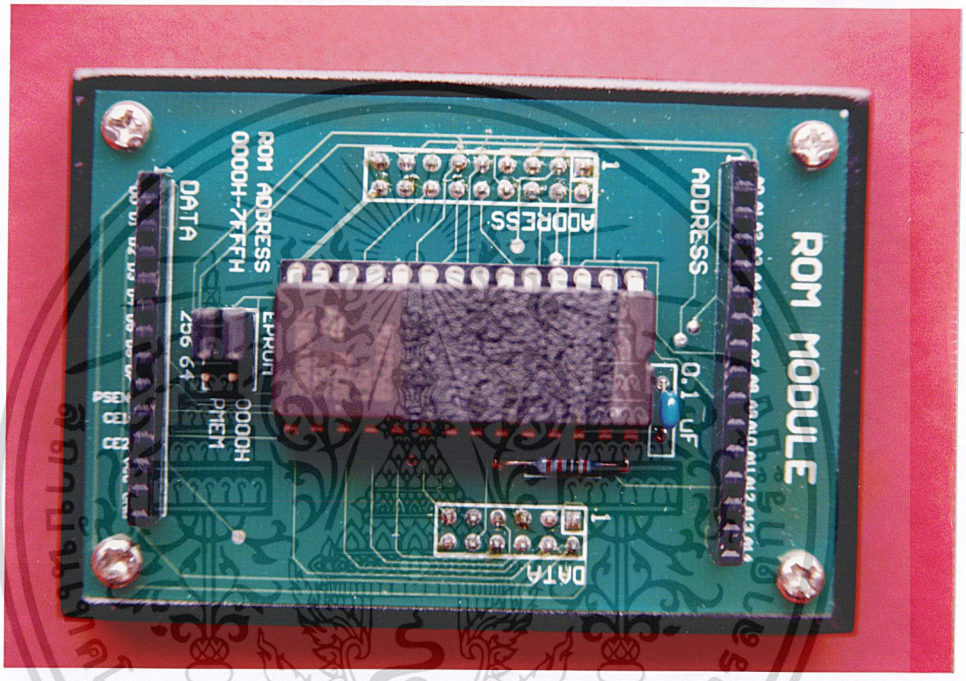
จากวงจรในรูปที่ 3.14 ประกอบด้วยหน่วยความจำถาวร และเฮดเดอร์ต่างๆ ซึ่งการใช้งานจะใช้หน่วยความจำถาวรชนิดโปรแกรมใหม่ได้แทนหน่วยความจำถาวรโดยสามารถใช้งานได้ 2 เบอร์ คือ 27C64 และ 27C256 มีขนาด 8 กิโลไบต์ และ 32 กิโลไบต์ ตามลำดับแต่การใช้งานจะขึ้นอยู่กับการถอดรหัสตำแหน่งของหน่วยความจำด้วยดังที่ได้กล่าวไปแล้ว

ในส่วนของเฮดเดอร์นั้น เฮดเดอร์ JP1 และ JP2 จะทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อโมดูลเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยเฮดเดอร์ JP1 จะทำหน้าที่เป็นบัสตำแหน่งหน่วยความจำโดยมีตำแหน่งตั้งแต่ A_0-A_{14} ส่วนเฮดเดอร์ JP2 ทำหน้าที่เป็นบัสข้อมูล และต่อเข้ากับขาสัญญาณ $\overline{\text{PSEN}}$ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ซึ่งเป็นสัญญาณที่ทำหน้าที่ในการอ่านข้อมูลจาก หน่วยความจำถาวร สำหรับการต่อเข้ากับโมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ ซึ่งแทนด้วย $\overline{\text{CE1}}$ และ $\overline{\text{CE2}}$ โดย $\overline{\text{CE1}}$ ตรงกับตำแหน่ง 0000H-7FFFH และ 0000H-1FFFH ซึ่งเลือกได้จากโมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำดังได้กล่าวไว้ข้างต้น สำหรับ $\overline{\text{CE2}}$ ตรงกับตำแหน่งหน่วยความจำ 2000H-3FFFH ทำให้สามารถต่อโมดูลหน่วยความจำถาวรซ้อนได้ โดยต่อเข้ากับเฮดเดอร์ JP3 และ JP4 โดยเฮดเดอร์ JP3 ทำหน้าที่เป็นตำแหน่งบัส A_0-A_{14} และเฮดเดอร์ JP4 ทำหน้าที่เป็นบัสข้อมูล และยังรวมสัญญาณ $\overline{\text{PSEN}}$ จากไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้าไปด้วย และมีสัญญาณจากโมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ $\overline{\text{CE1}}$ และ $\overline{\text{CE2}}$ รวมเข้าไว้ในเฮดเดอร์นี้ในส่วนสุดท้าย คือ เฮดเดอร์ JP5 ทำหน้าที่ตัวเลือกขนาดของหน่วยความจำถาวรที่ใช้ในโมดูลหน่วยความจำถาวร โดยสามารถเลือกได้ 2 ขนาด คือ 8 กิโลไบต์ และ 32 กิโลไบต์ โดยมีเงื่อนไข คือ

เมื่อต้องการเลือกใช้หน่วยความจำถาวรขนาด 8 กิโลไบต์ ต้องต่อขา 2 เข้ากับขา 3 และขา 5 เข้ากับขา 4 ที่เฮดเดอร์ JP5 ถ้าเลือกใช้กับหน่วยความจำถาวรขนาด 32 กิโลไบต์ ต้องต่อขา 1 เข้ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา 2 และขา 5 ต่อเข้ากับขา 6 โดยการต่อจะใช้จัมเปอร์ในการเชื่อมต่อจะเป็นการเลือกตำแหน่ง A_{13} และ A_{14} เข้าสู่หน่วยความจำถาวร หรือไม่ต้องการเชื่อมต่อ ตัวต้านทานค่า 33 กิโลโอห์ม ทำหน้าที่เป็นค่าความต้านทาน พูลอัพให้หน่วยความจำถาวรขนาด 8 กิโลไบต์ ซึ่งตรงกับขา PGM ของหน่วยความจำถาวรขนาด 8 กิโลไบต์ แต่ถึงอย่างไรก็ตามการทำงานจะขึ้นอยู่กับการเลือกสัญญาณการถอดรหัสที่โมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ จึงจะสามารถทำงานได้

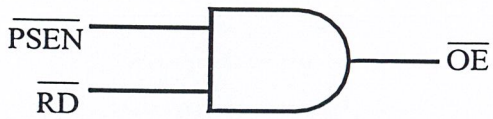


รูปที่ 3.15 โมดูลหน่วยความจำถาวร

3.2.5 โมดูลหน่วยความจำชั่วคราว

โมดูลหน่วยความจำชั่วคราวทำหน้าที่เชื่อมต่อหน่วยความจำประเภทหน่วยความจำชั่วคราวเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยปกติหน้าที่ของหน่วยความจำชั่วคราวจะทำหน้าที่เป็นหน่วยความจำข้อมูล แต่เนื่องจากเมื่อนำมาใช้กับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 หน่วยความจำชั่วคราวจะทำหน้าที่เป็นทั้งหน่วยความจำข้อมูล และหน่วยความจำโปรแกรมจึงจำเป็นต้องออกแบบให้หน่วยความจำชั่วคราวสามารถทำงานได้ทั้ง 2 สภาวะ โดยสามารถออกแบบวงจรได้ดังรูปที่ 3.16 โดยสัญญาณขา $\overline{OE}$ ของหน่วยความจำชั่วคราวเกิดจากการนำสัญญาณ $\overline{PSEN}$ กับ $\overline{RD}$ มา AND กันดังรูปที่ 3.16

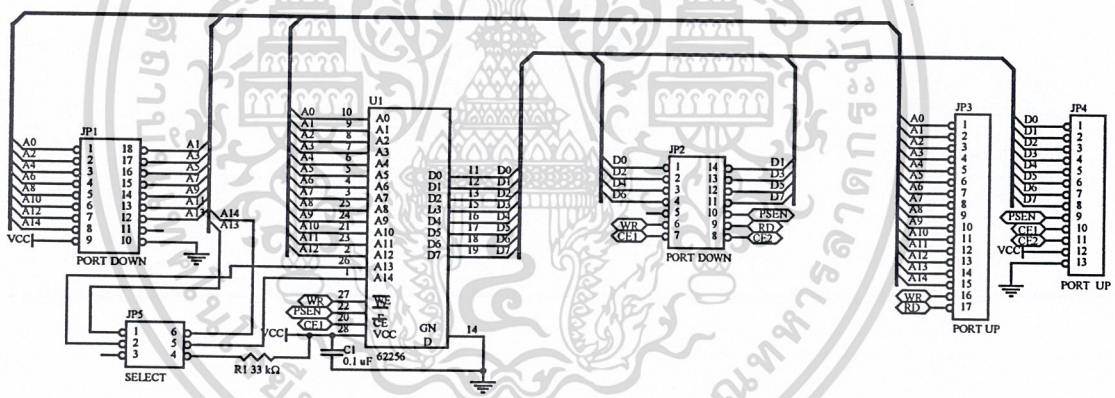
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 วงจรสร้างสัญญาณอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำชั่วคราว

แต่เนื่องจากสัญญาณ $\overline{\text{PSEN}}$ กับ $\overline{\text{RD}}$ ส่งสัญญาณออกมาพร้อมกัน เพราะเกิดจากการทำงานของโปรแกรมมอนิเตอร์ (Paul Monitor) จึงไม่จำเป็นต้องนำสัญญาณ $\overline{\text{PSEN}}$ กับ $\overline{\text{RD}}$ มา AND กันทำให้สามารถต่อสัญญาณ $\overline{\text{PSEN}}$ เข้ากับขา $\overline{\text{OE}}$ ของหน่วยความจำชั่วคราวได้

สำหรับขนาดหน่วยความจำ โมดูลหน่วยความจำชั่วคราวสามารถรองรับได้ 2 ขนาด คือ 8 กิโลไบต์ และ 32 กิโลไบต์ ซึ่งตรงกับเบอร์ 62C64 และ 62C256 แต่อย่างไรก็ตามขนาดของหน่วยความจำก็ขึ้นกับการถอดรหัสตำแหน่งของหน่วยความจำ



รูปที่ 3.17 วงจรโมดูลหน่วยความจำชั่วคราว

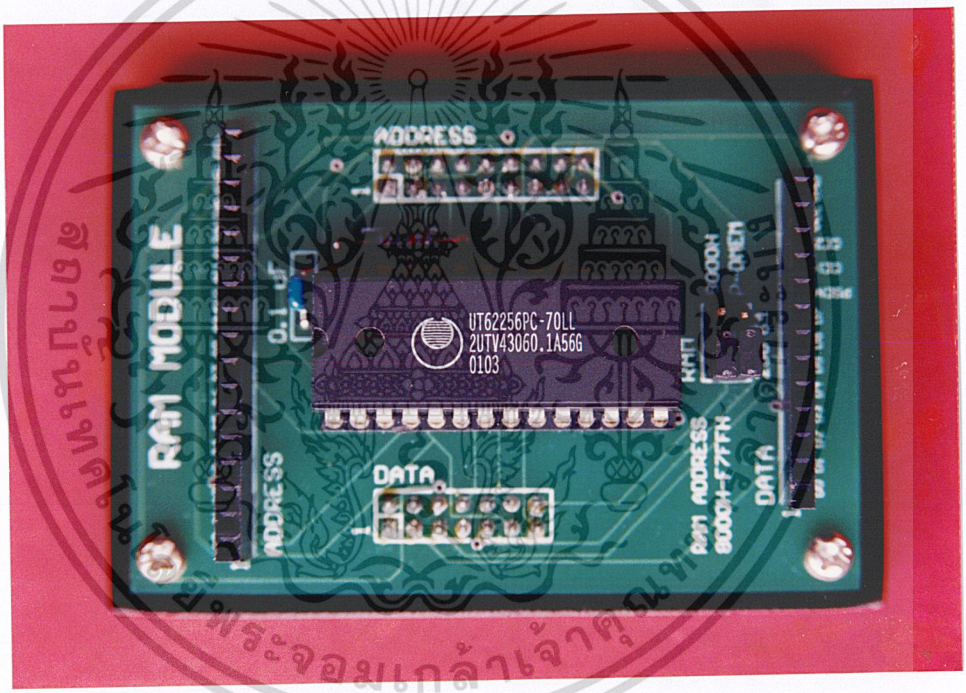
จากวงจรในรูปที่ 3.17 ประกอบด้วยหน่วยความจำชั่วคราว และเฮดเดอร์ต่างๆ หน่วยความจำชั่วคราวสามารถรองรับได้ 2 ขนาด คือ 8 กิโลไบต์ และ 32 กิโลไบต์ เฮดเดอร์ JP1 และ JP2 ทำหน้าที่เชื่อมต่อ โมดูลหน่วยความจำชั่วคราวเข้ากับโมดูลอื่นๆ โดยใช้วิธีการเสียบเข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ส่วนเฮดเดอร์ JP1 และ JP2 ทำหน้าที่เชื่อมต่อโมดูลหน่วยความจำชั่วคราวเข้ากับส่วนอื่นๆ และเฮดเดอร์ JP1 ทำหน้าที่เป็นบัสตำแหน่งหน่วยความจำ A_0-A_{14} ส่วนเฮดเดอร์ JP2 ทำหน้าที่เป็นบัสข้อมูล และมีส่วนที่ต่อเข้ากับสัญญาณ $\overline{\text{WR}}$, $\overline{\text{RD}}$, $\overline{\text{PSEN}}$, $\overline{\text{CE1}}$ และ $\overline{\text{CE2}}$ ด้วย สำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฮดเดอร์ JP3 และ JP4 ทำการเชื่อมต่อไปยังโมดูลอื่นๆ เฮดเดอร์ JP3 ทำหน้าที่เป็นบัสตำแหน่งหน่วยความจำ A_0-A_{14} และต่อเข้ากับขาสัญญาณ $\overline{WR}$ และ $\overline{RD}$ ส่วนเฮดเดอร์ JP4 เป็นบัสข้อมูล และต่อเข้าขาสัญญาณ $\overline{PSEN}$, $\overline{CE1}$ และ $\overline{CE2}$ ซึ่ง $\overline{CE1}$ และ $\overline{CE2}$ มาจากโมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำเพื่อเลือกตำแหน่งการใช้งาน

การเลือกขนาดของหน่วยความจำชั่วคราวที่นำมาใช้กับโมดูลหน่วยความจำชั่วคราวสามารถเลือกได้จากเฮดเดอร์ JP5 โดยถ้าต้องการใช้หน่วยความจำชั่วคราวขนาด 8 กิโลไบต์ ต้องเชื่อมขา 2 เข้ากับขา 3 และขา 5 เข้ากับขา 6 โดยการเชื่อมกันจะใช้จัมเปอร์ในการเชื่อมต่อ การเลือกขนาดที่เหมาะสมต้องมีการเลือกการถอดรหัสตำแหน่งของหน่วยความจำให้ถูกต้องจึงจะสามารถใช้งานได้



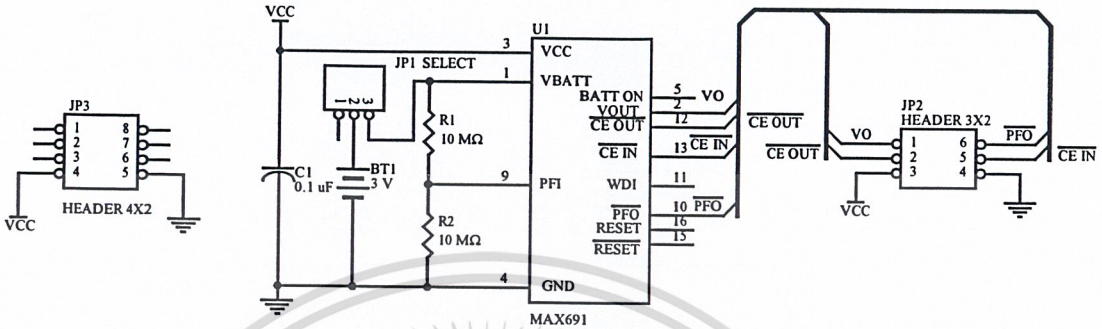
รูปที่ 3.18 โมดูลหน่วยความจำชั่วคราว

3.2.6 โมดูลสำรองไฟเลี้ยงหน่วยความจำชั่วคราว

เนื่องจากหน่วยความจำชั่วคราวสามารถจำข้อมูลได้ต่อเมื่อมีแรงดันป้อนให้กับ หน่วยความจำชั่วคราวเท่านั้น หากไม่มีแรงดันป้อนให้ ข้อมูลในหน่วยความจำชั่วคราวจะสูญหายไป ดังนั้นโมดูลสำรองไปเลี้ยงหน่วยความจำชั่วคราว จึงเป็นโมดูลที่ป้อนไฟเลี้ยงให้กับหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

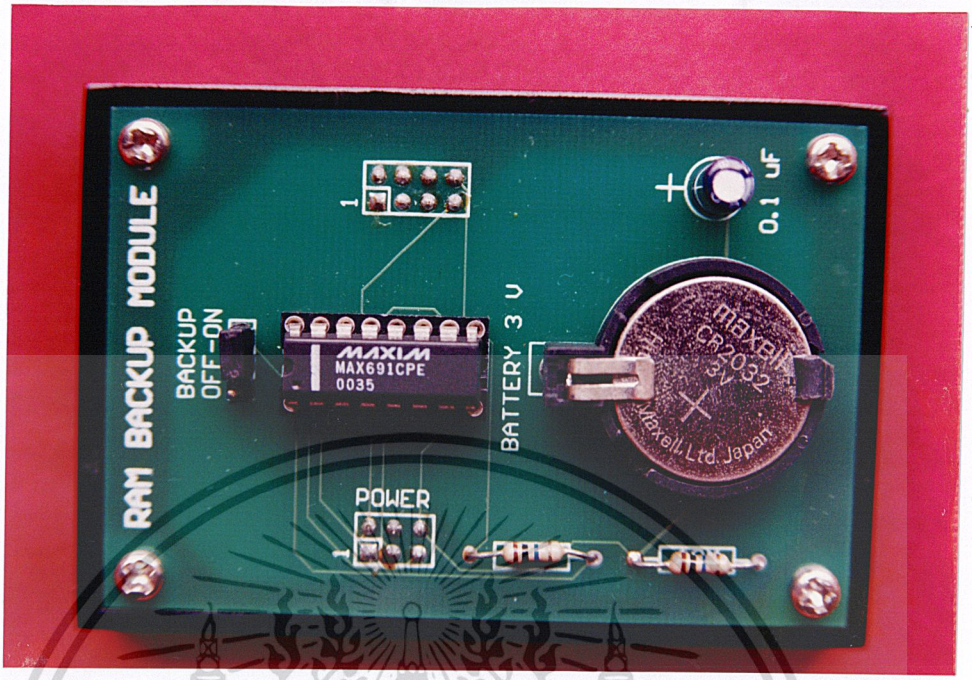
ชั่วคราวตลอดเวลาแม้ไม่มีการป้อนไฟจากวงจรให้กับหน่วยความจำชั่วคราวก็ตาม ซึ่งวงจรของโมดูลสำรองไฟเลี้ยงหน่วยความจำชั่วคราวดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 วงจรโมดูลสำรองไฟเลี้ยงหน่วยความจำชั่วคราว

จากวงจรรูปที่ 3.19 ประกอบด้วยไอซี MAX691 แบตเตอรี่ ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ และเฮดเดอร์ต่างๆ โดยไอซี MAX691 ทำหน้าที่ประมวลแรงดันเพื่อจ่ายให้วงจร ถ้าไม่มีแรงดันจะจ่ายแรงดัน 3 VDC จากแบตเตอรี่ หากมีแรงดัน จะไม่นำแรงดันจากแบตเตอรี่จ่ายให้กับหน่วยความจำชั่วคราว ตัวต้านทาน R1 และ R2 ทำหน้าที่เป็นวงจรแบ่งแรงดัน เพื่อเปรียบเทียบแรงดันจากแบตเตอรี่กับแรงดันในวงจร สำหรับเฮดเดอร์ JP1 ทำหน้าที่เลือกใช้ไฟสำรอง ถ้ามีการเชื่อมต่อขา 1 และ 2 เข้าด้วยกันแสดงว่าไม่มีการใช้งาน และในทางกลับกันถ้ามีการเชื่อมต่อขา 2 เข้ากับขา 3 จะเป็นการเลือกการใช้ไฟสำรอง การต่อจะใช้จัมเปอร์เชื่อมต่อ

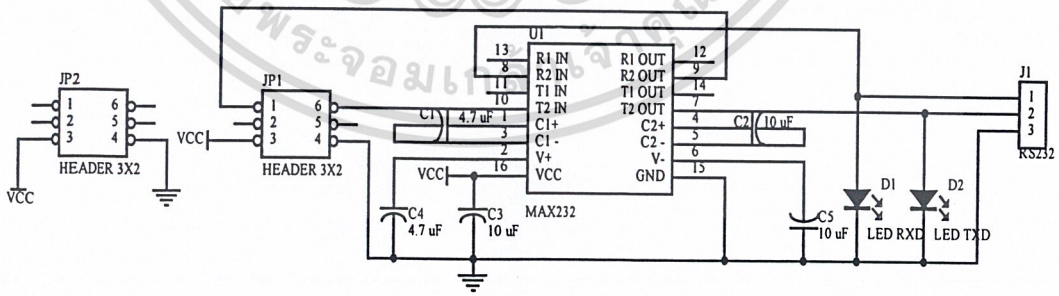
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 โมดูลสำรองไฟเลี้ยงหน่วยความจำชั่วคราว

3.2.7 โมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

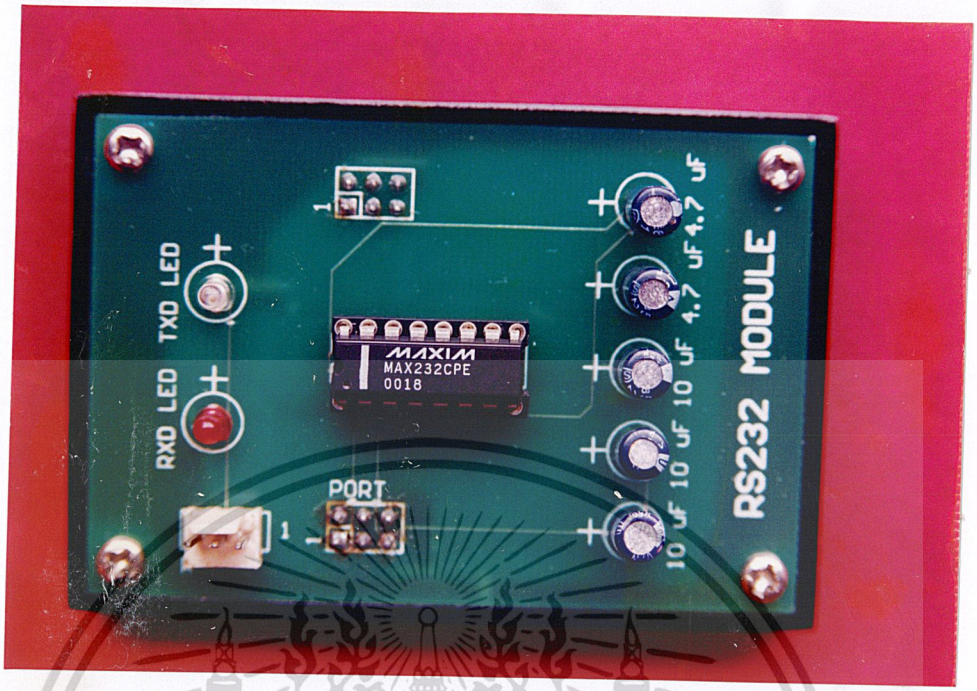
โมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยผ่านทางพอร์ตอนุกรมมาตรฐาน RS232 โดยสามารถออกแบบวงจรได้ดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 วงจรโมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

จากวงจรดังรูปที่ 3.21 อุปกรณ์สื่อสารใช้ไอซี คือ MAX232 เฮดเดอร์ที่ใช้เชื่อมต่อกับโมดูลอื่น คือ เฮดเดอร์ JP1 และ JP2 สำหรับ J1 ทำหน้าที่เชื่อมต่อโมดูลเข้ากับคอมพิวเตอร์

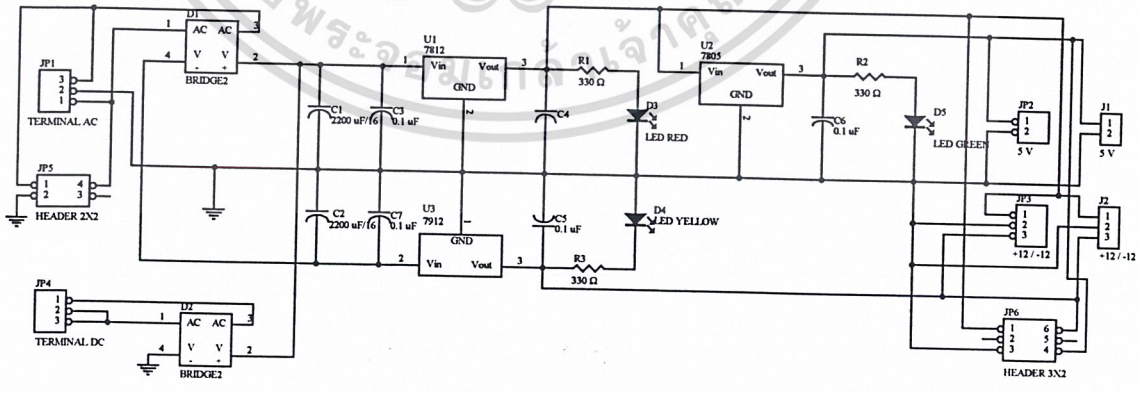
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 โมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

3.2.8 โมดูลแหล่งจ่ายไฟ

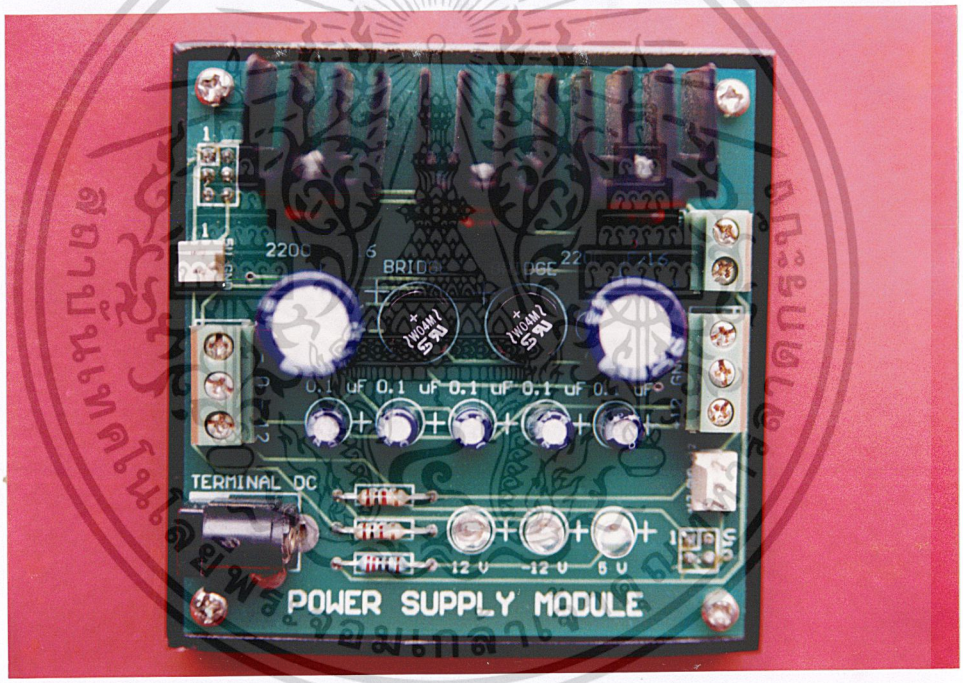
โมดูลแหล่งจ่ายไฟทำหน้าที่จ่ายแรงดันไฟกระแสตรงให้กับโมดูลต่างๆ โดยแรงดันที่สามารถจ่ายได้ คือ แรงดัน 5V, 12V และ –12V การใช้งานสามารถใช้งานได้โดยเสียบเข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สำหรับวงจรดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 วงจรโมดูลแหล่งจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรดังรูปที่ 3.23 เป็นวงจรที่ใช้ไอซีเร็กกูเลเตอร์ทำหน้าที่กำหนดระดับแรงดัน ใช้ไอซี 7812 ทำหน้าที่จ่ายแรงดัน 12V ไอซี 7912 ทำหน้าที่จ่ายแรงดัน –12V ส่วนไอซี 7805 ทำหน้าที่จ่ายแรงดัน 5V สำหรับส่วนที่ใช้ติดต่อกับโมดูลอื่นๆ คือ เฮดเดอร์ JP5 และ JP6 โดยเฮดเดอร์ JP5 จะรับแรงดัน 12-0-12 VDC เข้ามาผ่านไดโอดบริดจ์เพื่อทำการเร็กติไฟเออร์ และส่งต่อเข้าสู่ไอซีเร็กกูเลเตอร์ต่อไป สำหรับการใช้โมดูลแหล่งจ่ายไฟ โดยไม่ใช้ร่วมกับ ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถทำได้โดยป้อนแรงดัน 12 VDC เข้าที่เฮดเดอร์ JP4 สำหรับเฮดเดอร์ J1, JP2, J2 และ JP3 เป็นเฮดเดอร์สำหรับการต่อแรงดันเพื่อใช้งานภายนอก สำหรับไดโอดเปล่งแสง สีแดง, สีเหลือง และสีเขียว ทำหน้าที่บอกสถานะแรงดัน 12V, -12V และ 5V ตามลำดับ



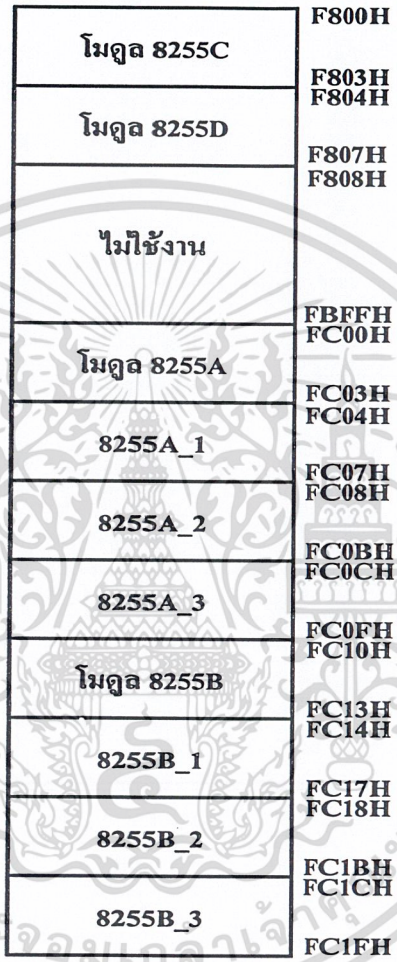
รูปที่ 3.24 โมดูลแหล่งจ่ายไฟ

3.2.9 โมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต

โมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต ทำหน้าที่กำหนดตำแหน่งหน่วยความจำให้อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุต โดยชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะใช้ไอซี 8255 ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์พอร์ต แต่ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีอุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่เป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุต 2 โมดูล คือ โมดูล 8255A และโมดูล 8255B และใช้อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกชั้น คือ โมดูล 8255C และโมดูล 8255D ตำแหน่งของหน่วยความจำสำหรับพอร์ตอินพุตเอาต์พุตจำเป็นต้องมีความชัดเจน และไม่ตรงกับตำแหน่งหน่วยความจำถาวร และหน่วยความจำชั่วคราว สามารถออกแบบเป็นแผนผังหน่วยความจำได้ดังรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 แผนผังตำแหน่งหน่วยความจำอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต

จากแผนผังในรูปที่ 3.25 เป็นตำแหน่งของโมดูล 8255A, 8255B, 8255C และ 8255D ส่วน 8255A_1, 8255A_2 และ 8255B_3 นั้นเป็นส่วนที่กำหนดให้เป็น โมดูลที่สามารถนำมาซ้อนที่โมดูล 8255A ได้ สำหรับ 8255B_1, 8255B_2 และ 8255 B_3 ได้ถูกออกแบบไว้ให้สามารถซ้อนกับโมดูล 8255B ดังนั้นจึงนำตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต ถอดรหัสได้ดังตารางที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

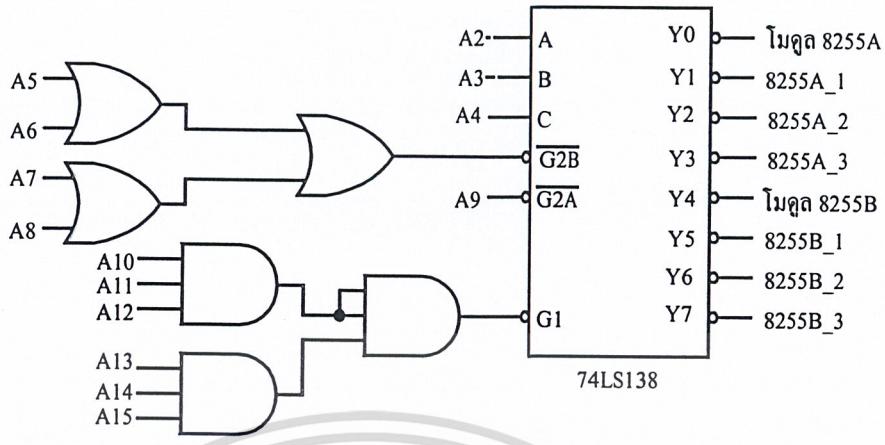
ตารางที่ 3.5 รหัสตำแหน่งหน่วยความจำของโมดูล 8255A, โมดูล 8255B, 8255A_1, 8255A_2, 8255A_3, 8255B_1, 8255B_2 และ 8255B_3

	A_{15}	A_{14}	A_{13}	A_{12}	A_{11}	A_{10}	A_9	A_8	A_7	A_6	A_5	A_4	A_3	A_2	A_1	A_0	
	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	FBFFH
โมดูล 8255A	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	FC00H
	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	FC03H
8255A_1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	FC04H
	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	FC07H
8255A_2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	FC08H
	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	FC0BH
8255A_3	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	FC0CH
	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	FC0FH
โมดูล 8255B	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	FC10H
	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	FC13H
8255B_1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	FC14H
	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	FC17H
8255B_2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	FC18H
	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	FC1BH
8255B_3	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	FC1CH
	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	FC1FH
	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	FC20H

$A_{15}.A_{14}.A_{13}.A_{12}.A_{11}.A_{10} = G1\ \overline{G2A}\ \ A_8+A_7+A_6+A_5 = \overline{G2B}$

จากตารางที่ 3.5 ออกแบบวงจรได้ดังรูปที่ 3.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.26 วงจรถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำของโมดูล 8255A, โมดูล 8255B, 8255A_1, 8255A_2, 8255A_3, 8255B_1, 8255B_2 และ 8255B_3

ส่วนการออกแบบการถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำโมดูล 8255C และ 8255D ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่ง F800H-F803H และ F804H-F807H สามารถถอดรหัสได้ดังตารางที่ 3.6

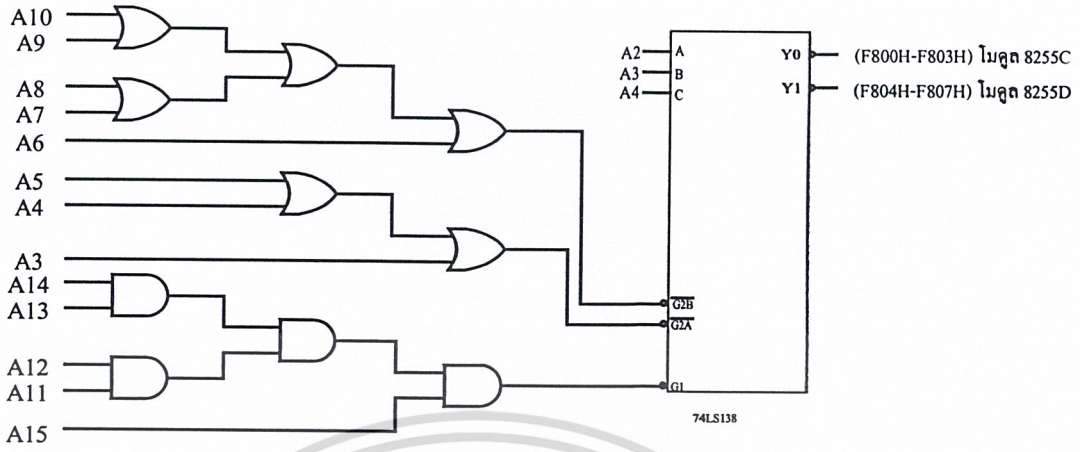
ตารางที่ 3.6 รหัสตำแหน่งหน่วยความจำโมดูล 8255C และ 8255D

	A_{15}	A_{14}	A_{13}	A_{12}	A_{11}	A_{10}	A_9	A_8	A_7	A_6	A_5	A_4	A_3	A_2	A_1	A_0	
	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	F7FFH
โมดูล 8255C	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	F800H
	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	F803H
โมดูล 8255D	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	F804H
	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	F807H
	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	F808H

$A_{15}.A_{14}.A_{13}.A_{12}.A_{11}=G1A_{10}+A_9+A_8+A_7+A_6=\overline{G2B}$ $A_5+A_4+A_3=\overline{G2A}$

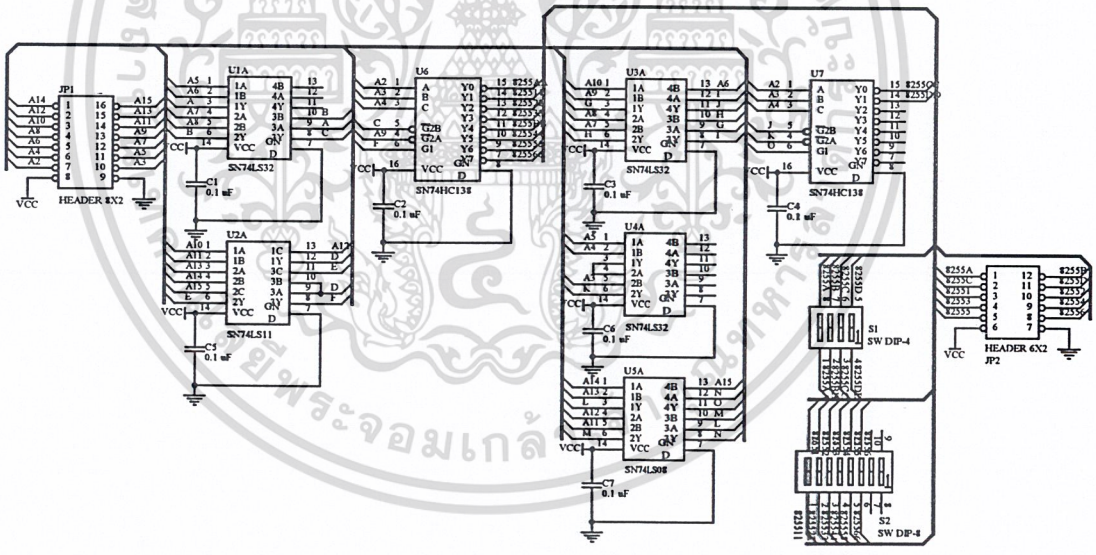
จากตารางที่ 3.6 สามารถออกแบบวงจรได้ดังรูปที่ 3.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.27 วงจรถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำโมดูล 8255C และ 8255D

จากวงจรทั้ง 2 ส่วนนำมาสร้างเป็นวงจรดังรูปที่ 3.28



รูปที่ 3.28 วงจรโมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต

จากวงจรดังรูปที่ 3.28 เป็นวงจรโมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต โดยส่วนที่ทำการเชื่อมต่อกับโมดูลอื่นๆ คือ เฮดเดอร์ JP1 และ JP2 สำหรับไอซี U1A, U2A และ U6 เป็นส่วนการถอดรหัสโมดูล 8255A, โมดูล 8255B, 8255A_1, 8255A_2, 8255A_3, 8255B_1, 8255B_2 และ 8255B_3 ส่วนไอซี U3A, U4A, U5A และ U7 เป็นส่วนการถอดรหัสโมดูล 8255C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ 8255D สำหรับการเลือกการถอดรหัสสามารถเลือกได้จากดิพสวิตช์ S1 และ S2 โดยสามารถเลือกได้จากตารางที่ 3.7 และตารางที่ 3.8

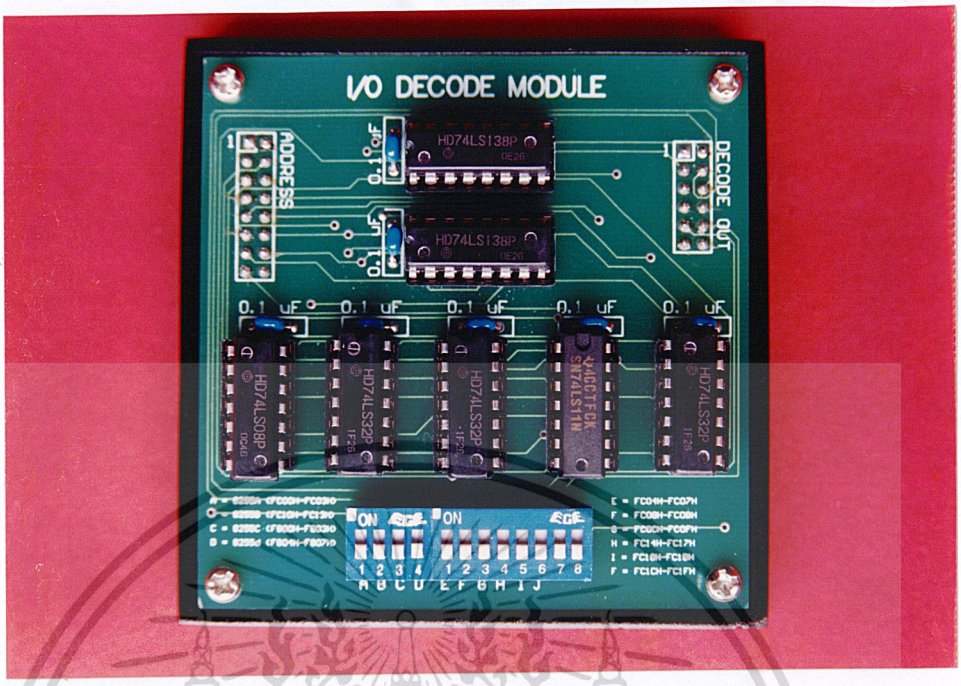
ตารางที่ 3.7 หน้าที่ของตำแหน่งสวิตช์ S1

ตำแหน่งสวิตช์	หน้าที่ของสวิตช์
1	8255A
2	8255B
3	8255C
4	8255D

ตารางที่ 3.8 หน้าที่ของตำแหน่งสวิตช์ S2

ตำแหน่งสวิตช์	หน้าที่ของสวิตช์
1	8255A_1
2	8255A_2
3	8255A_3
4	8255B_1
5	8255B_2
6	8255B_3
7	-
8	-

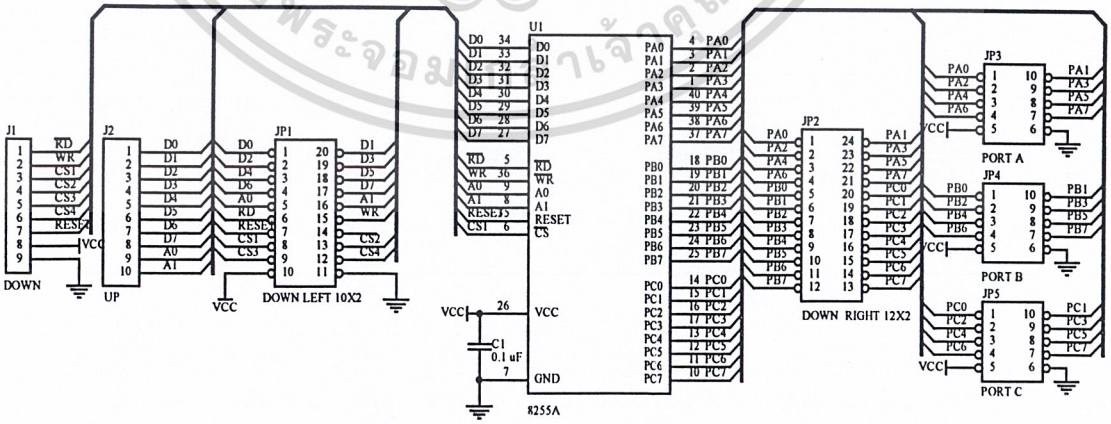
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.29 โมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต

3.2.10 โมดูล 8255A

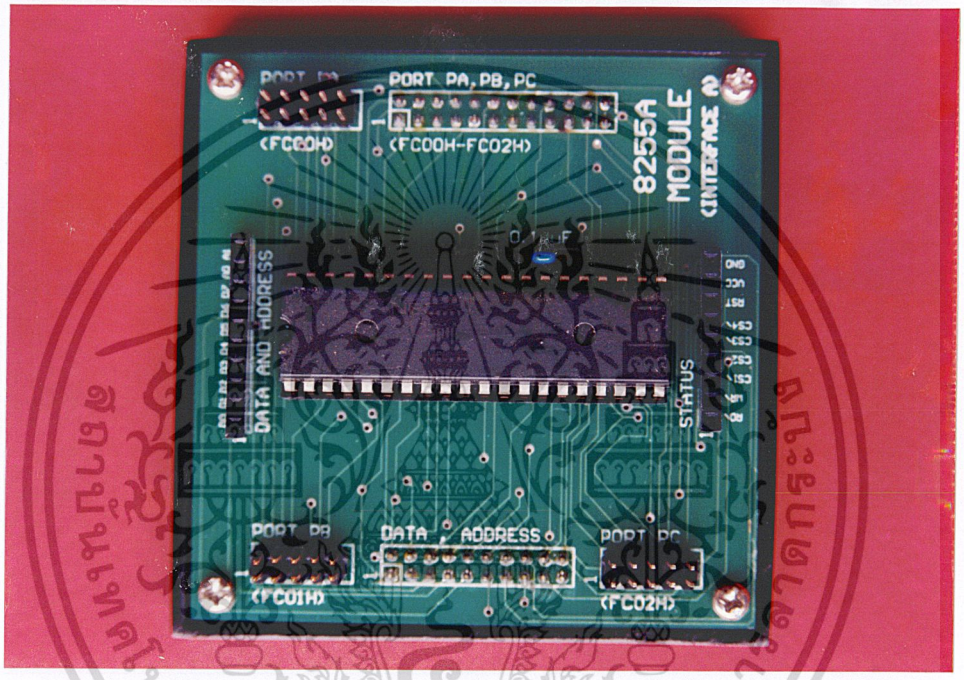
โมดูล 8255A เป็นโมดูลที่ทำหน้าที่พอร์ตสำหรับอินเตอร์เฟสเอ (Intertface A) ในชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยการทำงานสามารถควบคุมโดยโมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต สามารถออกแบบวงจรได้ดังรูปที่ 3.30



รูปที่ 3.30 วงจรโมดูล 8255A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรดังรูปที่ 3.30 เป็นวงจรโมดูล 8255A ส่วนที่ใช้ในการติดต่อกับโมดูลอื่นๆ คือ เฮดเดอร์ JP1 และ JP2 สำหรับเฮดเดอร์ JP3, JP4 และ JP5 ทำหน้าที่เป็น Port A, Port B และ Port C ของ 8255 ตามลำดับ โดยเป็นพอร์ตที่อยู่ด้านบนของโมดูล สำหรับเฮดเดอร์ J1 และ J2 เป็นเฮดเดอร์ที่ใช้ในการต่อกับโมดูล 8255 อื่นๆ ที่ซ้อนเข้ากับโมดูล 8255A โดยเฮดเดอร์ J1 ต่อเข้ากับสัญญาณต่างๆ ส่วนเฮดเดอร์ J2 ต่อเข้ากับสัญญาณข้อมูล และตำแหน่งหน่วยความจำ

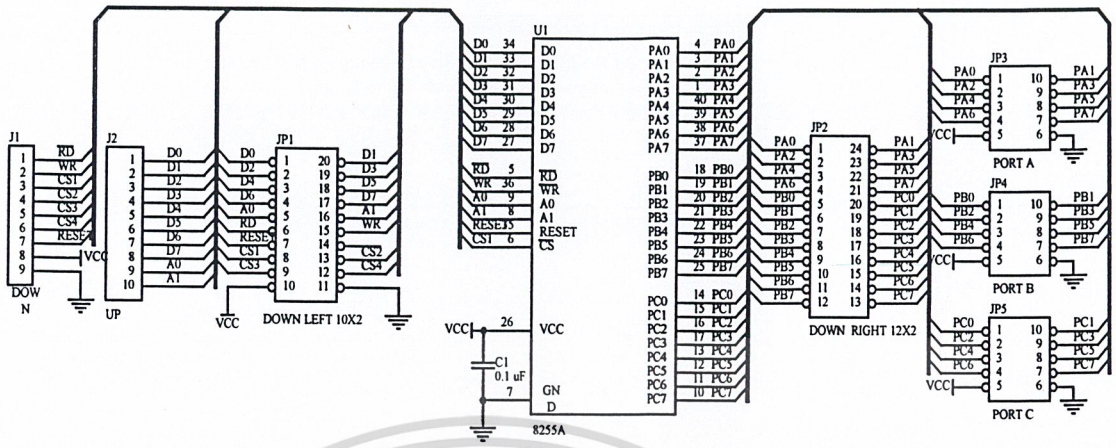


รูปที่ 3.31 โมดูล 8255A

3.2.11 โมดูล 8255B

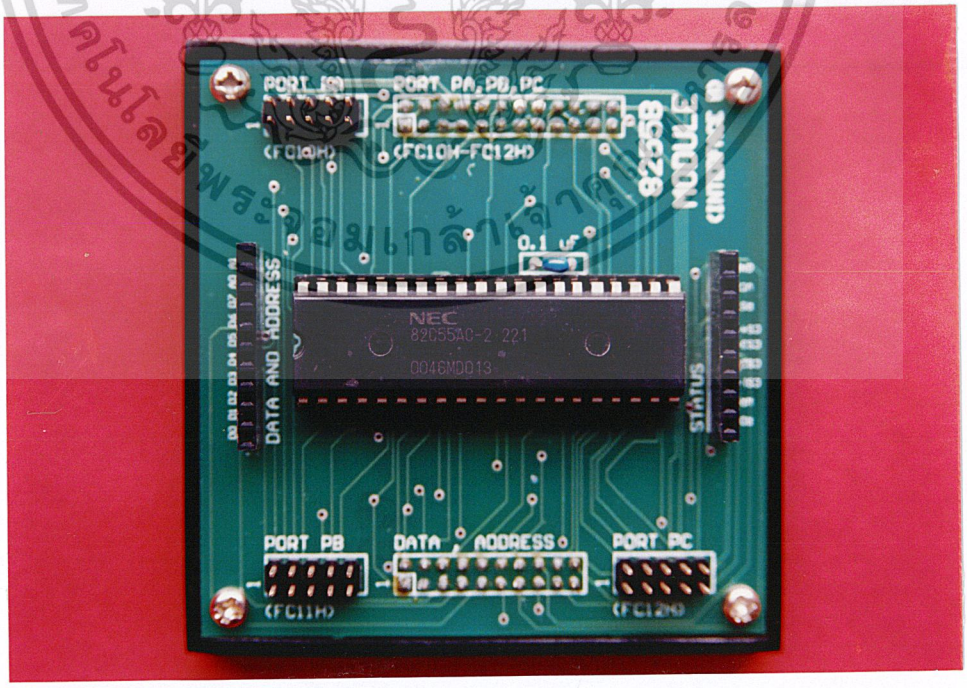
โมดูล 8255B เป็นโมดูลที่ทำหน้าที่เป็นพอร์ตสำหรับอินเตอร์เฟสบี (Intertface B) ในชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยการทำงานสามารถควบคุมโดยโมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต สามารถออกแบบวงจรได้ดังรูปที่ 3.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.32 วงจรโมดูล 8255B

จากวงจรดังรูปที่ 3.32 เป็นวงจรโมดูล 8255B ส่วนที่ใช้ในการติดต่อกับโมดูลอื่นๆ คือ เฮดเดอร์ JP1 และ JP2 สำหรับเฮดเดอร์ JP3, JP4 และ JP5 ทำหน้าที่เป็น Port A, Port B และ Port C ของ 8255 ตามลำดับ โดยเป็นพอร์ตที่อยู่ด้านบนของโมดูล สำหรับเฮดเดอร์ J1 และ J2 เป็นเฮดเดอร์ที่ใช้ในการต่อกับโมดูล 8255 อื่นๆ ที่ซ้อนเข้ากับโมดูล 8255B โดยเฮดเดอร์ J1 ต่อเข้ากับสัญญาณต่างๆ ส่วนเฮดเดอร์ J2 ต่อเข้ากับสัญญาณข้อมูล และตำแหน่งหน่วยความจำ

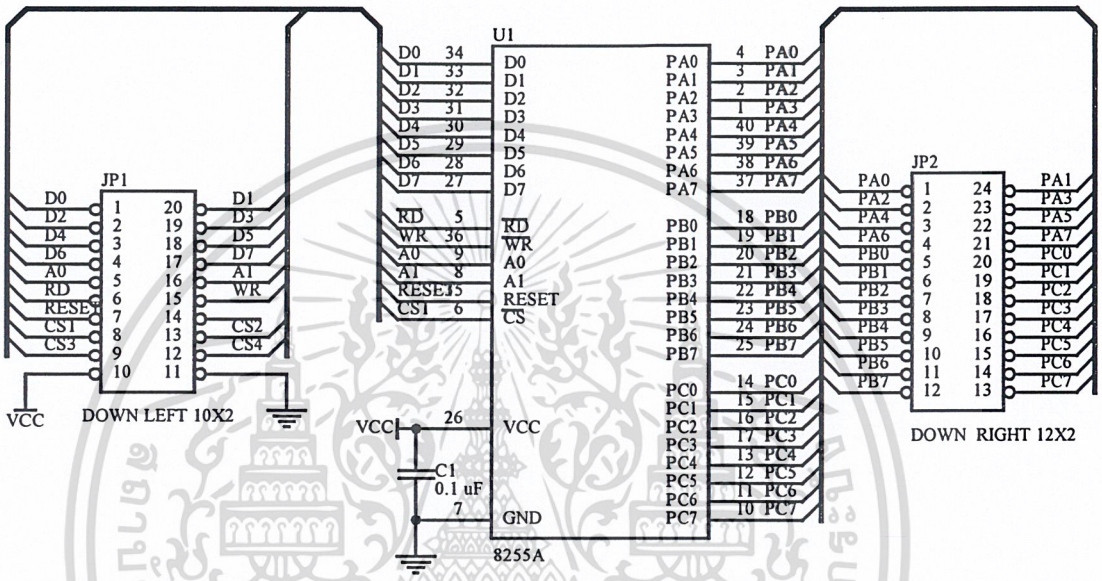


รูปที่ 3.33 โมดูล 8255B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.12 โมดูล 8255C

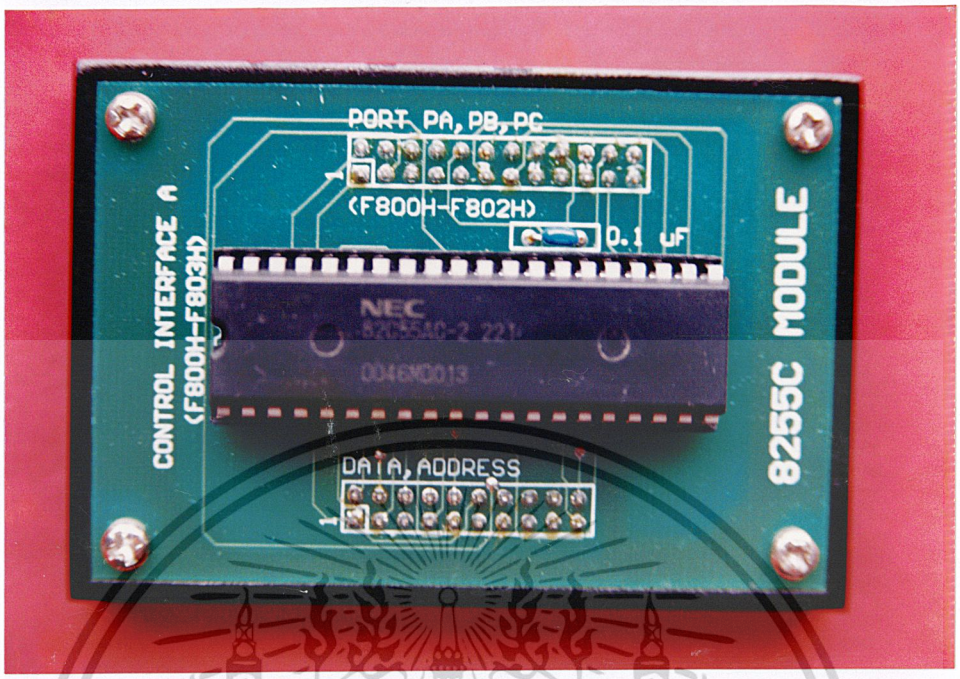
โมดูล 8255C เป็นโมดูลที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของโมดูลอินเตอร์เฟส ที่ต่อเข้ากับส่วนของอินเตอร์เฟสเอ ในชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยทำหน้าที่ควบคุมชั้นของโมดูลอินเตอร์เฟส (แต่ต้องเขียนโปรแกรมควบคุมด้วย) โดยสามารถออกแบบวงจรได้ดังรูปที่ 3.34



รูปที่ 3.34 วงจรโมดูล 8255C

จากวงจรในรูปที่ 3.34 เป็นวงจรโมดูล 8255C โดยส่วนที่ใช้ในการติดต่อกับโมดูลอื่นๆ คือ เฮดเดอร์ JP1 และเฮดเดอร์ JP2 ที่เฮดเดอร์ JP1 ต่อเข้ากับสัญญาณข้อมูล และเฮดเดอร์ JP2 ต่อเข้ากับ Port A, Port B และ Port C ของอุปกรณ์ 8255

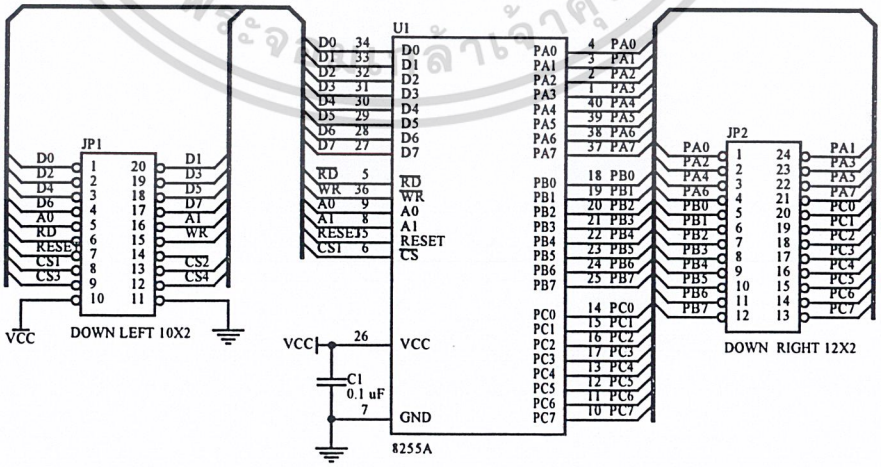
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.35 โมดูล 8255C

3.2.13 โมดูล 8255D

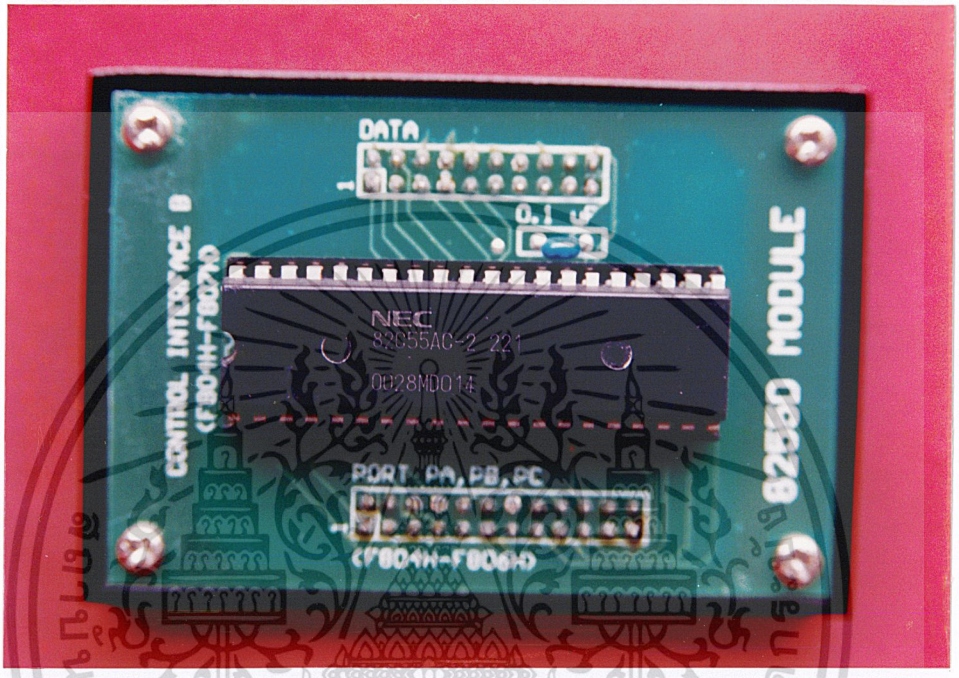
โมดูล 8255D เป็นโมดูล ที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของโมดูลอินเตอร์เฟส ที่ต่อเข้ากับส่วนของอินเตอร์เฟสบี ในชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยทำหน้าที่ควบคุมชั้นของโมดูลอินเตอร์เฟส (แต่ต้องเขียนโปรแกรมควบคุมด้วย) โดยสามารถออกแบบวงจรได้ดังรูปที่ 3.36



รูปที่ 3.36 วงจรโมดูล 8255D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรในรูปที่ 3.36 เป็นวงจรโมดูล 8255C โดยส่วนที่ใช้ในการติดต่อกับโมดูลอื่นๆ คือ เฮดเดอร์ JP1 และเฮดเดอร์ JP2 ซึ่งเฮดเดอร์ JP1 ต่อเข้ากับสัญญาณข้อมูล และเฮดเดอร์ JP2 ต่อเข้ากับ Port A, Port B และ Port C ของอุปกรณ์ 8255



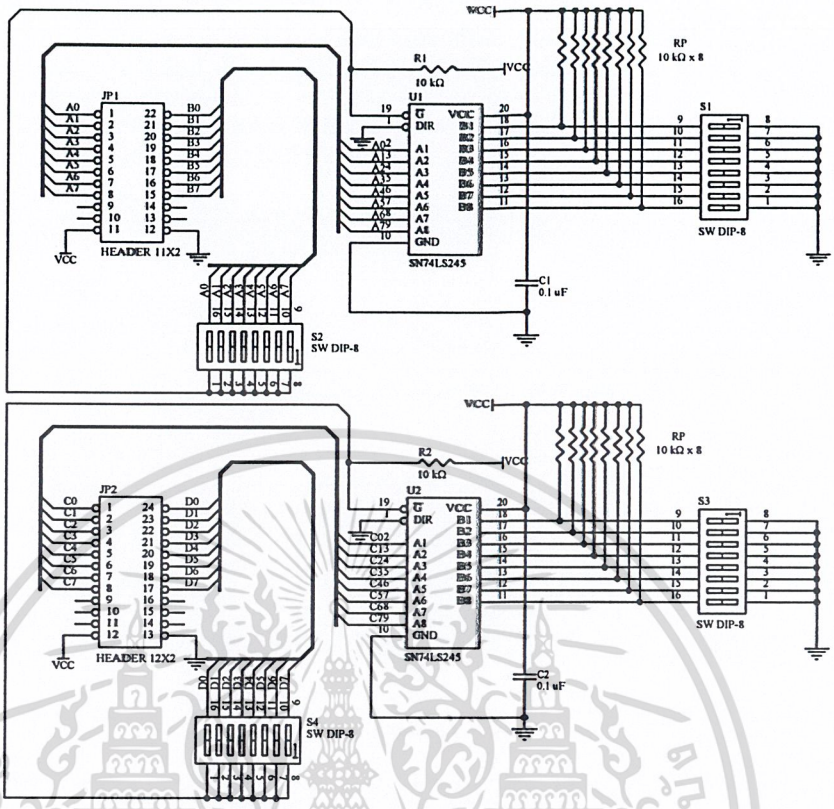
รูปที่ 3.37 โมดูล 8255D

3.3 การออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์ในส่วนโมดูลอินเตอร์เฟส

3.3.1 โมดูลเบสิกอินพุต

โมดูลเบสิกอินพุต เป็นโมดูลที่ทำหน้าที่กำหนดสัญญาณอินพุตให้กับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยการกำหนดสัญญาณอินพุตจะใช้ดิพสวิตช์เป็นตัวกำหนดสัญญาณ เพื่อส่งข้อมูลขนาด 8 บิต ไปยังพอร์ตของอุปกรณ์ 8255 สำหรับวงจรสามารถออกแบบได้ดังรูปที่ 3.38

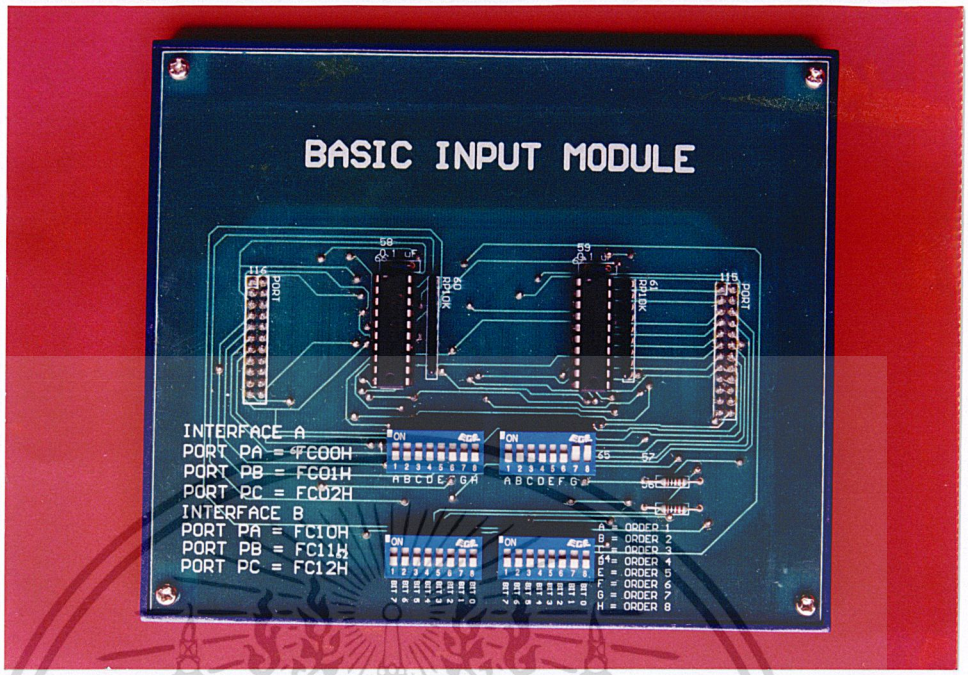
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.38 วงจรโมดูลเบสิกอินพุต

จากวงจรดังรูปที่ 3.38 อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่กำหนดสัญญาณอินพุต คือ ดิพสวิตช์ S1 และ S2 ที่ดิพสวิตช์ทั้ง 2 จะทำงานอิสระต่อกัน หรือกล่าวได้ว่าเป็น 2 วงจร โดยการทำงานทั้ง 2 วงจรจะมีลักษณะเหมือนกัน คือ ดิพสวิตช์จะทำหน้าที่กำหนดสัญญาณอินพุตส่งผ่านไปยังไอซี 74LS245 ที่ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ และยังทำงานสอดคล้องกับการเลือกชั้นของโมดูลด้วย หากไม่มีการเลื่อนสวิตช์สู่ตำแหน่ง ON ตำแหน่งของสวิตช์จะมีระดับแรงดันเป็นลอจิก “1” และหากเลื่อนสวิตช์ตำแหน่งใดๆ ตำแหน่งนั้นจะมีระดับลอจิกเป็น “0” และสัญญาณทางด้านเอาต์พุตของไอซี 74LS245 จะถูกส่งต่อไปยังเฮดเดอร์ ที่เสียบเข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เพื่อทำการเชื่อมต่อกับ โมดูล 8255A หรือโมดูล 8255B สำหรับดิพสวิตช์ S2 และ S4 ทำหน้าที่กำหนดชั้นการทำงานของโมดูลเบสิกอินพุต โดยสวิตช์ซ้ายสุดทำหน้าที่เลือกชั้นที่ 1 และสวิตช์ถัดมาทางด้านขวาเป็นการเลือกชั้นที่ 2 ดังนั้นสวิตช์ทางด้านขวาสุดจะเป็นการเลือกชั้นที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.39 โมดูลเบสิกอินพุต

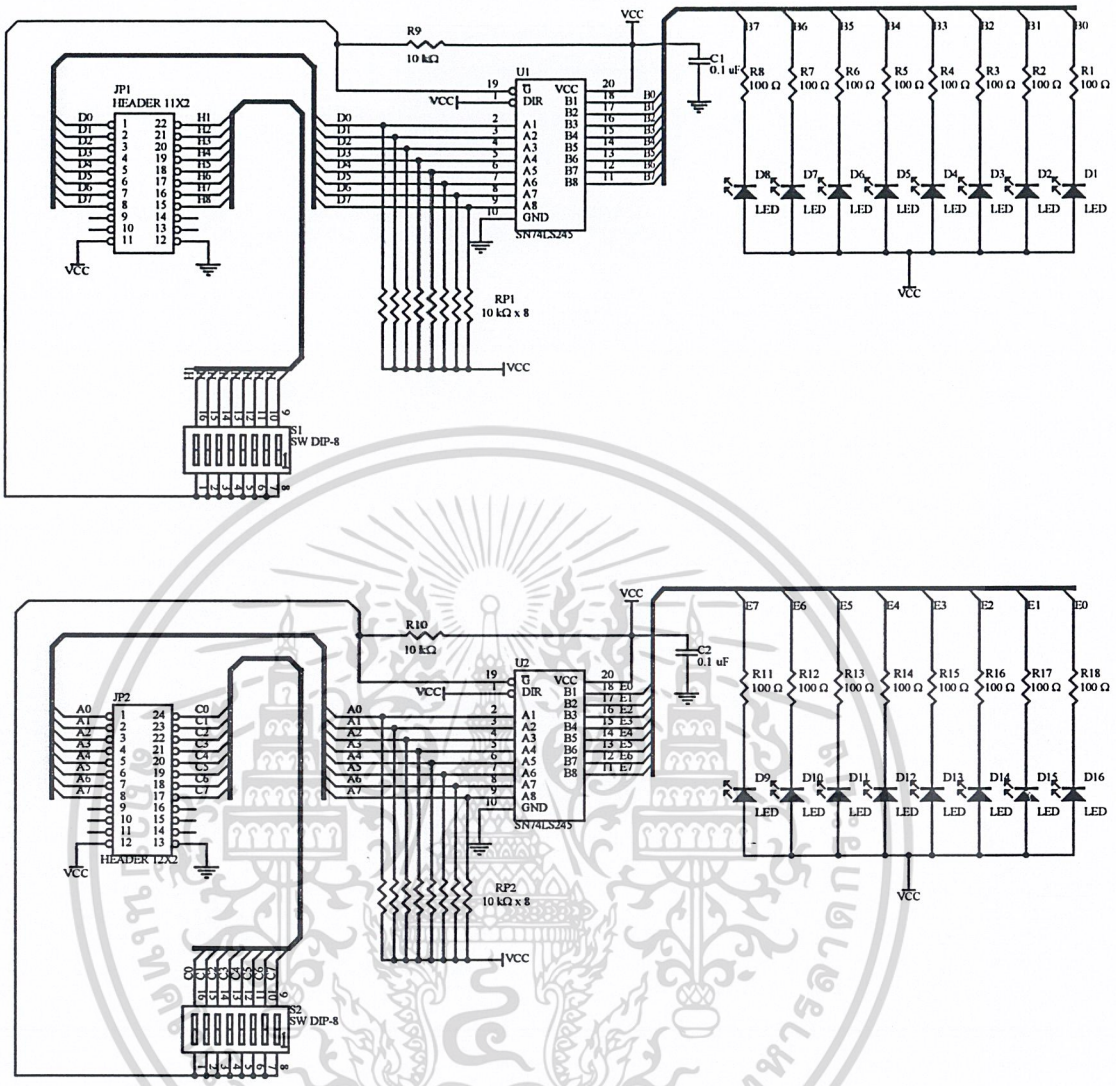
3.3.2 โมดูลเบสิกเอาต์พุต

โมดูลเบสิกเอาต์พุต เป็นโมดูลที่ทำหน้าที่แสดงผลข้อมูล หรือทำหน้าที่เป็นเอาต์พุตโดยอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวแสดงผล คือ ไดโอดเปล่งแสง (LED) โดยสามารถออกแบบ วงจรได้ดังรูปที่ 3.40

จากวงจรโมดูลเบสิกเอาต์พุตดังรูปที่ 3.40 เป็นวงจรเบสิกเอาต์พุตจำนวน 2 ชุด โดยการทำงาน มีลักษณะการทำงานที่เหมือนกัน จากวงจรเฮดเดอร์ JP1 และ JP2 ทำหน้าที่ติดต่อกับอินเตอร์เฟสเอ หรืออินเตอร์เฟสบี สำหรับไอซี 74LS245 ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ และทำงานสัมพันธ์กับอุปกรณ์เลือกชั้นการทำงาน หรือดิพสวิตช์ S1 และ S2 โดยสวิตช์ซ้ายสุดทำหน้าที่เลือกชั้นที่ 1 และสวิตช์ถัดมาทางด้านขวาเป็นการเลือกชั้นที่ 2 ดังนั้นสวิตช์ทางด้านขวาสุดจะเป็นการเลือกชั้นที่ 8

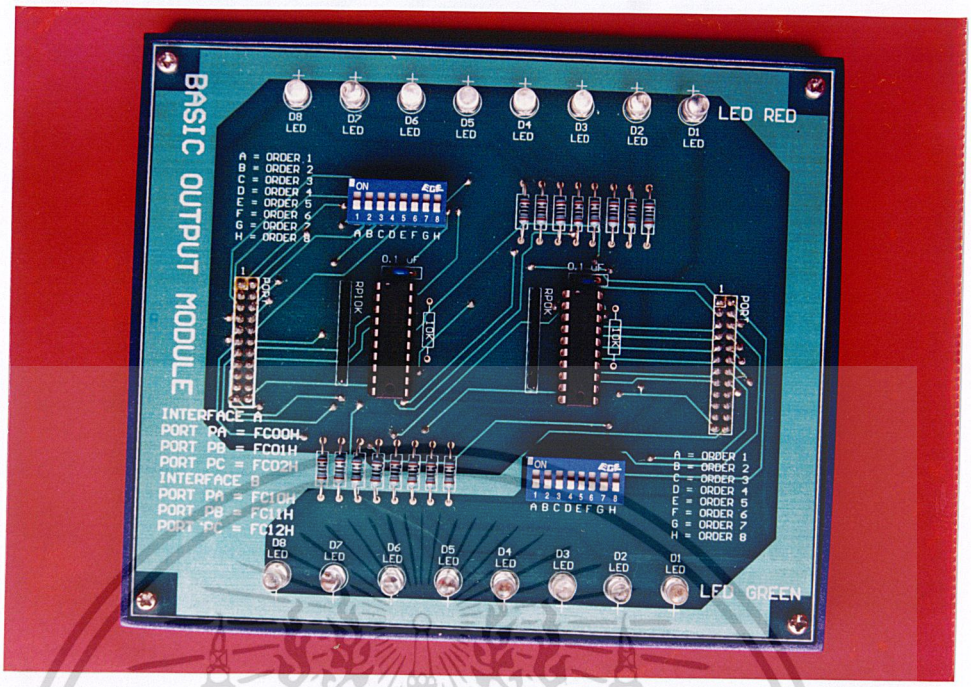
แต่การเลือกชั้นก็ขึ้นอยู่ที่การเขียนโปรแกรมควบคุมด้วย โดยขณะไม่มีการป้อนข้อมูลให้กับโมดูลเบสิกเอาต์พุตสัญญาณอินพุตของไอซี 74LS245 จะมีระดับลอจิก “1” ตลอดจนกว่าจะมีการส่งข้อมูลมาเปลี่ยนแปลงเอาต์พุตของไอซี 74LS245 จะมีระดับลอจิกเป็น “1” ทำให้ไดโอดเปล่งแสงดับ และไดโอดเปล่งแสงจะติดได้ต่อเมื่อระดับลอจิกทางอินพุตเป็นลอจิก “0”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.40 วงจรโมดูลเบสิกเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



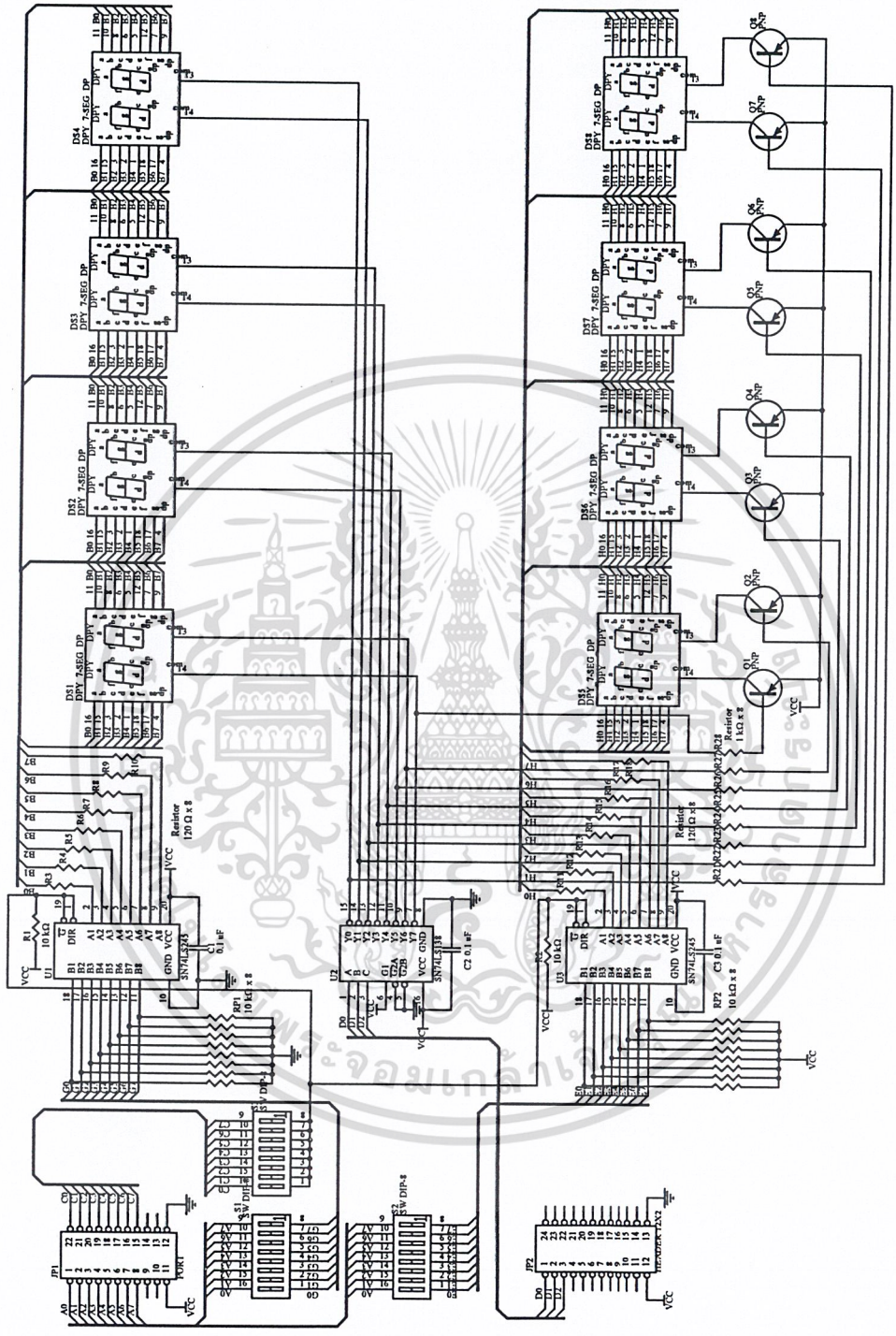
รูปที่ 3.41 โมดูลเบสิกเอาต์พุต

3.3.3 โมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วน

โมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วนเป็น โมดูลที่ใช้อุปกรณ์ส่วนแสดงผล 7 ส่วนขนาด 8 หลักทำหน้าที่แสดงผลโดยโมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วน จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแสดงผล 7 ส่วนชนิดคอมม่อนแคโถด และส่วนที่ 2 เป็นส่วนของส่วนแสดงผล 7 ส่วนชนิดคอมม่อนแอโนด โดยสามารถออกแบบวงจรได้ดังรูปที่ 3.42

จากวงจรรูปที่ 3.42 เป็นวงจรส่วนแสดงผลโดยใช้ส่วนแสดงผล 7 ส่วน โดยแบ่งวงจรออกเป็น 2 ส่วน โดยการทำงานจะทำงานครั้งละส่วนเท่านั้น เนื่องจากข้อมูลถูกควบคุมการไหลโดยดิพสวิตช์ S1 และ S2 ดังนั้นจึงถือว่าสวิตช์ S1 และ S2 ทำหน้าที่ควบคุมสัญญาณทางด้านอินพุต โดยการรับข้อมูลต้องเลื่อนสวิตช์ให้อยู่ในตำแหน่ง ON จึงจะสามารถรับข้อมูลได้ สำหรับไอซี 74LS245 ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์และทำงานสัมพันธ์กับอุปกรณ์กำหนดชั้นการทำงาน หรือ ดิพสวิตช์ S3 โดยไอซี U1 เป็นบัฟเฟอร์ของส่วนแสดงผล 7 ส่วนชนิดคอมม่อนแคโถดขนาด 8 หลัก โดยปกติหากไม่มีข้อมูลเข้ามาระดับสัญญาณเอาต์พุตของไอซี U1 จะมีระดับแรงดันเป็นลอจิก “0” ส่วนไอซี U3 เป็นบัฟเฟอร์ของส่วนแสดงผล 7 ส่วนชนิดคอมม่อนแอโนดขนาด 8 หลัก โดยปกติไม่มีข้อมูลใดเข้ามาระดับสัญญาณเอาต์พุตของไอซี U3 จะมีระดับแรงดันเป็นลอจิก “1” การเลือกตำแหน่งหลักของส่วนแสดงผล 7 ส่วนสามารถเลือกได้โดยใช้ไอซี 74LS138 (ที่ตรงกับไอซี U2 ในวงจร) เป็นตัวเลือกตามคุณสมบัติของไอซี 74LS138 ในตารางที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.42 วงจรโมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรรูปที่ 3.42 เป็นวงจรส่วนแสดงผลโดยใช้ส่วนแสดงผล 7 ส่วน โดยแบ่งวงจรออกเป็น 2 ส่วน โดยการทำงานจะทำงานครั้งละส่วนเท่านั้น เนื่องจากข้อมูลถูกควบคุมการไหลโดยดิพสวิตช์ S1 และ S2 ดังนั้นจึงถือว่าสวิตช์ S1 และ S2 ทำหน้าที่ควบคุมสัญญาณทางด้านอินพุต โดยการรับข้อมูลต้องเลื่อนสวิตช์ให้อยู่ในตำแหน่ง ON จึงจะสามารถรับข้อมูลได้ สำหรับไอซี 74LS245 ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ และทำงานสัมพันธ์กับอุปกรณ์กำหนดชั้นการทำงาน หรือดิพสวิตช์ S3 โดยไอซี U1 เป็นบัฟเฟอร์ของส่วนแสดงผล 7 ส่วนชนิดคอมม่อนแคโถดขนาด 8 หลัก โดยปกติหากไม่มีข้อมูลเข้ามาระดับสัญญาณเอาต์พุตของไอซี U1 จะมีระดับแรงดันเป็นลอจิก “0” ส่วนไอซี U3 เป็นบัฟเฟอร์ของส่วนแสดงผล 7 ส่วนชนิดคอมม่อนแอโนดขนาด 8 หลัก โดยปกติไม่มีข้อมูลใดเข้ามาระดับสัญญาณเอาต์พุตของไอซี U3 จะมีระดับแรงดันเป็นลอจิก “1” การเลือกตำแหน่งหลักของส่วนแสดงผล 7 ส่วนสามารถเลือกได้โดยใช้ไอซี 74LS138 (ที่ตรงกับไอซี U2 ในวงจร) เป็นตัวเลือกตามคุณสมบัติของไอซี 74LS138 ในตารางที่ 3.9

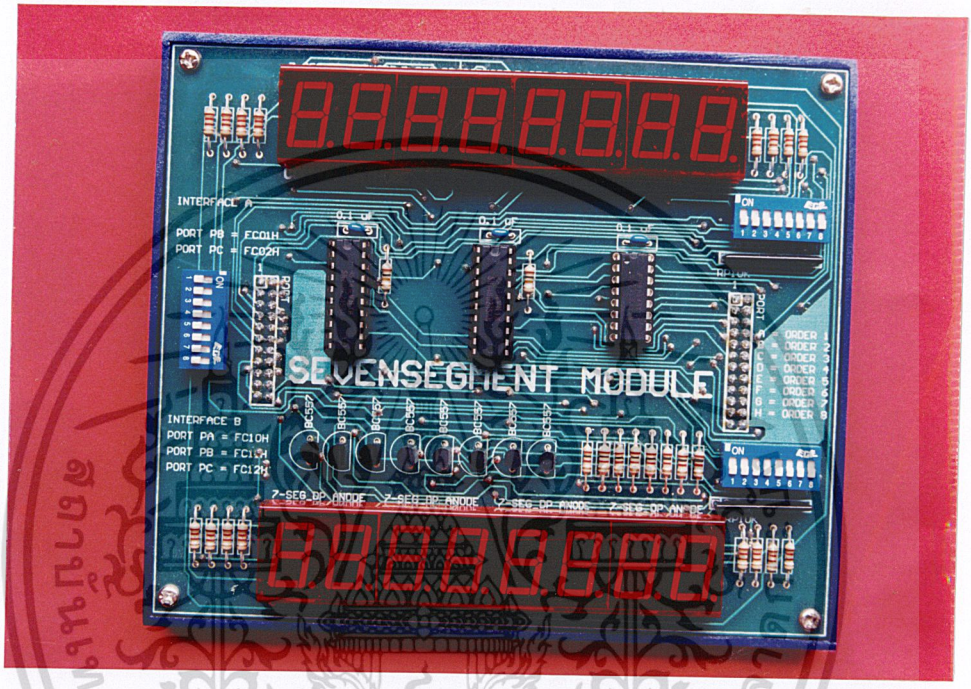
ตารางที่ 3.9 คุณสมบัติของไอซี 74LS138

INPUTS			OUTPUTS							
C	B	A	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7
L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H
L	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H
L	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H
H	L	L	H	H	H	H	L	H	H	H
H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H
H	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H
H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L

H = High Level, L = Low Level

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับสัญญาณ Input C, B และ A นั้นเชื่อมต่อจากเฮดเดอร์ JP2 แต่เนื่องจากการเลือกตำแหน่งหลักของส่วนแสดงผล 7 ส่วนชนิดคอมม่อนแอโนด ไม่สามารถเลือกหลักได้โดยตรง เหมือนกับส่วนแสดงผล 7 ส่วนชนิดคอมม่อนแคโถด จึงจำเป็นที่จะต้องใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP เบอร์ BC557 ช่วยในการเลือกหลักในการแสดงผลด้วย

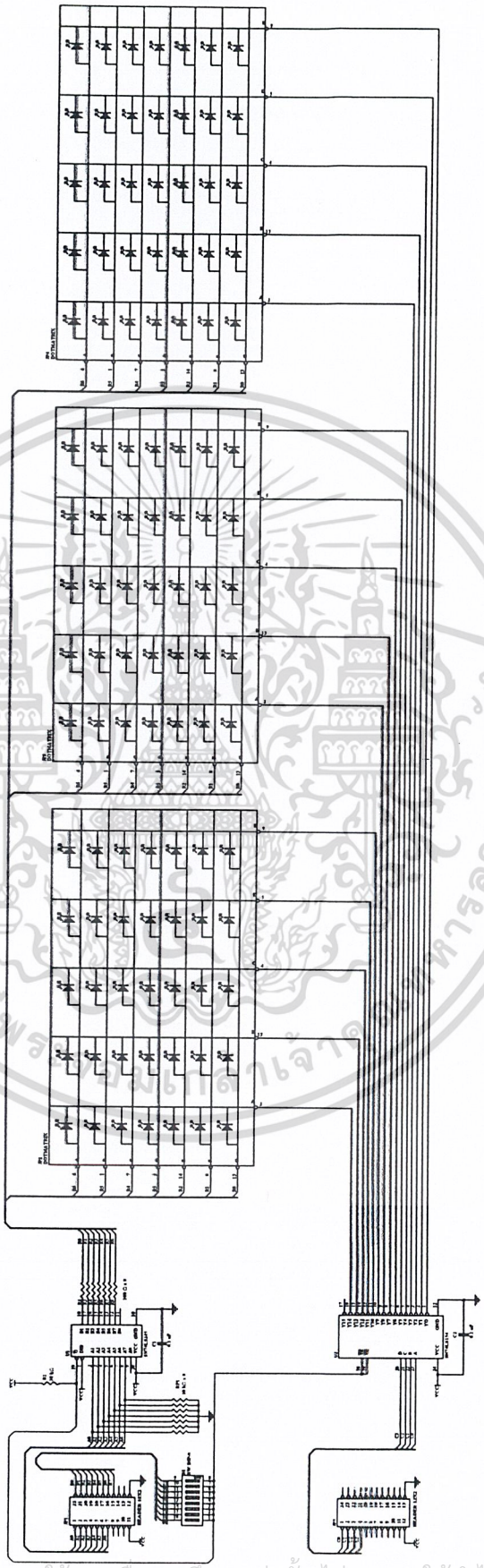


รูปที่ 3.43 โมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วน

3.3.4 โมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์

โมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์ เป็นโมดูลที่ใช้แอลอีดีดอตเมตริกซ์ในการแสดงผลโดยใช้แอลอีดีดอตเมตริกซ์ขนาด 5 x 7 หลักจำนวน 3 ตัว ชนิดคอมม่อนแคโถด สำหรับวงจรออกแบบได้ดังรูปที่ 3.44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

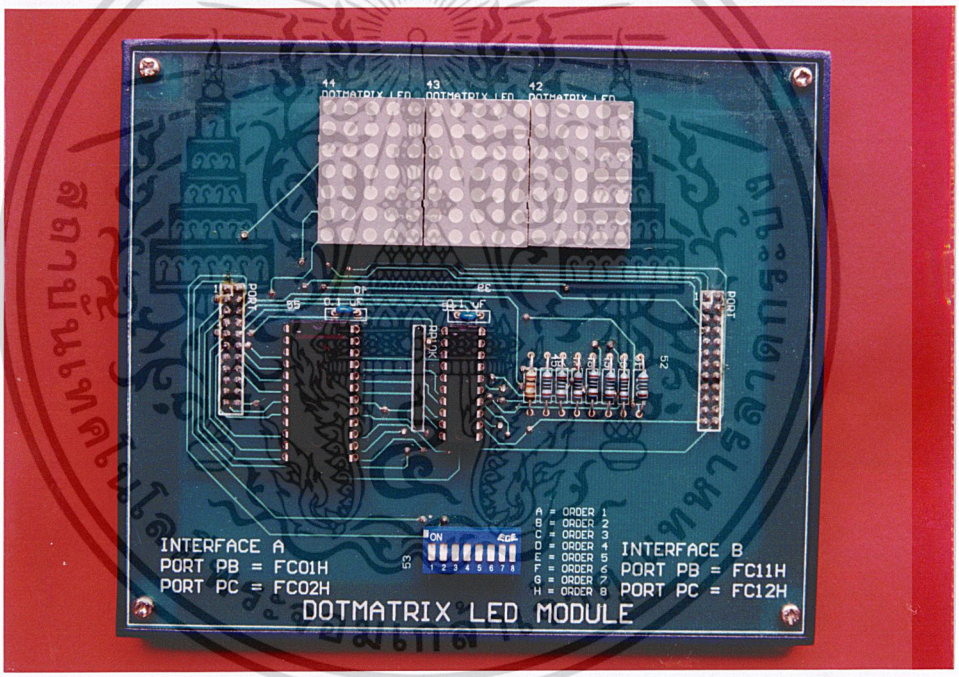


รูปที่ 3.44 วงจรโมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรในรูปที่ 3.44 ส่วนที่ใช้แสดงผล คือ แอลอีดีดอตเมตริกซ์ ชนิดคอมม่อนแคโถด ขนาด 5 x 7 หลักจำนวน 3 ชุด จึงทำให้มีหลักทั้งหมด 15 หลัก จึงจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่สามารถควบคุมการทำงานได้ 15 หลัก ซึ่งตรงกับคุณสมบัติของไอซี 74LS154 จึงใช้ไอซี 74LS154 ในการเลือกตำแหน่งหลักในการแสดงผล

สัญญาณที่ทำหน้าที่เลือกตำแหน่งหลัก สัญญาณถูกต่อจากเฮดเดอร์ JP2 สำหรับข้อมูลในการสั่งให้แสดงผลต้องเชื่อมต่อจากเฮดเดอร์ JP1 ส่งเข้าสู่ไอซี 74LS245 ที่หน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ และทำงานเป็นอุปกรณ์ควบคุมชั้นการทำงาน สำหรับการเลือกชั้นการทำงานสามารถเลือกได้เหมือนโมดูลอื่นๆ โดยหากไม่มีสัญญาณป้อนให้อินพุตของไอซี 74LS245 สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากไอซี 74LS245 จะมีระดับแรงดันลอจิก “0”

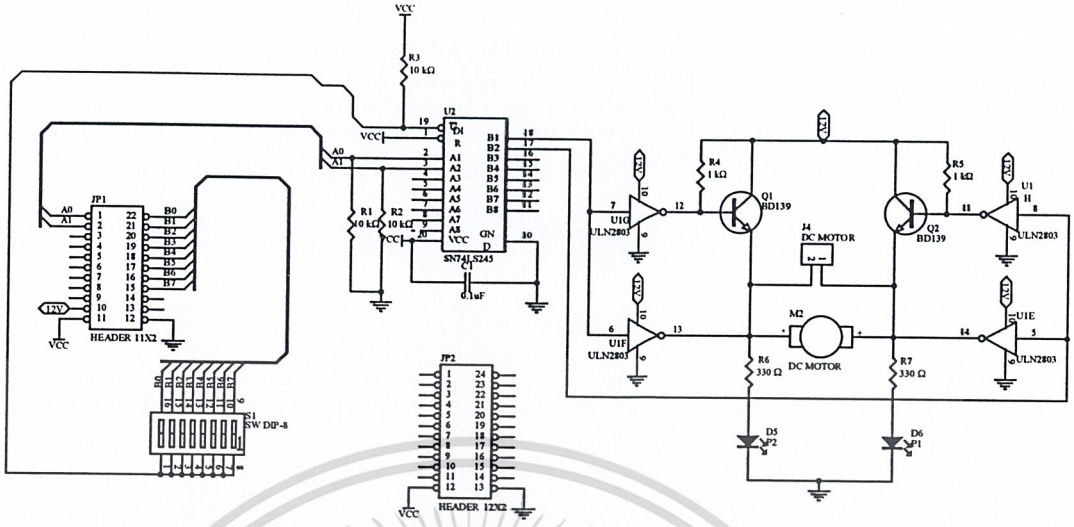


รูปที่ 3.45 โมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์

3.3.5 โมดูลดีซีมอเตอร์

โมดูลดีซีมอเตอร์เป็นโมดูล ที่ใช้กับมอเตอร์ 12 VDC โดยโมดูลดีซีมอเตอร์สามารถควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ และสามารถควบคุมความเร็วในการหมุนของมอเตอร์ได้ โดยสามารถออกแบบวงจรได้ดังรูปที่ 3.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.46 วงจรโมดูลดีซีมอเตอร์

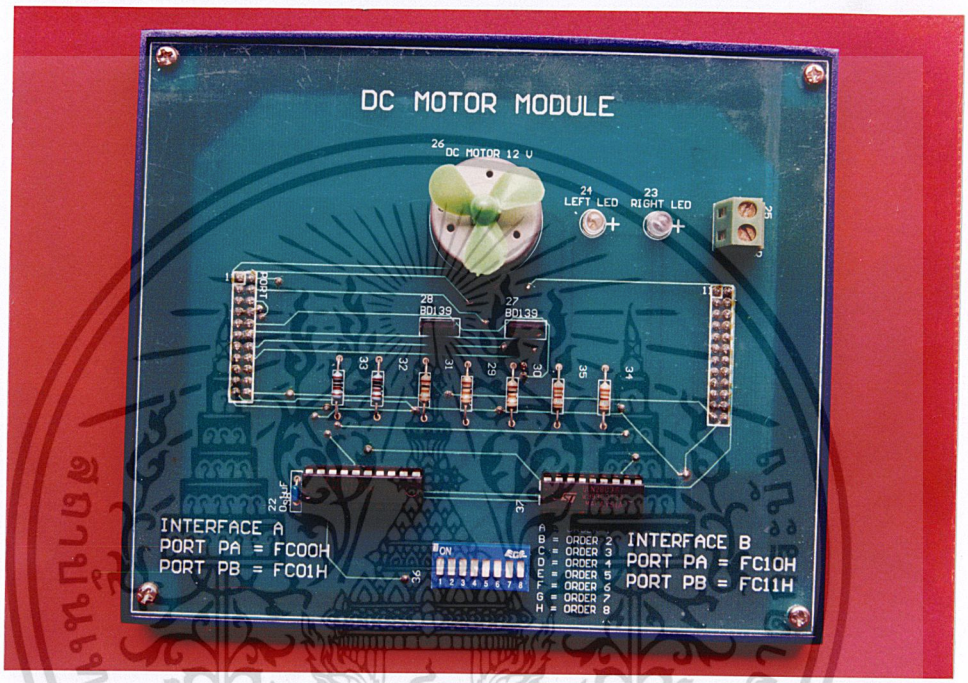
จากวงจรดังรูปที่ 3.46 ส่วนที่ใช้เชื่อมต่อกับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ คือ เฮดเดอร์ JP1 โดยส่งสัญญาณเข้าไอซี 74LS245 ที่ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ และทำงานสัมพันธ์กับการเลือกชั้นการทำงาน สำหรับการเลือกชั้นการทำงานสามารถเลือกได้เหมือนโมดูลอื่นๆ หากไม่มีสัญญาณอินพุตเข้ามาทางด้านอินพุตของไอซี 74LS245 แรงดันทางด้านเอาต์พุตของไอซี 74LS245 จะมีระดับลอจิกเป็น “0” การควบคุมการทำงานของมอเตอร์จะใช้ไอซี ULN2803 ทำหน้าที่เป็นนอตเกต แต่สามารถใช้กับระดับแรงดัน 12VDC ได้ การควบคุมการทำงานของมอเตอร์ จึงมีลักษณะดังตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 การทำงานของมอเตอร์

Inputs (74LS245)		การทำงานของมอเตอร์
A2	A1	
0	0	มอเตอร์ไม่ทำงาน
0	1	มอเตอร์ทำงาน
1	0	มอเตอร์ทำงาน
1	1	มอเตอร์ไม่ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางแสดงการทำงานของมอเตอร์ เมื่อนำมาเทียบกับวงจรสามารถอธิบายได้ว่า U1G และ U1E จะทำงานเกี่ยวข้องกัน ส่วน U1F และ U1H จะทำงานเกี่ยวข้องกัน สำหรับไดโอด D5 และ D6 เป็นไดโอดแสดงสถานะแรงดันที่ขาของมอเตอร์ แต่มอเตอร์สามารถหมุนได้ไดโอดเปล่งแสงต้องติดเพียงดวงเดียวเนื่องจากศักย์ของแรงดันด้วย



รูปที่ 3.47 โมดูลดีซีมอเตอร์

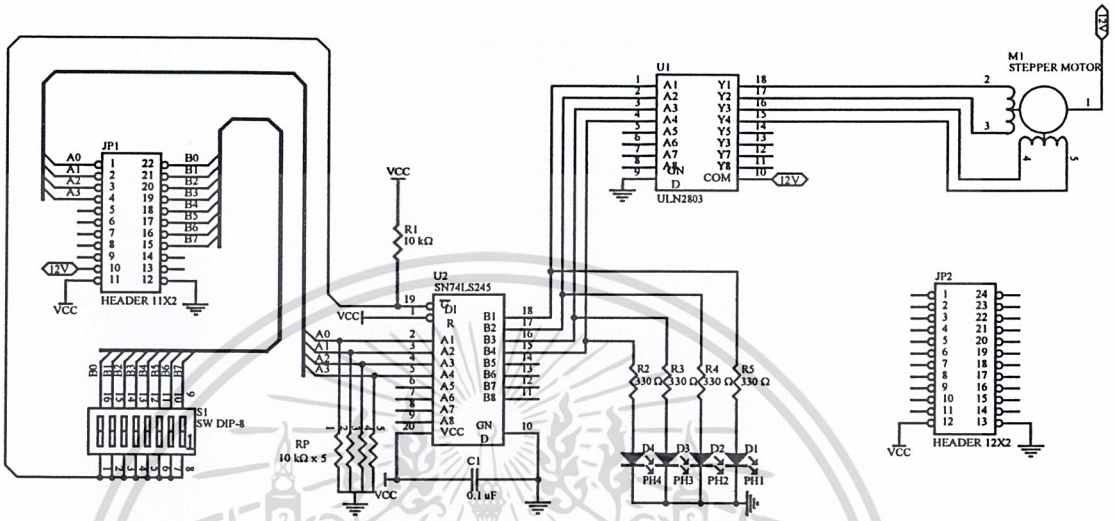
3.3.6 โมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์

โมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์เป็นอีกโมดูลหนึ่งที่ใช้งานเกี่ยวกับมอเตอร์ แต่ในการใช้งานจะใช้มอเตอร์สเต็ปปิ้งแบบ 4 เฟส โดยสามารถออกแบบวงจรได้ดังรูปที่ 3.48

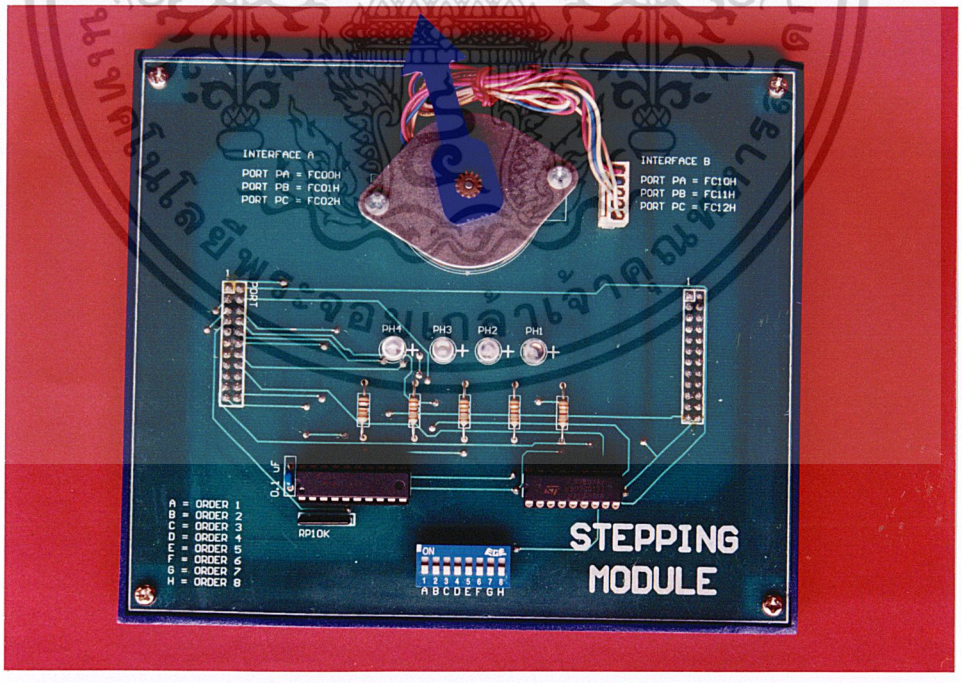
จากวงจรในรูปที่ 3.48 เฮดเดอร์ JP1 ทำหน้าที่รับสัญญาณควบคุมการทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ และส่งสัญญาณเข้าไอซี 74LS245 ที่ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ และทำงานเกี่ยวข้องกับอุปกรณ์เลือกชั้น สำหรับไอซี ULN2803 ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์เช่นเดียวกับไอซี 74LS245 แต่สัญญาณเอาต์พุตของไอซี ULN2803 จะมีระดับแรงดัน 12 VDC จึงนำสัญญาณที่ได้ นำไปขับสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ส่วนไดโอดเปล่งแสง D1–D4 ทำหน้าที่ในการแสดงระดับแรงดันในแต่ละเฟสของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ จากวงจรหากไม่มีการป้อนแรงดันให้กับอินพุตของโมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์เอาต์พุตของ ไอซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

74LS245 จะมีระดับลอจิกเป็น “0” ตลอดสำหรับการเลือกชั้นการทำงานของโมดูลสามารถเลือกชั้นการทำงานได้เหมือนโมดูลอินเตอร์เฟสอื่นๆ



รูปที่ 3.48 วงจรโมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์

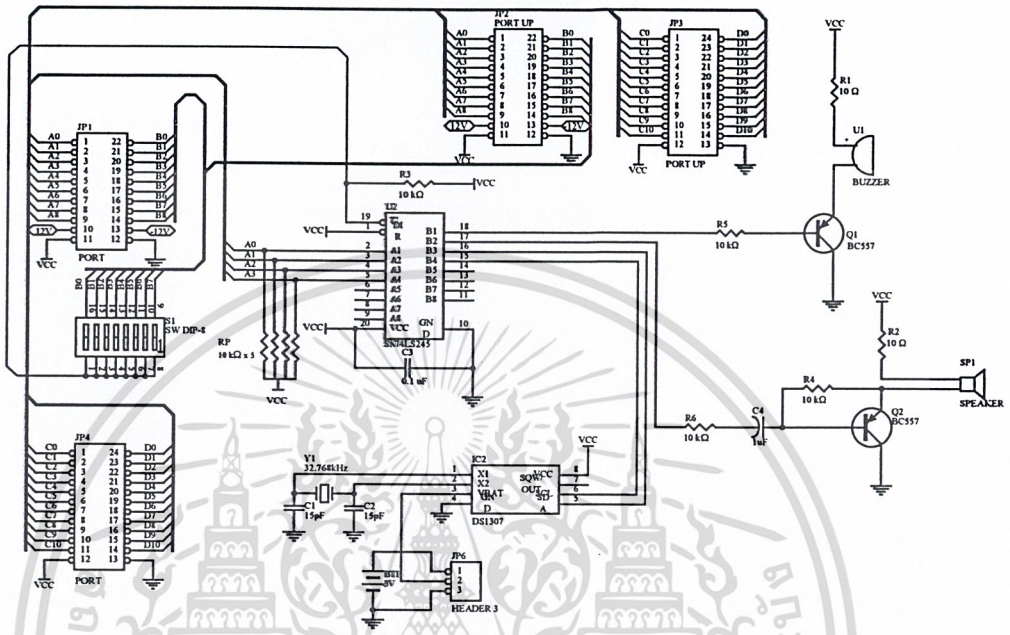


รูปที่ 3.49 โมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.7 โมดูลบัซเซอร์ ลำโพง และอาร์ทีซี

โมดูลนี้เป็นโมดูลที่รวมวงจรบัซเซอร์ ลำโพง และอาร์ทีซีไว้ด้วยกัน แต่การทำงานในแต่ละส่วนจะแยกเป็นอิสระต่อกัน สามารถออกแบบวงจรได้ดังรูปที่ 3.50

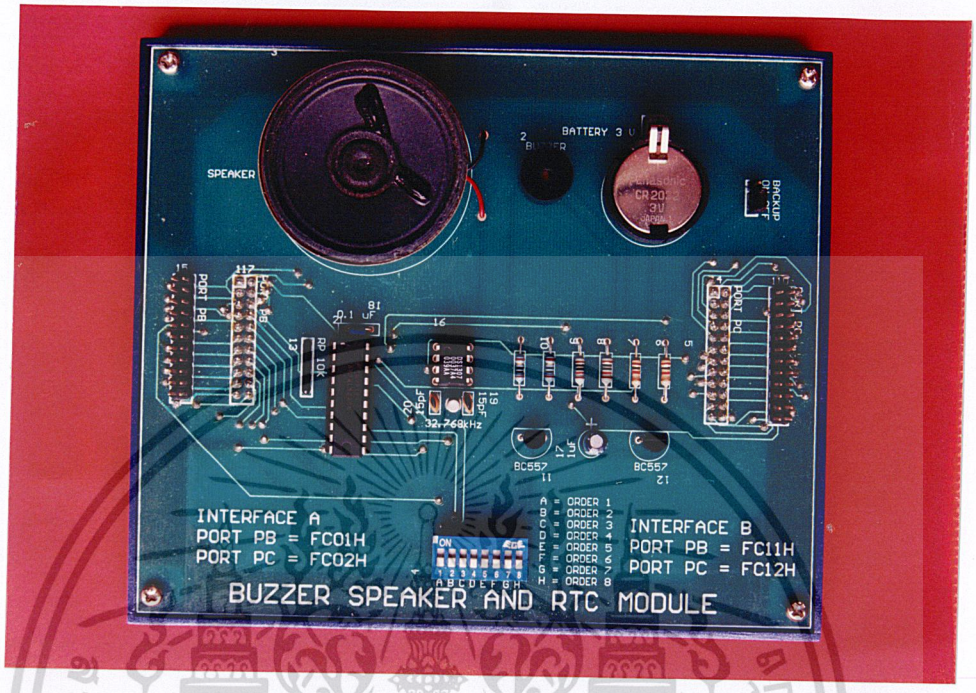


รูปที่ 3.50 วงจรโมดูลบัซเซอร์ ลำโพง และอาร์ทีซี

จากวงจรดังรูปที่ 3.50 แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนของวงจรบัซเซอร์ ส่วนของ วงจรลำโพง และส่วนของวงจรอาร์ทีซี การทำงานสามารถอธิบายได้ดังนี้

จากวงจรในรูปที่ 3.50 เนื่องจากโมดูลนี้การทำงานไม่ได้ใช้งานในด้านการแสดงผล ดังนั้น การออกแบบจะต้องให้โมดูลนี้สามารถให้โมดูลอื่นซ้อนได้ จึงต้องใช้เฮดเดอร์มากกว่าโมดูลขนาดเดียวกัน โดยเฮดเดอร์ที่ใช้ในการติดต่อกับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 คือ เฮดเดอร์ JP1 และ JP4 ส่วนเฮดเดอร์ JP2 และ JP3 ใช้ทำหน้าที่ติดต่อกับโมดูลชั้นบน สำหรับไอซี 74LS245 ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ และทำงานเกี่ยวข้องกับอุปกรณ์เลือกชั้น โดยถ้าไม่มีสัญญาณอินพุตเข้ามายัง 74LS245 เอาต์พุตจะมีระดับของแรงดันเป็นลอจิก “1” ส่วนทางด้านเอาต์พุตของไอซี 74LS245 นั้น ขา B1 เข้าวงจรบัซเซอร์ขา B2 เข้าวงจรลำโพง โดยวงจรลำโพงสามารถผลิตสัญญาณเสียงได้เมื่อมีระดับแรงดันลบเข้าสู่วงจร ส่วนขา B3 และ B4 ของไอซี 74LS245 เข้าวงจร RTC และใช้ขาสัญญาณ SCL และ SDA ในการส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



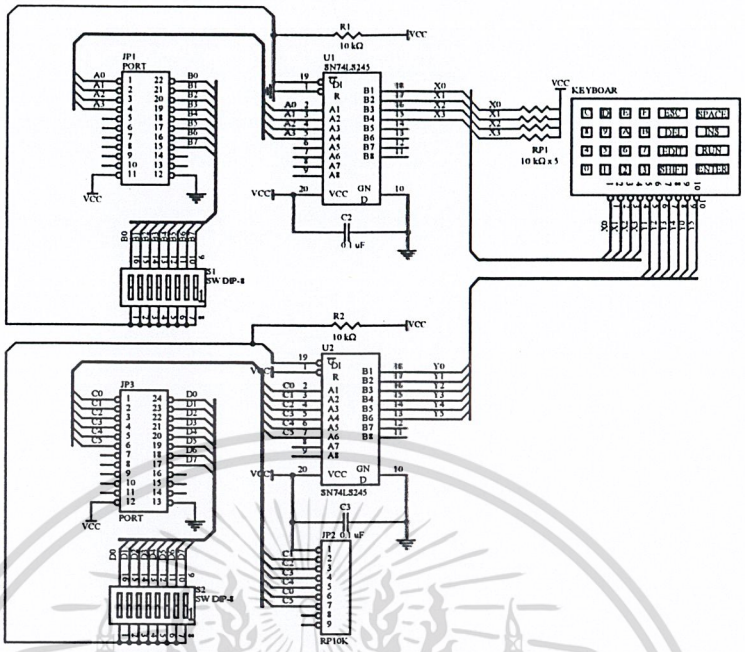
รูปที่ 3.51 โมดูลบัซเซอร์ ลำโพง และอาร์ทีซี

3.3.8 โมดูลแป้นพิมพ์

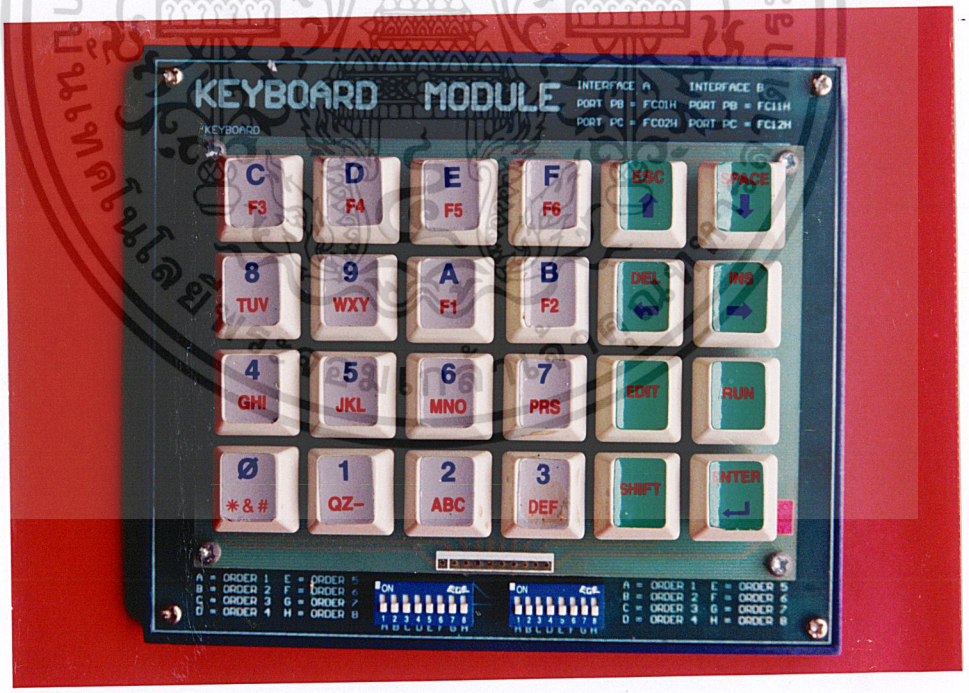
โมดูลแป้นพิมพ์เป็นโมดูลที่ใช้แป้นพิมพ์เป็นชุดทดลอง โดยใช้แป้นพิมพ์ขนาด 4 x 6 หลัก สามารถออกแบบวงจรได้ดังรูปที่ 3.52

จากวงจรในรูปที่ 3.52 ส่วนที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 คือ เฮดเดอร์ JP1 และ JP3 โดยเฮดเดอร์ JP1 ทำหน้าที่ในการติดต่อกับแถวของแป้นพิมพ์ส่วนเฮดเดอร์ JP3 ทำหน้าที่ติดต่อกับหลักของแป้นพิมพ์ โดยไอซี U1 ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ของแถว และทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์เลือกชั้นการทำงาน ส่วนไอซี U2 ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ของหลัก และทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์เลือกชั้นการทำงาน โดยการเลือกชั้นการทำงานสามารถเลือกชั้นได้เหมือนกับโมดูลอินเตอร์เฟสอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.52 วงจรโมดูลแป้นพิมพ์



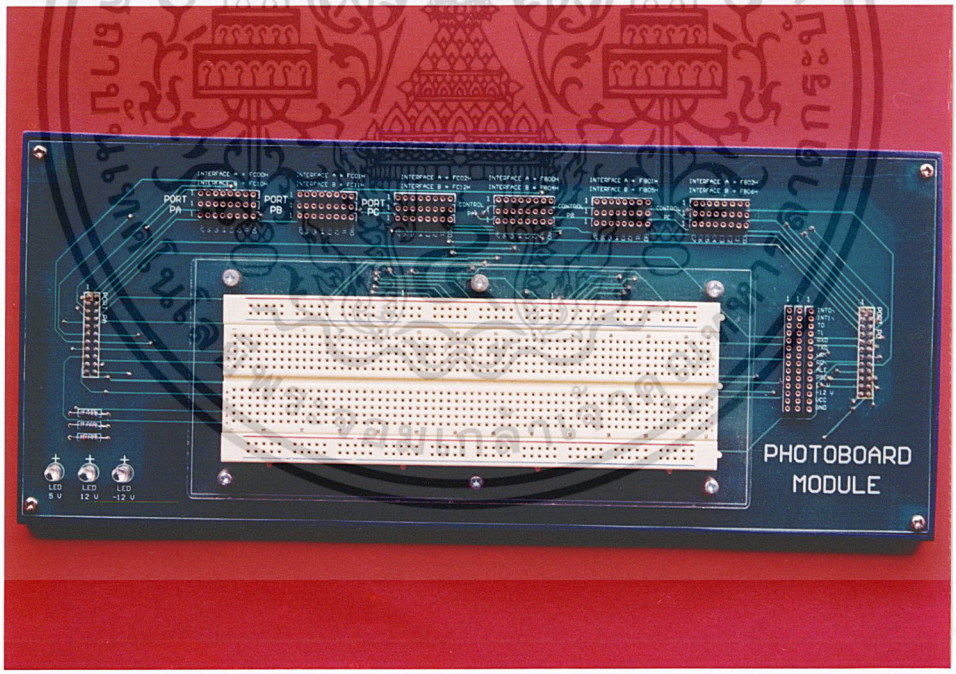
รูปที่ 3.53 โมดูลแป้นพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.9 โมดูลแผงต่อวงจร

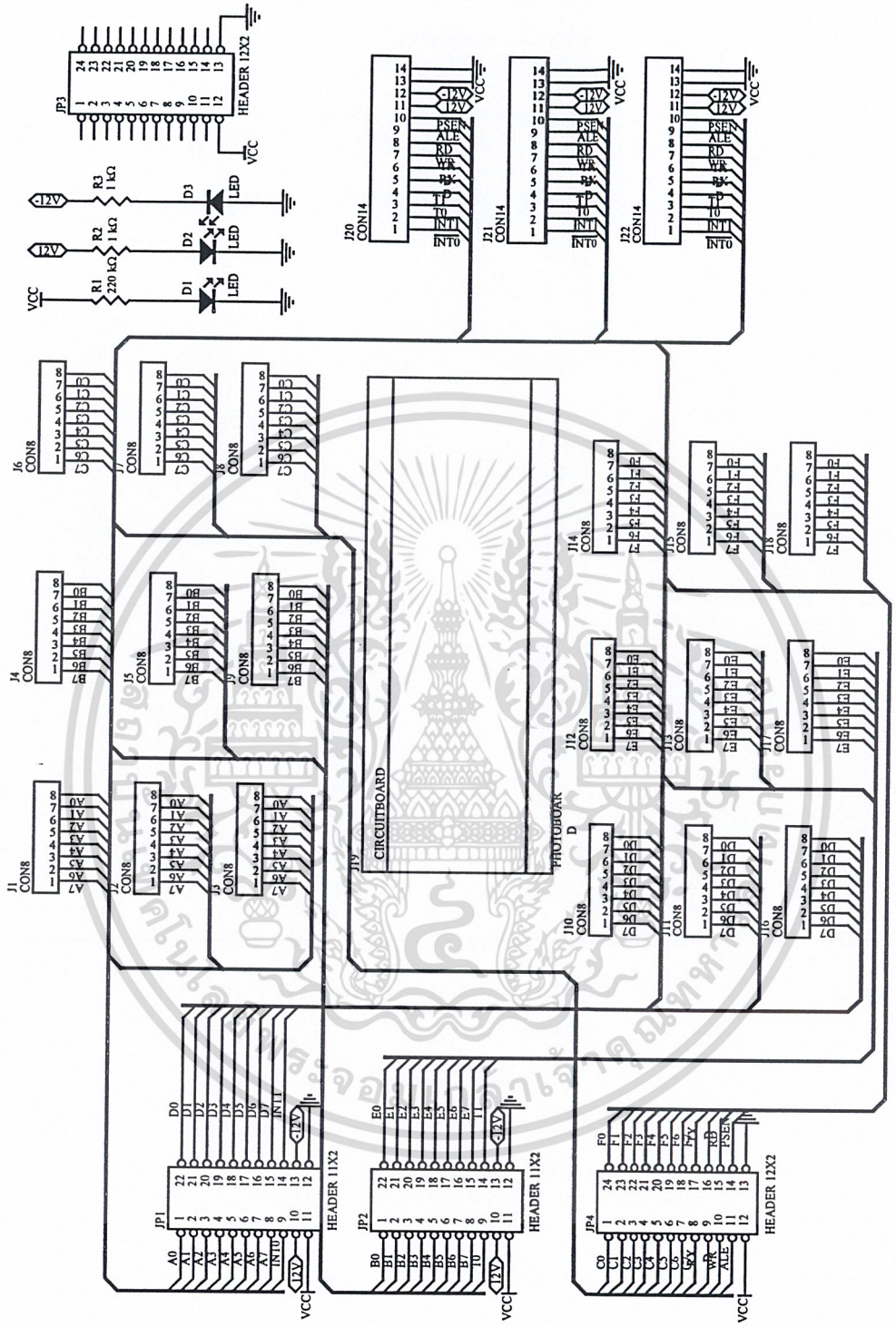
โมดูลแผงต่อวงจรเป็นโมดูลที่ใช้โฟโตบอร์ดเป็นอุปกรณ์หลักสำหรับใช้ในการทดลองและต่อวงจรที่ต้องการ ในโมดูลแผงต่อวงจรจะมีพอร์ต และสัญญาณต่างๆไว้สำหรับต่อใช้งาน โดยโมดูลแผงต่อวงจรนี้สามารถออกแบบวงจรได้ดังรูปที่ 3.55

จากวงจรดังรูปที่ 3.55 ส่วนที่ใช้เชื่อมต่อกับพอร์ตต่างๆ ของชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 คือ เฮดเดอร์ JP1, JP2, JP3 และ JP4 สำหรับส่วนที่ใช้เชื่อมต่อกับสัญญาณเข้ากับโฟโตบอร์ดจะเป็นส่วนของคอนเน็กเตอร์ต่างๆ โดยคอนเน็กเตอร์ J1, J2 และ J3 ต่อเข้ากับพอร์ต PA ของ 8255 และต่อเข้ากับ $\overline{\text{INT0}}$ และ $\overline{\text{INT1}}$ แรงดัน 12 VDC แรงดัน –12 VDC คอนเน็กเตอร์ J4, J5 และ J9 ต่อเข้ากับพอร์ต PB ของ 8255 และสัญญาณ T0, T1 แรงดัน 12 VDC และแรงดัน -12VDC คอนเน็กเตอร์ J6, J7 และ J8 ต่อเข้ากับพอร์ต PC ของ 8255 และต่อเข้ากับสัญญาณ RXD, TXD, $\overline{\text{WR}}$, $\overline{\text{RD}}$, ALE และ $\overline{\text{PSEN}}$ ส่วนสุดท้าย คือ ไดโอดเปล่งแสง D1, D2 และ D3 ทำหน้าที่แสดงสถานะแรงดัน โดยไดโอดเปล่งแสง D1 ระดับแรงดัน 5 VDC ไดโอดเปล่งแสง D2 ระดับแรงดัน 12 VDC และไดโอดเปล่งแสง D3 ระดับแรงดัน –12 VDC



รูปที่ 3.54 โมดูลแผงต่อวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

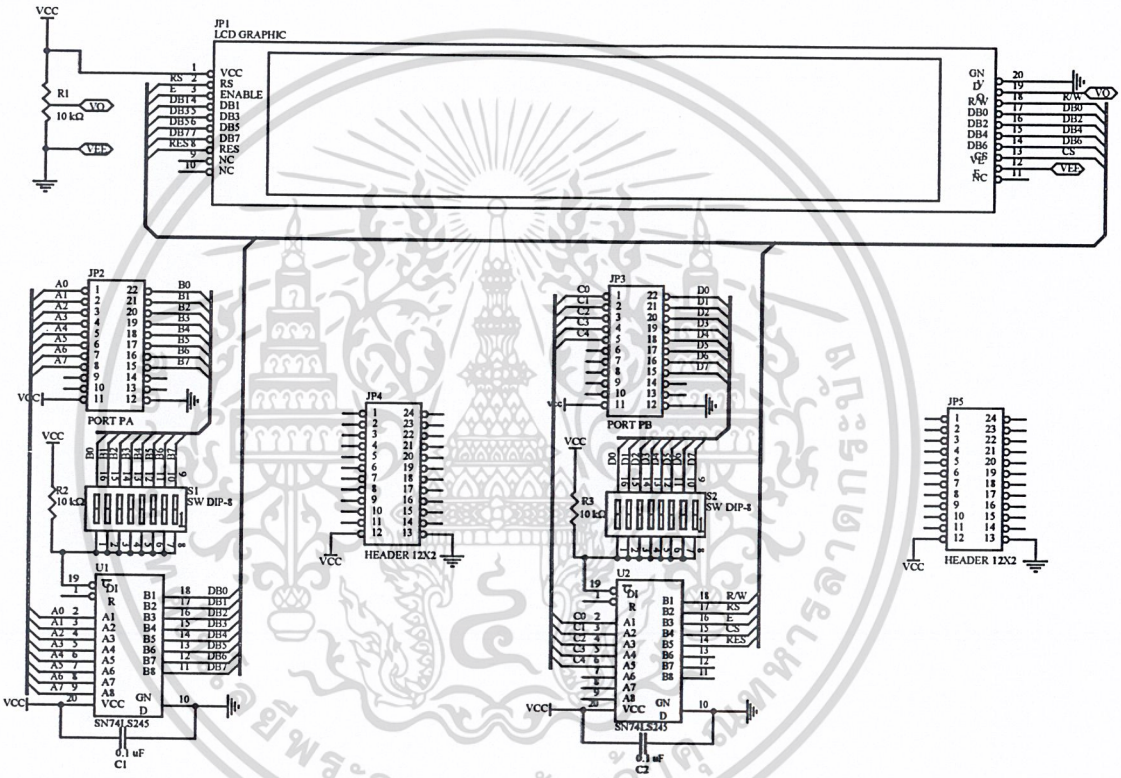


รูปที่ 3.55 โมดูลแผงต่อวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.10 โมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์

โมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์ เป็นโมดูลที่ใช้จอแสดงผลผลึกเหลวขนาด 240 x 64 ดอต โดยจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์จะแบ่งสัญญาณออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนของข้อมูล และส่วนของสัญญาณควบคุม สำหรับการใช้งานโมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์นั้นสามารถใช้งานได้โดยการควบคุมผ่านอุปกรณ์ 8255 การออกแบบวงจรสามารถออกแบบวงจรได้ดังรูปที่ 3.56

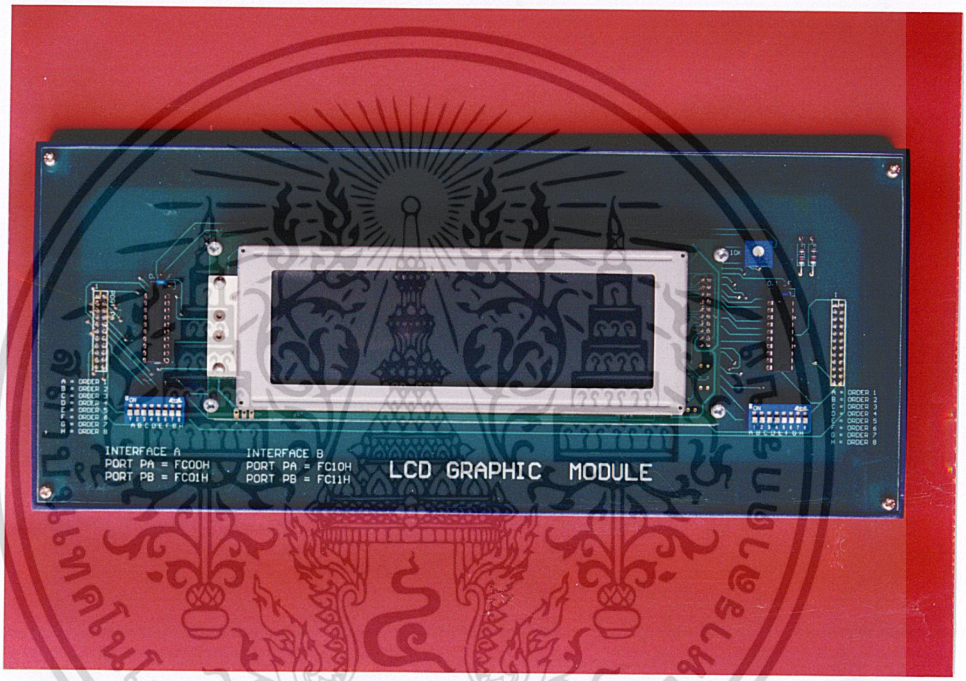


รูปที่ 3.56 วงจรโมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์

จากวงจรดังรูปที่ 3.56 เป็นวงจรโมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์โดยส่วนที่ใช้ในการติดต่อกับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 คือ เฮดเดอร์ JP2, JP3, JP4 และ JP5 โดยเฮดเดอร์ JP2 เป็นเฮดเดอร์ที่ต่อกับสัญญาณข้อมูลที่ถูกส่งมาจากชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ส่วนเฮดเดอร์ JP3 ต่อเข้ากับสัญญาณควบคุมการทำงานของจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์ โดยเมื่อมีสัญญาณเข้ามาที่เฮดเดอร์ JP2 สัญญาณจะเข้าสู่ไอซี U1 ที่ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์และทำงานสัมพันธ์กับอุปกรณ์เลือกชั้น และสัญญาณที่เข้ามาทางเฮดเดอร์ JP3 จะเข้าสู่ไอซี U2 ที่ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ และทำงานเกี่ยวข้องกับอุปกรณ์เลือกชั้นอีกตัวหนึ่งสำหรับการเลือกชั้นนั้นจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องเลือกจากอุปกรณ์เลือกชั้นทั้ง 2 ตัว คือ S1 และ S2 สาเหตุที่ต้องมีการเลือกชั้นทั้ง 2 ส่วนเนื่องจากสัญญาณควบคุม และข้อมูลถูกส่งออกมาในช่วงเวลาที่ต่างกัน เมื่อมีข้อมูลลที่ไม่ถูกต้องเข้าสู่จอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์การแสดงผลอาจผิดพลาด สำหรับความต้านทานปรับค่าได้ในวงจรเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการปรับความเข้มหน้าจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์ การเลือกชั้นการทำงานของโมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์สามารถเลือกชั้นการทำงานได้เหมือนกับโมดูลอินเตอร์เฟสอื่นๆ



รูปที่ 3.57 โมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์

3.4 การออกแบบชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นส่วนที่ใช้ติดต่อกับโมดูลต่างๆ ทั้งหมด โดยแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ

1) ส่วนโมดูลหลัก

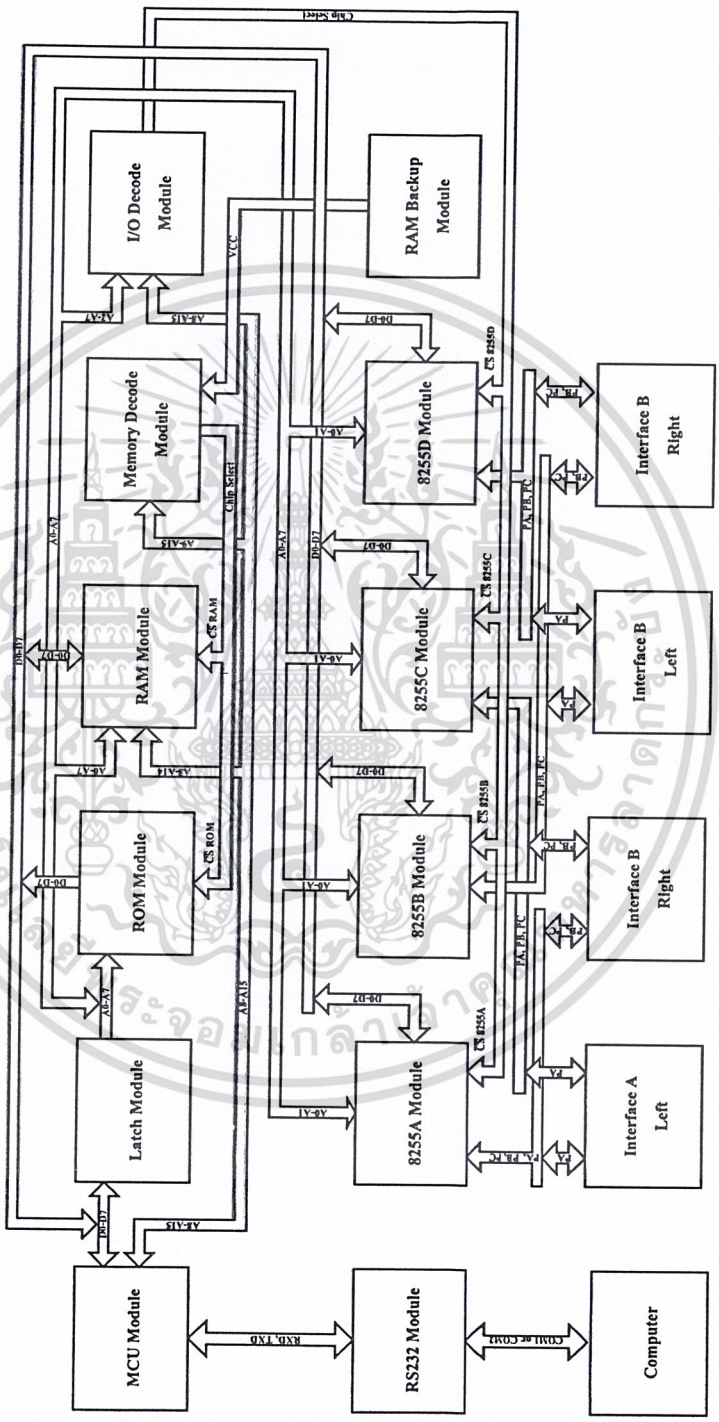
2) ส่วนโมดูลอินเตอร์เฟสเอ

3) ส่วนโมดูลอินเตอร์เฟสบี

การออกแบบการเชื่อมต่อภายในชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ออกแบบโดยอาศัยการใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทำงานร่วมกับหน่วยความจำภายนอก ทั้งหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั่วคราว, หน่วยความจำถาวร และพอร์ตอินพุตเอาต์พุตต่างๆ โดยการเชื่อมต่อภายในชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ออกแบบได้ดังบล็อกการทำงาน ดังรูปที่ 3.58



รูปที่ 3.58 การเชื่อมต่อภายในของชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.58 เป็นบล็อกการทำงานของชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยการเชื่อมต่อจะแบ่งการเชื่อมต่อเป็น 17 ส่วนดังนี้

1) โมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์

2) โมดูลแลตช์

3) โมดูลหน่วยความจำถาวร

4) โมดูลหน่วยความจำชั่วคราว

5) โมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ

6) โมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต

7) โมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

8) โมดูล 8255A

9) โมดูล 8255B

10) โมดูล 8255C

11) โมดูล 8255D

12) โมดูลสำรองไฟเลี้ยงหน่วยความชั่วคราว

13) คอมพิวเตอร์

14) อินเตอร์เฟส เอ ด้านซ้าย

15) อินเตอร์เฟส เอ ด้านขวา

16) อินเตอร์เฟส บี ด้านซ้าย

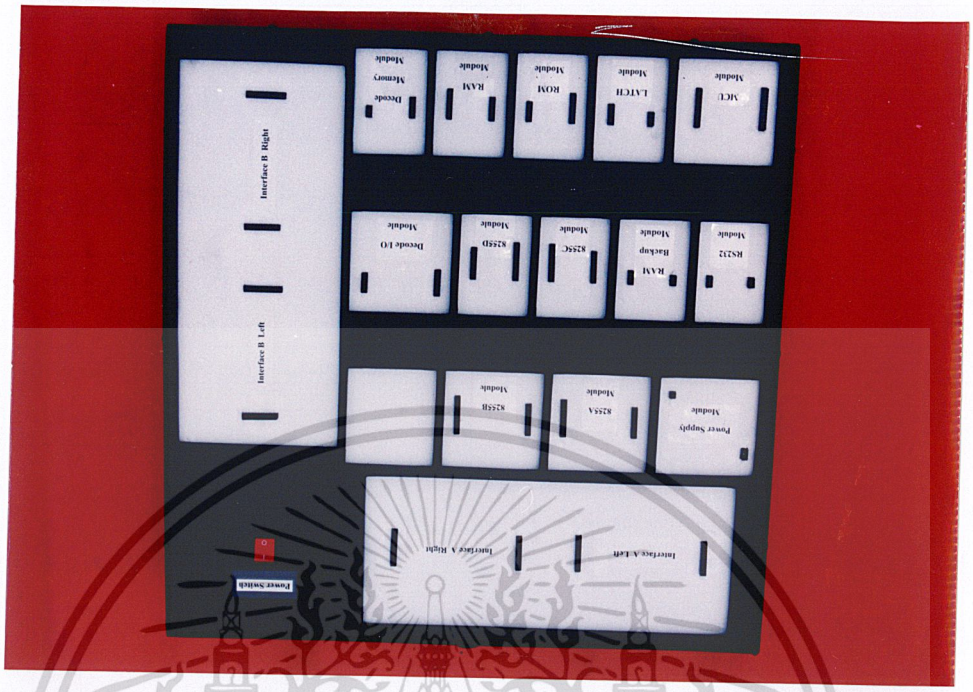
17) อินเตอร์เฟส บี ด้านขวา

การเชื่อมต่อภายในชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะเชื่อมส่วนของบัสข้อมูล และบัสตำแหน่งหน่วยความจำที่ตรงกับบล็อกการทำงานเข้าด้วยกัน

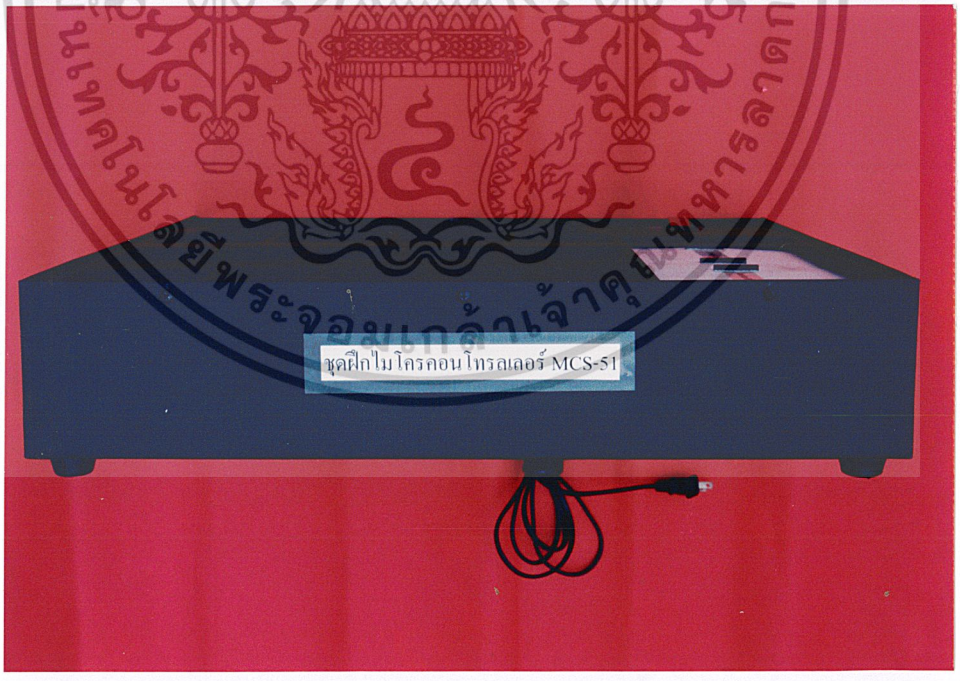
การออกแบบชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะออกแบบในลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมจัตุรัส และมีช่องสำหรับต่อโมดูลอยู่ด้านบน โดยในแต่ละช่องจะมีเฮดเดอร์ตัวเมียที่มีตำแหน่งตรงกับโมดูลตำแหน่งนั้นๆ รองรับ

โดยด้านบนของชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ซึ่งทำหน้าที่ในการรองรับการเสียบโมดูลต่างๆ เป็นดังรูปที่ 3.59 สำหรับรูปที่ 3.60 เป็นด้านหน้าของชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.59 ด้านบนชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

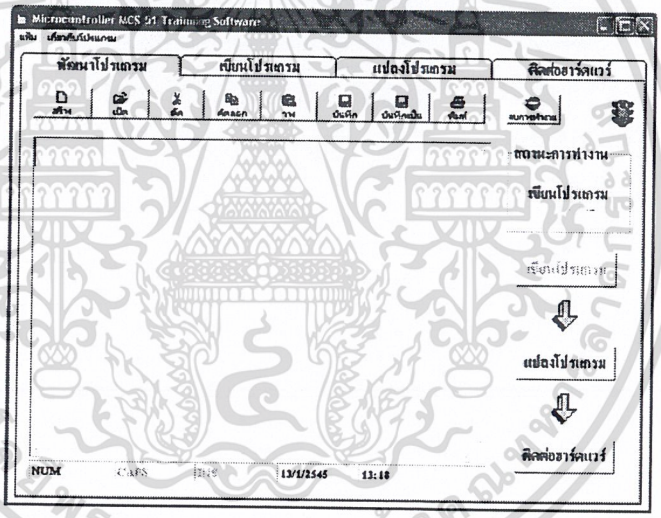


รูปที่ 3.60 ด้านหน้าชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การออกแบบโปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software

โปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software เป็นโปรแกรมที่สามารถทำงานได้ในระบบปฏิบัติการ Windows 9X/Me/2000/XP โดยสร้างขึ้นจาก Microsoft Visual Basic 6 โปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมภาษาแอสแซมบลี การแปลงโปรแกรมที่เขียนจากโปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software ให้อยู่ในรูป Intel Hex-Code และในการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยผ่านทางพอร์ตอนุกรมเพื่อใช้ในการติดต่อกับโปรแกรม Pual Monitor Version 2.1 ที่บรรจุอยู่ในโมดูลหน่วยความจำถาวร และยังสามารถใช้ในการ Load Program ที่เขียนขึ้นลงไปในโมดูลหน่วยความจำชั่วคราว ที่ทำงานเป็น Program + Data Memory ได้



รูปที่ 3.61 โปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software

โปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software เป็นโปรแกรมที่แบ่งการทำงานเป็น 4 ส่วน คือ

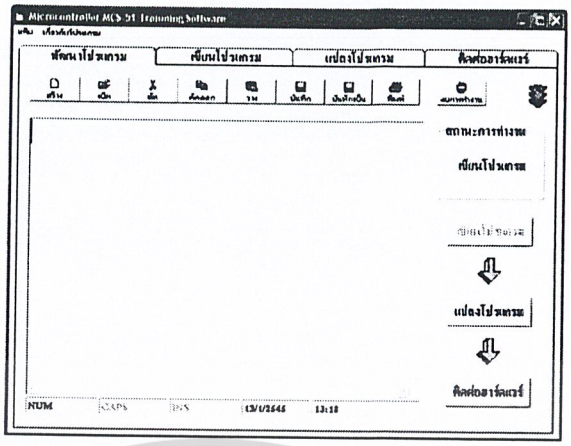
1) ส่วนช่วยพัฒนาโปรแกรม คือ การเขียนโปรแกรม การแปลงโปรแกรมภาษาแอสแซมบลี เป็น Intel Hex-Code และการติดต่อฮาร์ดแวร์

2) ส่วนใช้ในการเขียนโปรแกรม

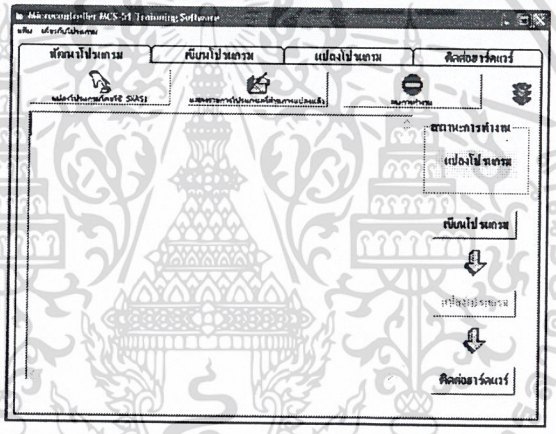
3) ส่วนใช้ในการแปลงโปรแกรมภาษาแอสแซมบลี เป็น Intel Hex-Code

4) ส่วนใช้ในการติดต่อฮาร์ดแวร์ หรือใช้ติดต่อกับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

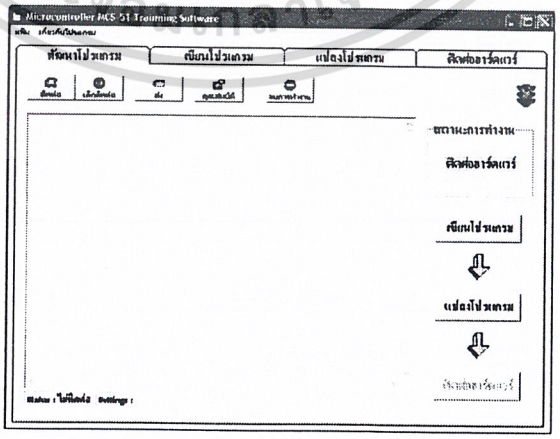
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.62 โปรแกรมส่วนที่ 1 ทำงานในส่วนการเขียนโปรแกรม

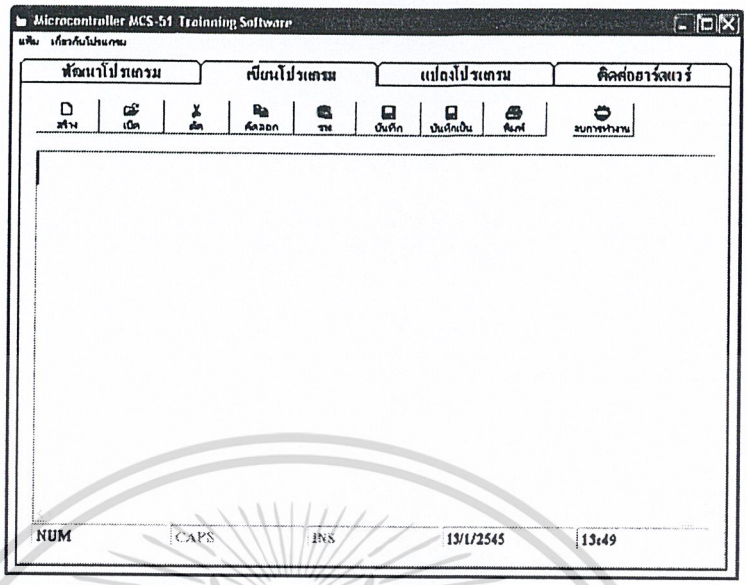


รูปที่ 3.63 โปรแกรมส่วนที่ 1 ทำงานในส่วนการแปลงโปรแกรม



รูปที่ 3.64 โปรแกรมส่วนที่ 1 ทำงานในส่วนการติดต่อฮาร์ดแวร์

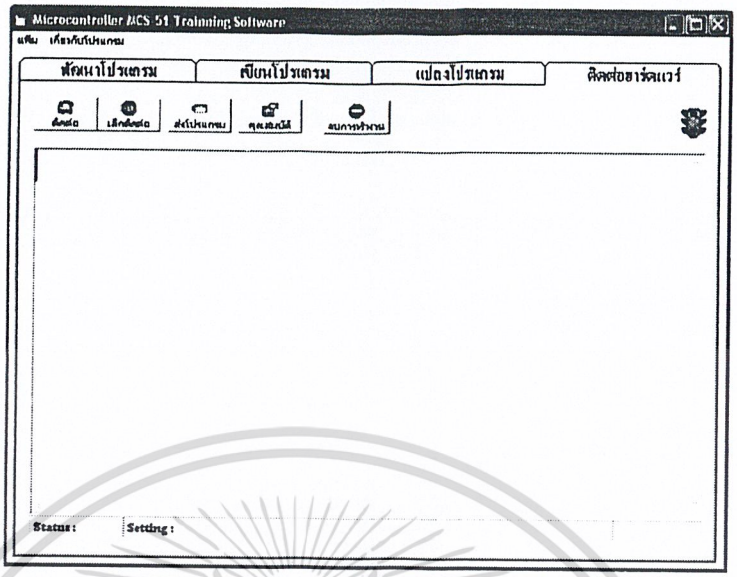
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.65 โปรแกรมส่วนที่ 2 ใช้ในการเขียนโปรแกรม

รูปที่ 3.66 โปรแกรมส่วนที่ 3 ใช้ในการแปลงโปรแกรมภาษาแอสแซมบลีเป็น Intel Hex-Code

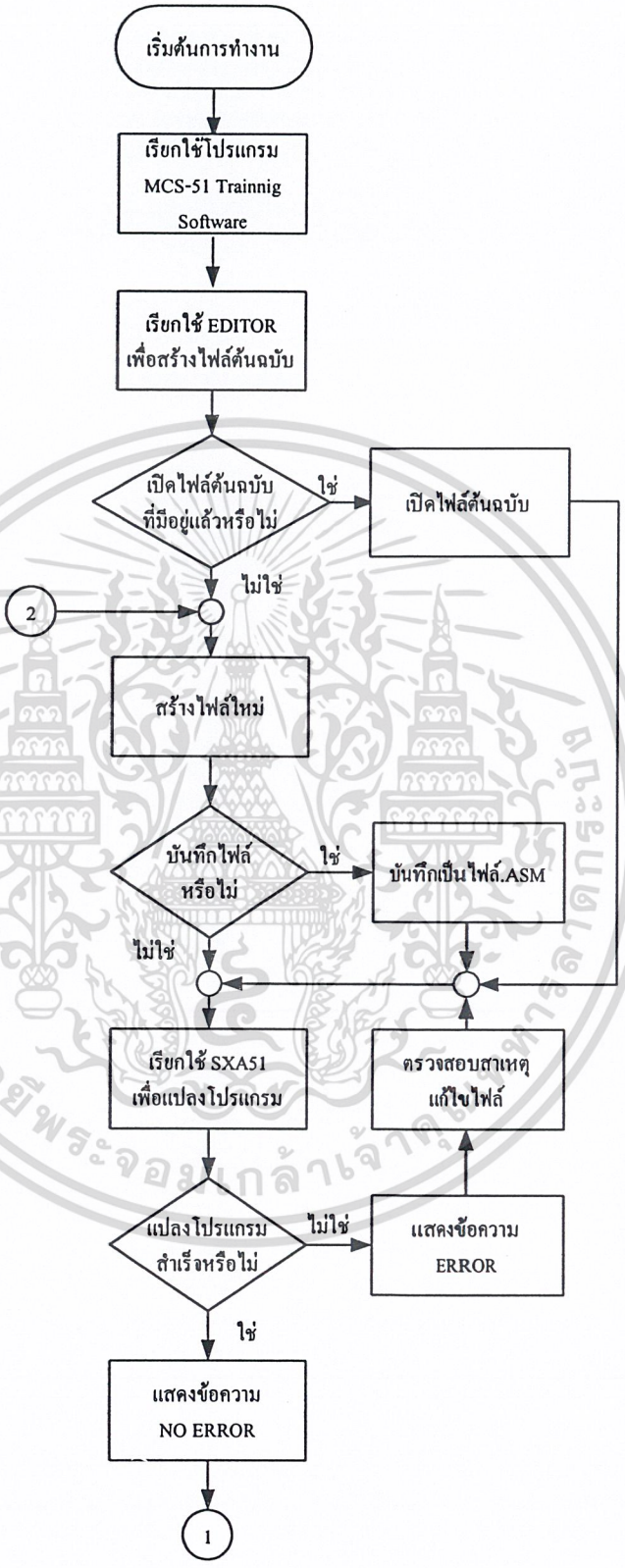
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.67 โปรแกรมส่วนที่ 4 ใช้ในการติดต่อฮาร์ดแวร์

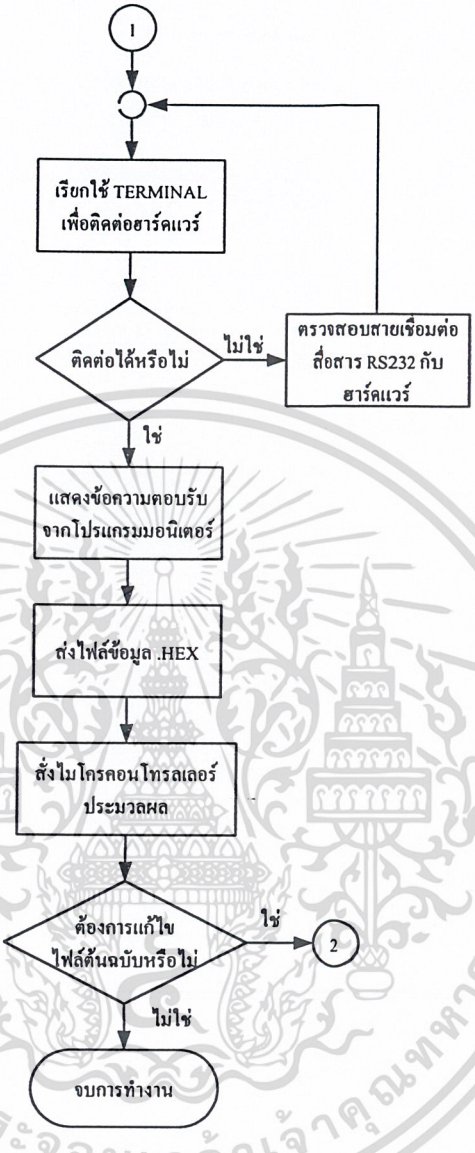
เนื่องจากโปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software เป็นโปรแกรมที่มีการทำงานแบ่งเป็น 4 ส่วน โดยแต่ละส่วนทำงานเป็นอิสระต่อกัน สามารถเขียนเป็นผังการทำงานหลักของโปรแกรมได้ดังรูปที่ 3.68 และสามารถเขียนผังการทำงานย่อยของโปรแกรมได้ดังรูปที่ 3.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.68 ผังการทำงานหลักของโปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.69 ผังการทำงานย่อยของโปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software

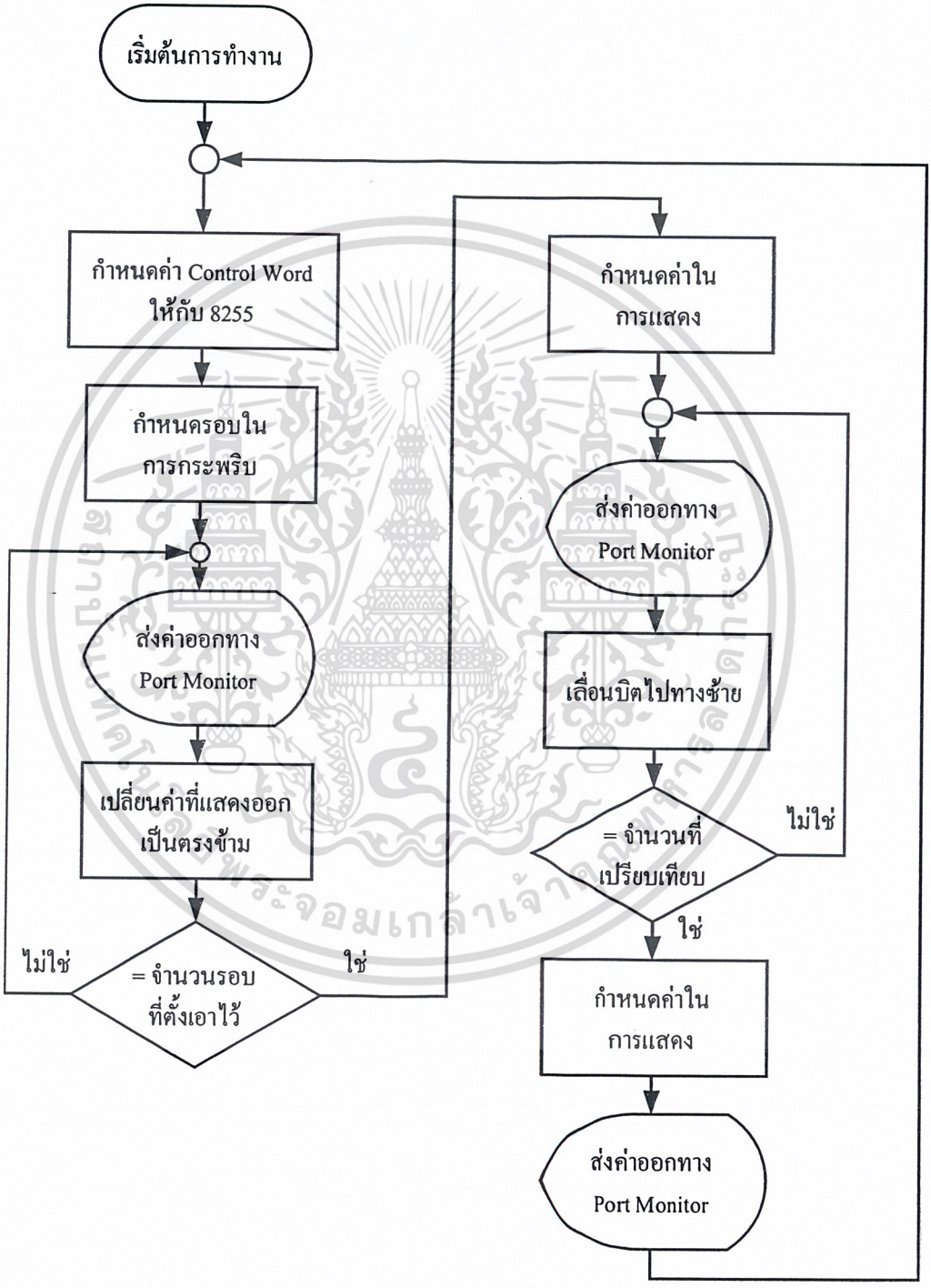
3.6 การออกแบบโปรแกรมทดลองการทำงานของโมดูล

การออกแบบโปรแกรมนั้นจะเป็นการทดลองการทำงานของอุปกรณ์ทางด้านฮาร์ดแวร์ ที่จะต้องออกแบบให้ถูกต้องกับการทำงานของอุปกรณ์นั้นๆ ที่ได้ออกแบบ และสร้างขึ้นหลักในการออกแบบจะต้องมีการเขียนผังงานโปรแกรมของวงจรแต่ละชุดเพื่อกำหนดการทำงานให้มีลำดับและขั้นตอนตามโมดูลต่างๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.1 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลเบสิกเอาต์พุต

ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลเบสิกเอาต์พุตแสดงได้ดังรูปที่ 3.70

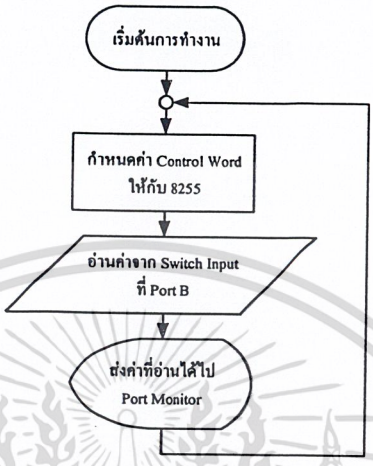


รูปที่ 3.70 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลเบสิกเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลเบสิกอินพุต

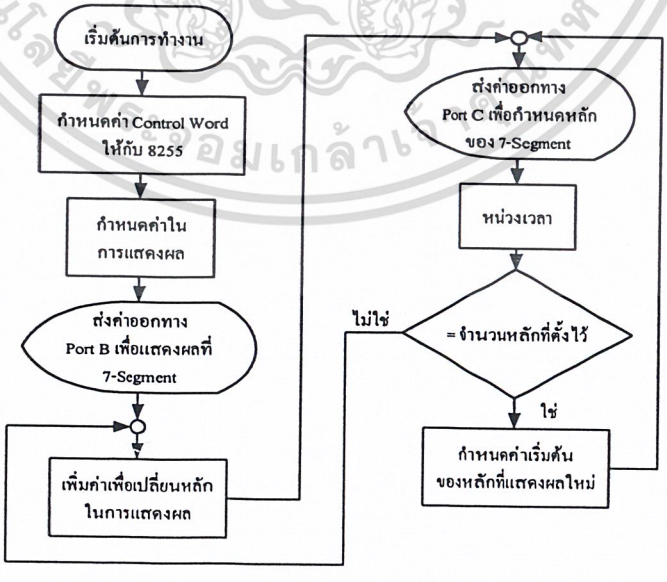
ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลเบสิกอินพุตแสดงได้ดังรูปที่ 3.71



รูปที่ 3.71 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลเบสิกอินพุต

3.6.3 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วน

ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วนแสดงได้ดังรูปที่ 3.72

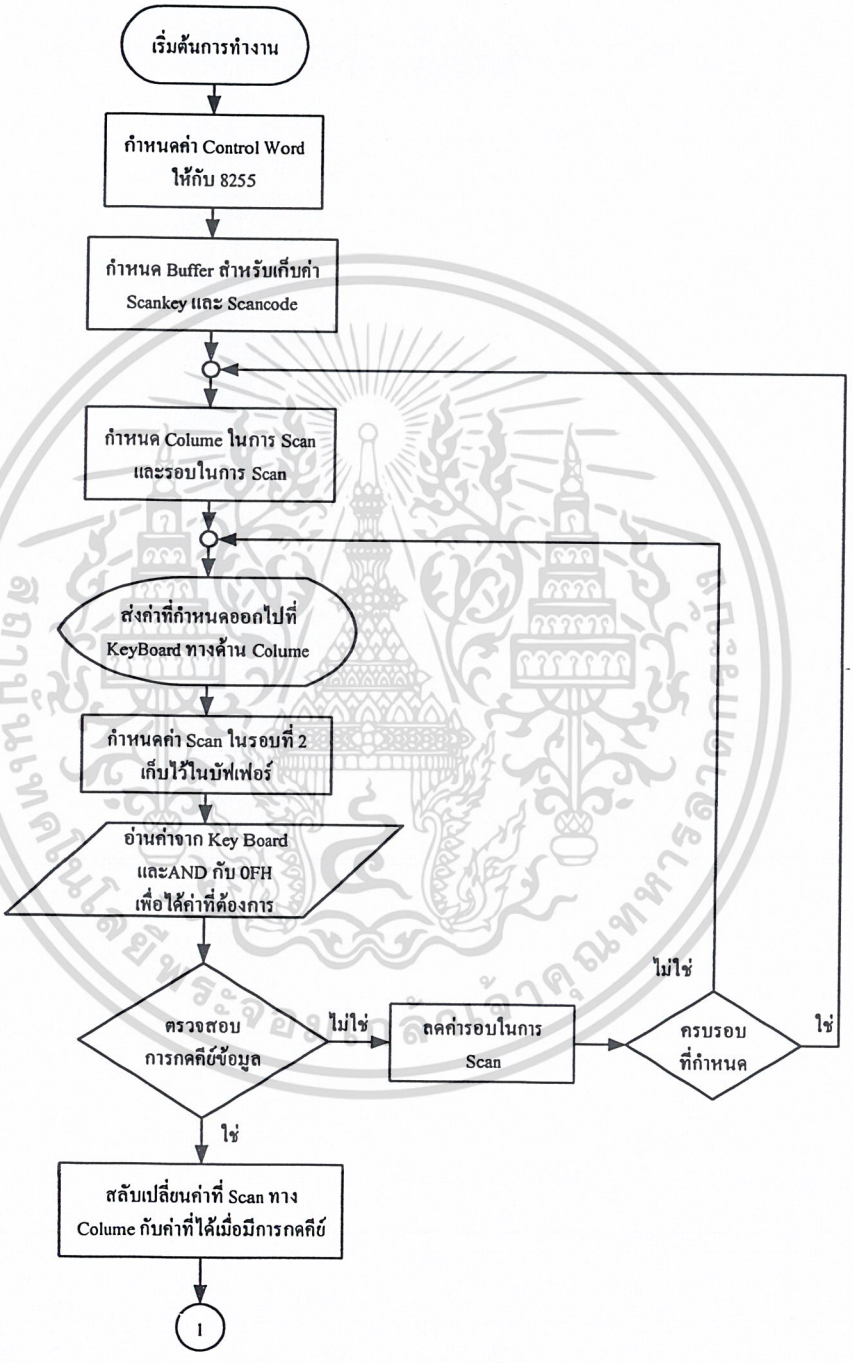


รูปที่ 3.72 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

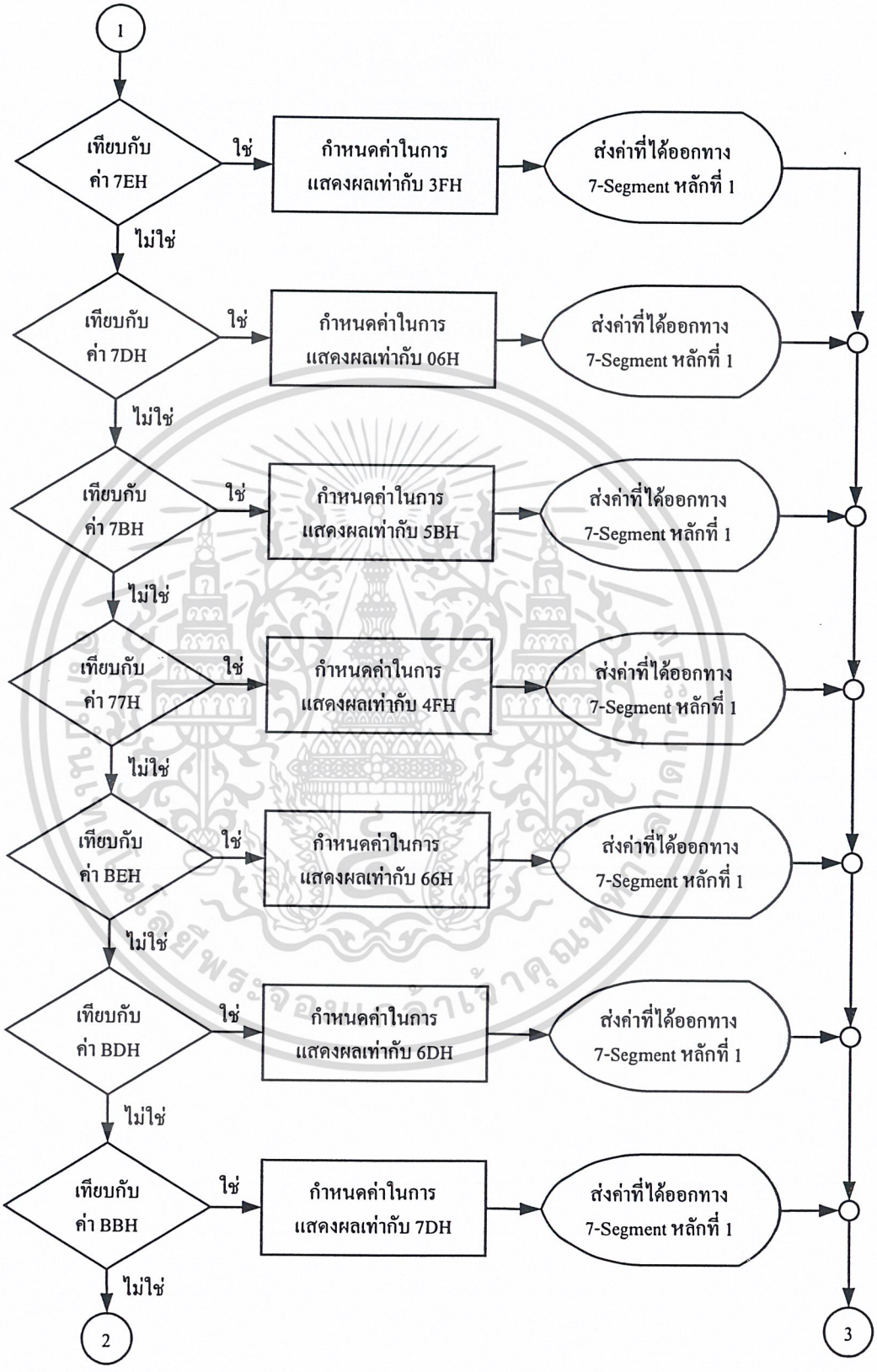
3.6.4 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลแป้นพิมพ์

ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลแป้นพิมพ์แสดงได้ดังรูปที่ 3.73



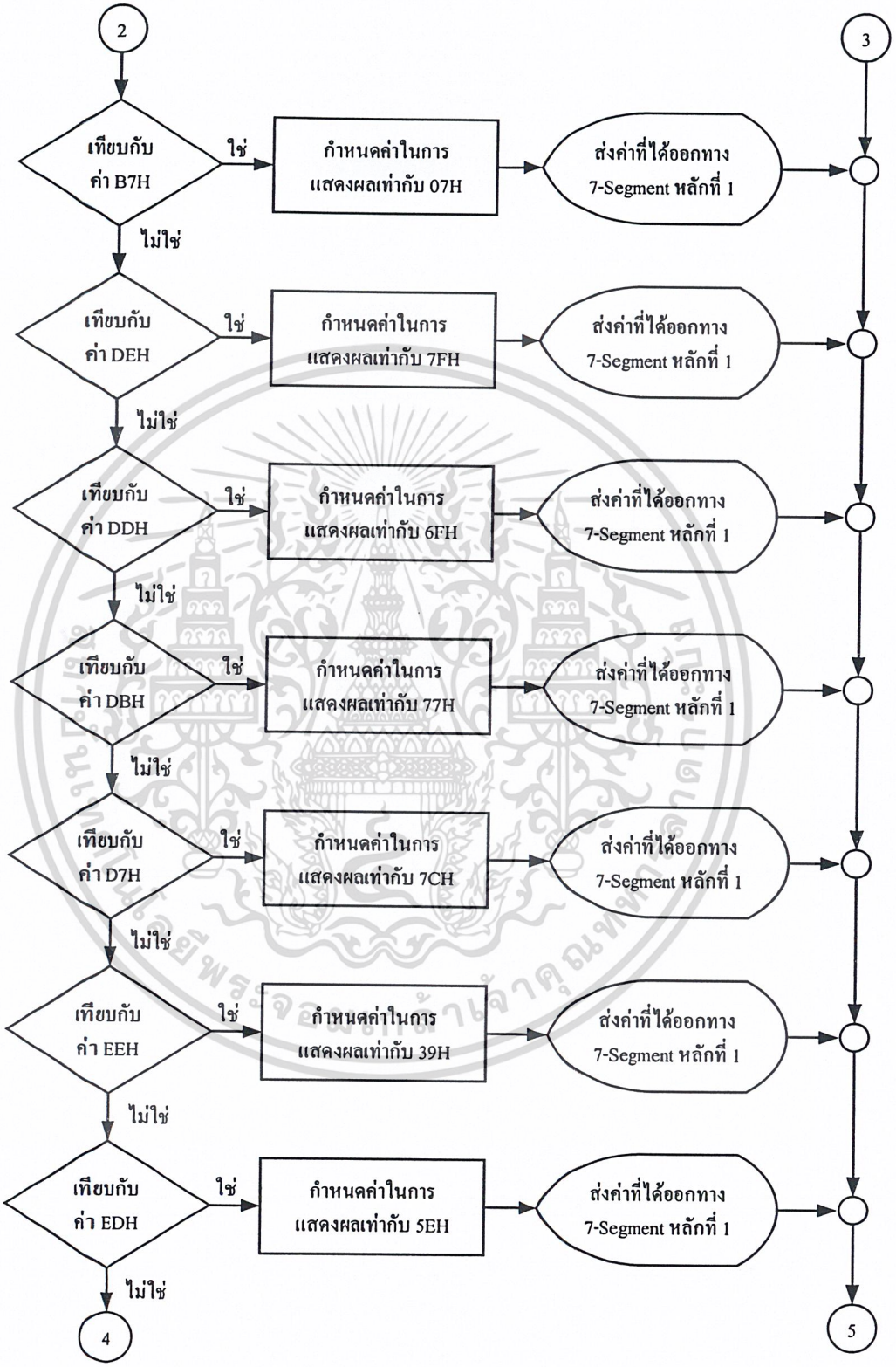
รูปที่ 3.73 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลแป้นพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



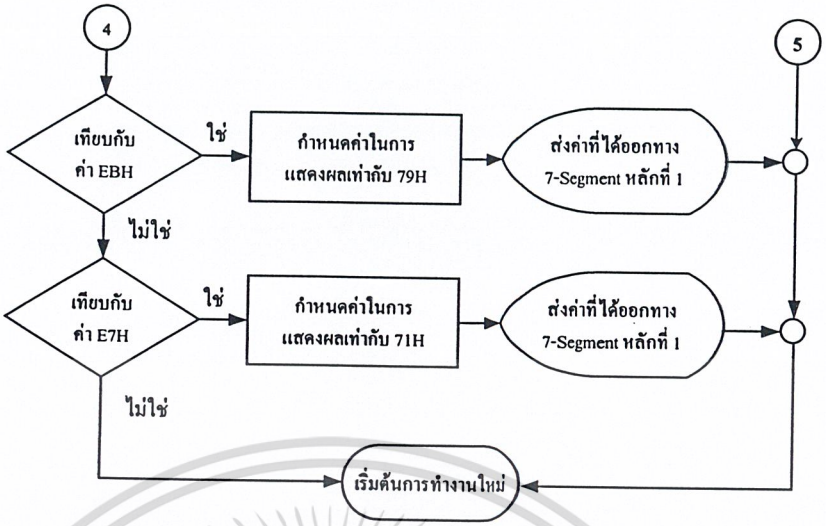
รูปที่ 3.73 (ต่อ) ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลแป้นพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.73 (ต่อ) ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลแป้นพิมพ์

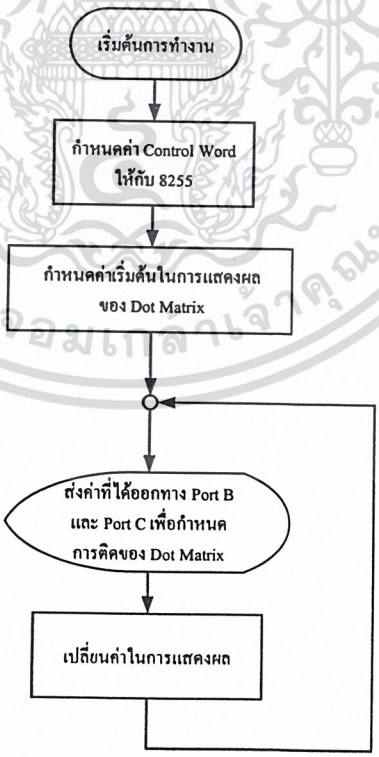
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.73 (ต่อ) ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลแป้นพิมพ์

3.6.5 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์

ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์แสดงได้ดังรูปที่ 3.74

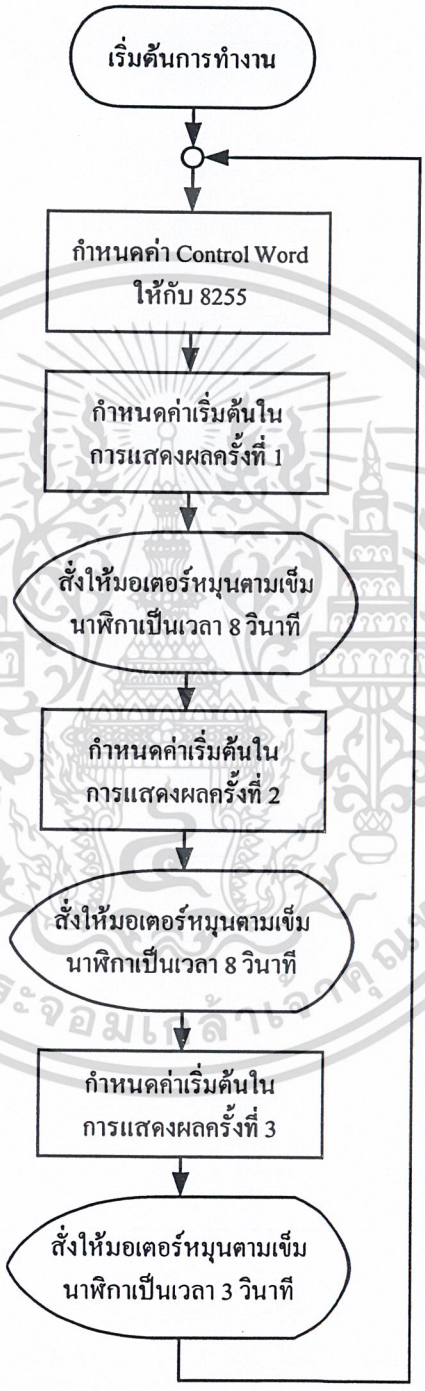


รูปที่ 3.74 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.6 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลดีซีมอเตอร์

ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลดีซีมอเตอร์แสดงได้ดังรูปที่ 3.75

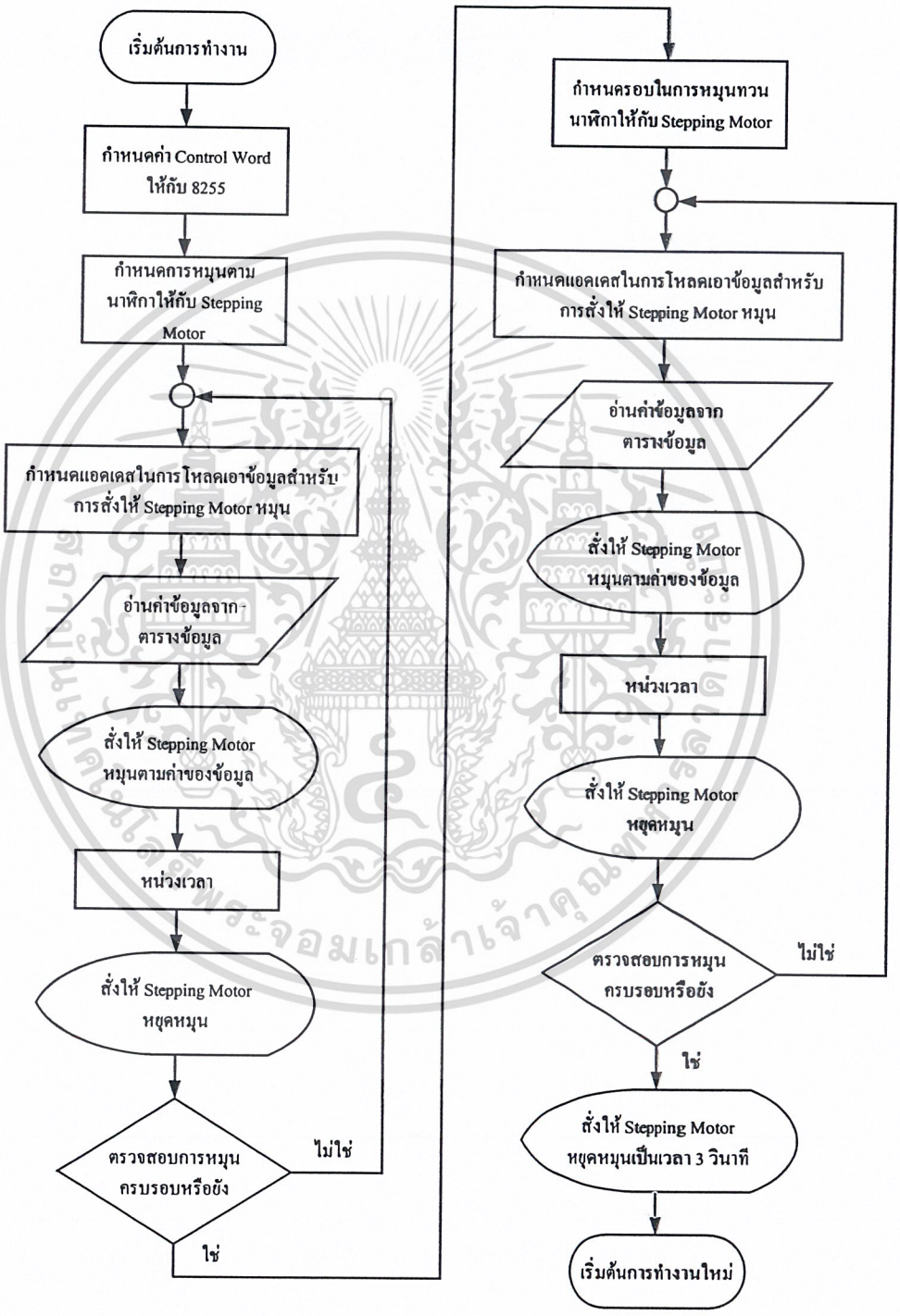


รูปที่ 3.75 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลดีซีมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.7 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์

ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองสเต็ปปิ้งมอเตอร์แสดงได้ดังรูปที่ 3.76

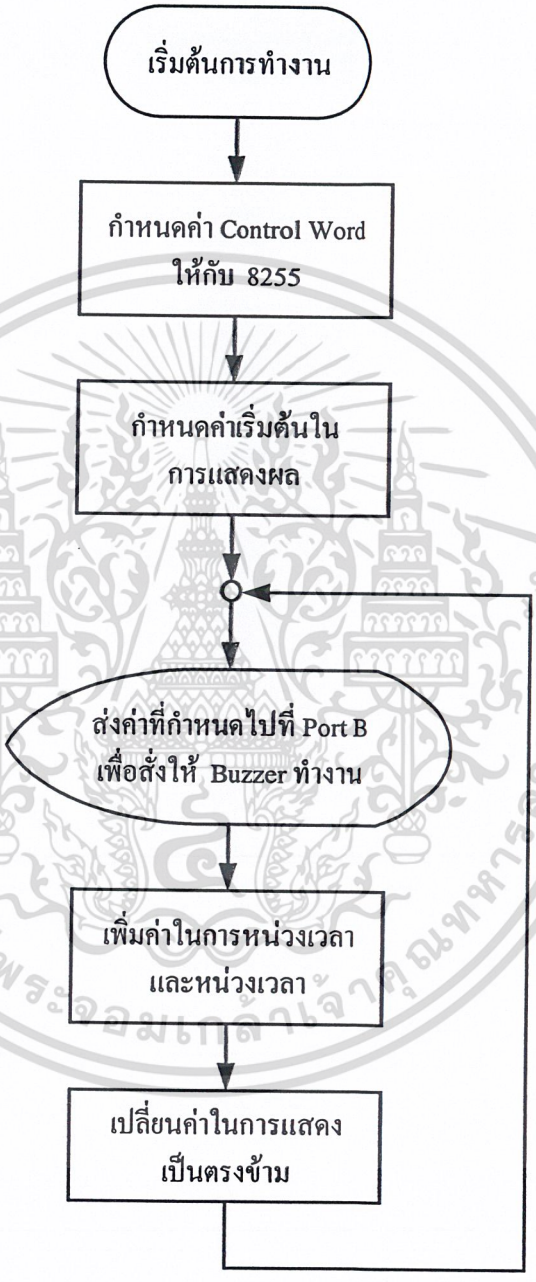


รูปที่ 3.76 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองสเต็ปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.8 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองบัซเซอร์

ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองบัซเซอร์แสดงได้ดังรูปที่ 3.77

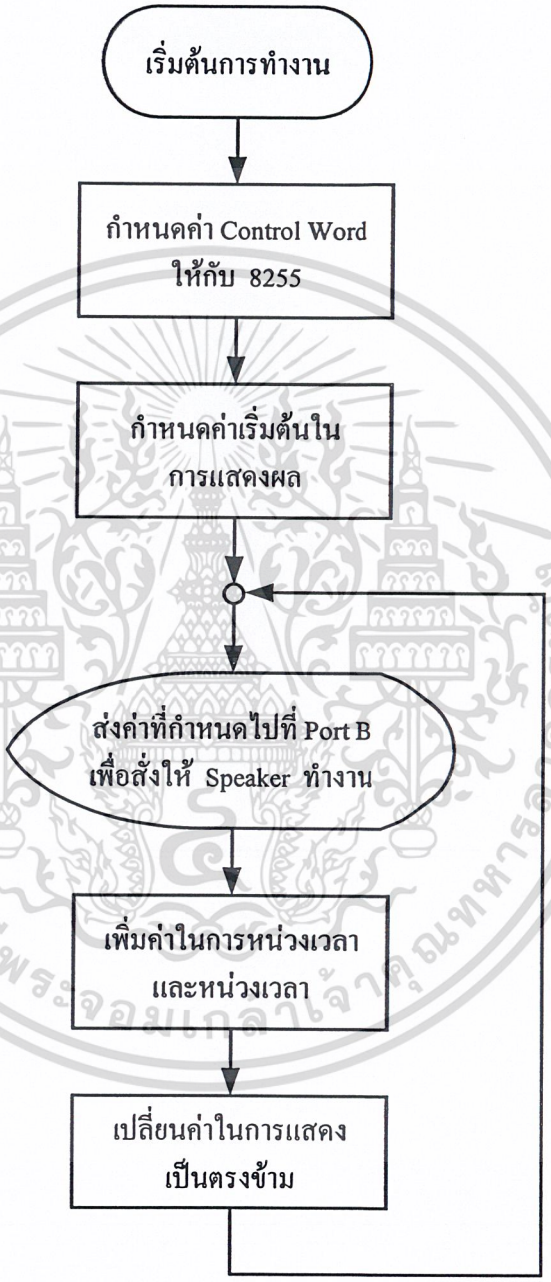


รูปที่ 3.77 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองบัซเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.9 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองลำโพง

ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองลำโพงแสดงได้ดังรูปที่ 3.78

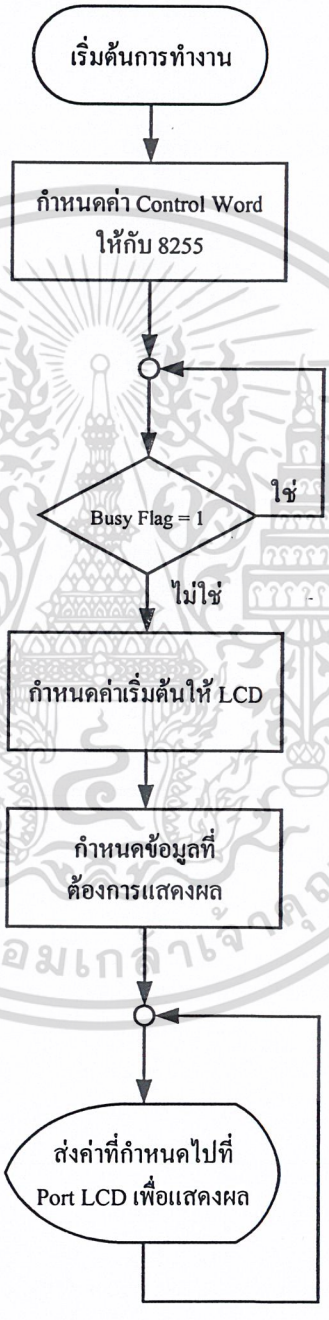


รูปที่ 3.78 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองลำโพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.10 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์

ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์แสดงได้ดังรูปที่ 3.79



รูปที่ 3.79 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลอง และผลการทดลอง

4.1 กล่าวนำ

จากที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 เกี่ยวกับการสร้าง และการออกแบบ ทั้งด้านฮาร์ดแวร์ และด้านซอฟต์แวร์ ในบทนี้จะเป็นการทดลอง และผลการทดลองตามที่ได้ทำการออกแบบไว้ว่า แต่ละโมดูลที่ทำการทดลองนั้นมีผลการทดลองที่ถูกต้องหรือไม่ โดยการทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือการทดลองโมดูลหลัก และการทดลองโมดูลอินเตอร์เฟส แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากโมดูลแต่ละโมดูลมีความสัมพันธ์กัน ดังนั้นการทดลองจึงจำเป็นต้องมีโมดูลอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย โดยสามารถทำการทดลองได้ดังนี้

4.2 การทดลอง และผลการทดลอง

4.2.1 การทดลองใช้งานโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์

โมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์จะเป็นโมดูลซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 โดยจะทดลองว่าโมดูลไมโครคอนโทรลเอร์สามารถทำงานในการติดต่อกับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 กับคอมพิวเตอร์ได้หรือไม่โดยการทดลองจะใช้เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่อไปนี้

1) โมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์
2) โมดูลหน่วยความจำถาวร
3) โมดูลหน่วยความจำชั่วคราว
4) โมดูลแลตช์
5) โมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม
6) โมดูลแหล่งจ่ายไฟ
7) โมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ
8) ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51
9) คอมพิวเตอร์
10) สายสัญญาณเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลกับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

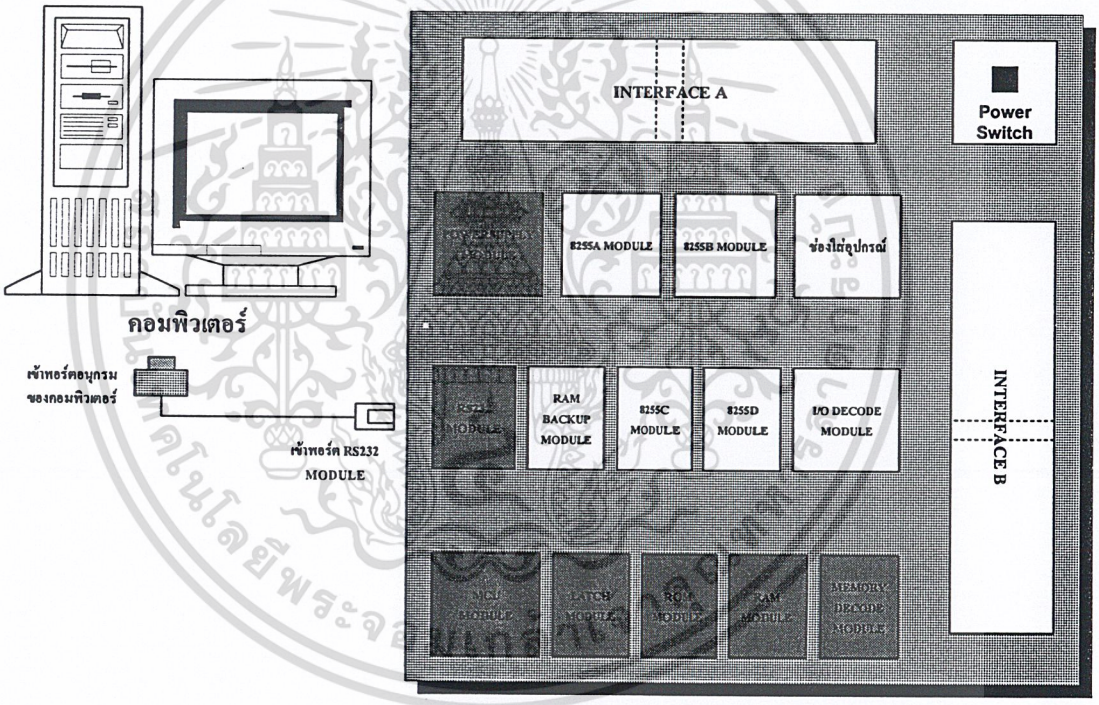
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากการใช้งานโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถใช้งานได้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีหน่วยความจำภายใน และแบบไม่มีหน่วยความจำภายใน ดังนั้นการทดลองจึงแบ่งออกเป็น 2 ครั้ง ดังนี้

1) ลำดับขั้นการทดลองใช้งานโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบไม่มีหน่วยความจำภายใน

1.1) ต่อโมดูลต่างๆ เข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ตามตำแหน่งของโมดูลดังรูปที่ 4.1

1.2) ทำการเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 กับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรม



รูปที่ 4.1 การเชื่อมต่อโมดูลต่างๆ **เพื่อ**ทดลองโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์แบบไม่มีหน่วยความจำภายใน

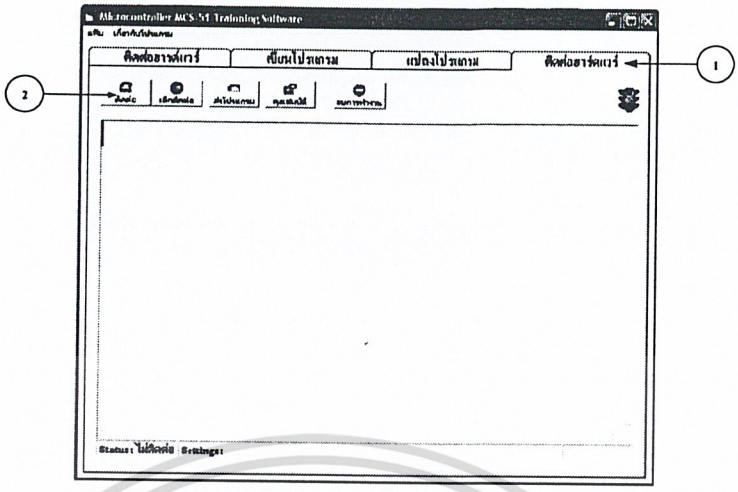
1.3) เลือกการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำงานกับหน่วยความจำภายนอก

1.4) เปิดสวิตช์ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

1.5) เรียกใช้โปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software

1.6) เลื่อนเมาส์คลิกส์หมายเลข (1) ติดต่อฮาร์ดแวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 การเลือกหน้าต่างโปรแกรมติดต่อฮาร์ดแวร์ เพื่อทดลองโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์แบบไม่มีหน่วยความจำภายใน

1.7) กดปุ่มหมายเลข (2) ติดต่อ

1.8) ทดลองใช้งานคำสั่งต่างๆ ของโปรแกรม PAUL MONITOR ดังนี้

R = Run Program

D = Download

U = Upload

N = New Location

J = Jump to Memory Lcocation

H = Hex Dump External Memory

I = Hex Dump Internal Memory

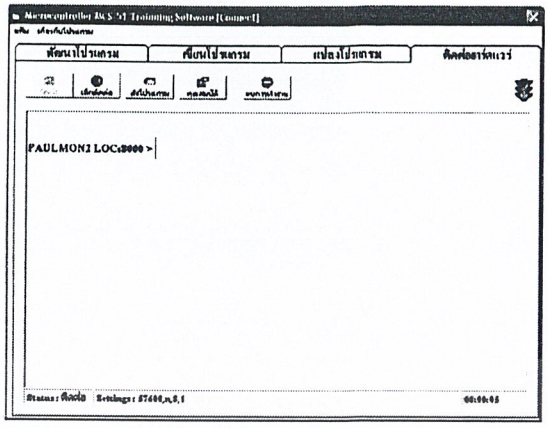
E = Editing External Ram

C = Clear Memory

ผลการทดลอง

จากการทดลองเมื่อทำกดปุ่มหมายเลข (2) ติดต่อ จะมีข้อความ PAULMON2 LOC:8000 > ปรากฏที่หน้าจอแสดงผล ดังรูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



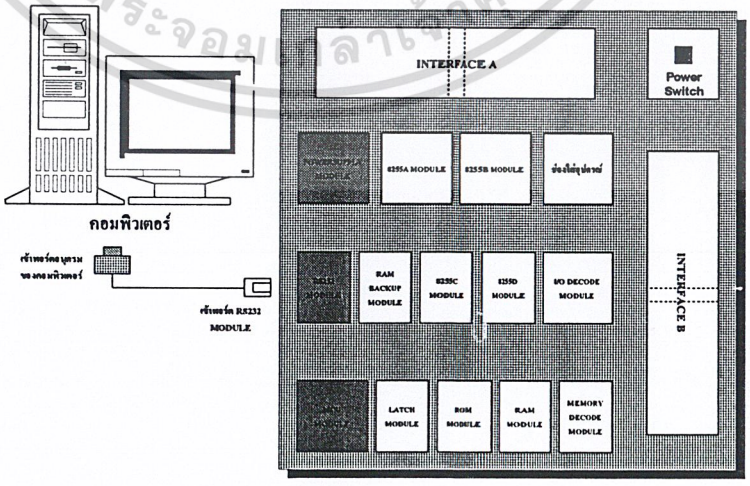
รูปที่ 4.3 ผลการทดลองโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์แบบไม่มีหน่วยความจำภายใน

จากการทดลองทำให้ทราบว่าโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถทำงานได้ และหลังจากใช้งานกับคำสั่งต่างๆ ของโปรแกรม PAUL Monitor สามารถทำงานได้ตามคำสั่งนั้นๆ จึงสรุปได้ว่าโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถใช้งานได้

2) ลำดับขั้นการทดลองใช้งานโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบมีหน่วยความจำภายใน

2.1) ต่อโมดูลต่างๆ เข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ตามตำแหน่งของโมดูลนั้น

2.2) เชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับคอมพิวเตอร์โดยผ่านทางพอร์ตอนุกรม



รูปที่ 4.4 การเชื่อมต่อโมดูลต่างๆ เพื่อทดลองโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำภายใน

2.3) เลือกการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำงานกับหน่วยความจำภายใน

2.4) เปิดสวิตช์ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

2.5) เรียกใช้โปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software

2.6) เลื่อนเมาส์คลิกส์หน้าต่างติดต่อฮาร์ดแวร์

2.7) กดปุ่มติดต่อเพื่อทำการติดต่อกับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

2.8) ทดลองใช้งานคำสั่งต่างๆ ของโปรแกรม PAUL Monitor ดังนี้

R = Run Program

D = Download

U = Upload

N = New Location

J = Jump to Memory Lcocation

H = Hex Dump External Memory

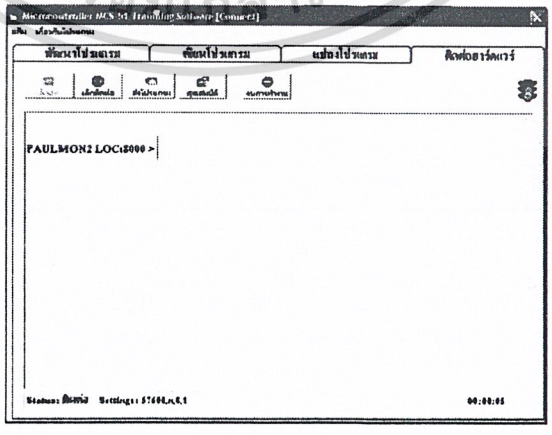
I = Hex Dump Internal Memory

E = Editing External Ram

C = Clear Memory

ผลการทดลอง

จากการทดลองเมื่อทำการกดปุ่มติดต่อจะมีข้อความ PAULMON2 LOC:8000 > ปรากฏที่หน้าจอแสดงผลดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ผลการทดลองโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมีหน่วยความจำภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองทำให้ทราบว่าโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถทำงานได้ และหลังจากใช้งานกับคำสั่งต่างๆ ของโปรแกรม PAUL Monitor สามารถทำงานได้ตามคำสั่งนั้นๆ จึงสรุปได้ว่าโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถใช้งานได้

4.2.2 การทดลองใช้งานโมดูลแลตช์

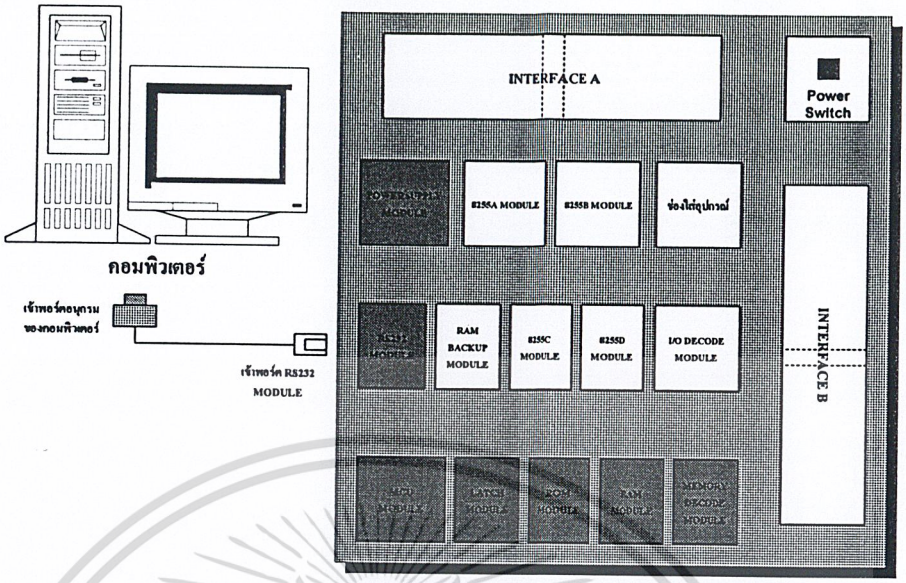
โมดูลแลตช์ เป็นโมดูล ซึ่งทำหน้าที่ในการจำค่าแอดเดรสไบต์ต่ำ ทางพอร์ต 0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ไว้เนื่องจากพอร์ต 0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะทำงาน 2 หน้าที่ คือเป็นบัสแอดเดรสไบต์ต่ำ และทำหน้าที่เป็นบัสข้อมูล โดยแอดเดรสไบต์ต่ำเมื่อถูกส่งออกมาจาก ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แอดเดรสจะหายไป การทดลองจะทดลองการใช้งานร่วมกับโปรแกรม PAUL Monitor ว่าสามารถใช้งานในคำสั่งต่างๆ ของโปรแกรม PAUL Monitor ได้หรือไม่ โดยใช้อุปกรณ์ และโมดูลดังนี้

1) โมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์
2) โมดูลหน่วยความจำถาวร
3) โมดูลหน่วยความจำชั่วคราว
4) โมดูลแลตช์
5) โมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม
6) โมดูลแหล่งจ่ายไฟ
7) โมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ
8) ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51
9) คอมพิวเตอร์
10) สายสัญญาณเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ลำดับขั้นการทดลองใช้งานโมดูลแลตช์

1) ต่อโมดูลต่างๆ เข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ตามตำแหน่งของโมดูลนั้น
2) ทำการเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 การเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่อทดลองโมดูลแลตช์

3) เลือกการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำงานกับหน่วยความจำภายนอก

4) เปิดสวิตช์ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

5) เรียกใช้โปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software

6) เลื่อนเมาส์คลิกส์หน้าต่างติดต่อฮาร์ดแวร์

7) กดปุ่มติดต่อเพื่อทำการติดต่อกับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

8) ทดลองใช้งานคำสั่งต่างๆ ของโปรแกรม PAUL Monitor ดังนี้

R = Run Program

D = Download

U = Upload

N = New Location

J = Jump to Memory Lcocation

H = Hex Dump External Memory

I = Hex Dump Internal Memory

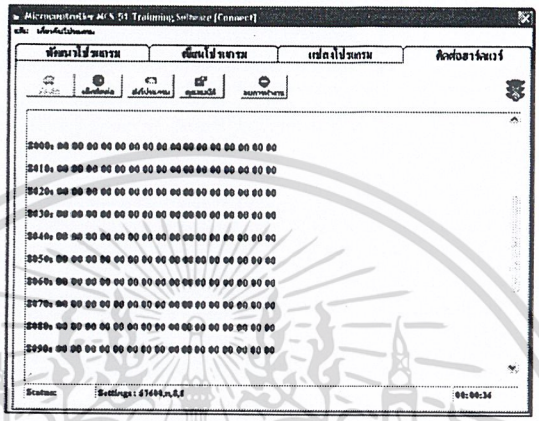
E = Editing External Ram

C = Clear Memory

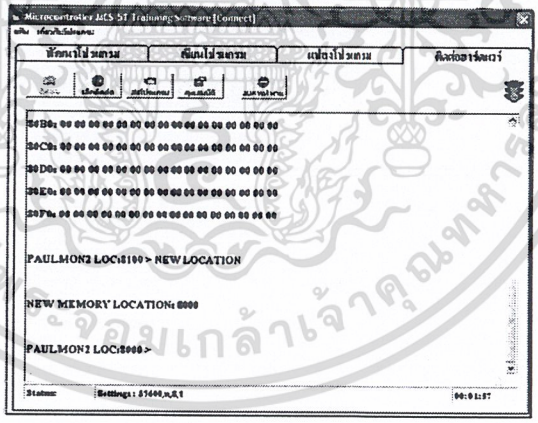
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

จากการทดลองผลการทดลอง คือ สามารถใช้คำสั่งต่างๆ ของโปรแกรม PAUL Monitor ได้เป็นอย่างดี โดยคำสั่งที่ทำให้ทราบว่าโมดูลแลตช์สามารถใช้งานได้ คือ คำสั่ง Clear Memory และคำสั่ง New Location ดังรูปที่ 4.7 และรูปที่ 4.8 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าโมดูลแลตช์สามารถใช้งานได้



รูปที่ 4.7 ผลการใช้คำสั่ง Clear Memory เพื่อทดลองโมดูลแลตช์



รูปที่ 4.8 ผลการใช้คำสั่ง New Location เพื่อทดลองโมดูลแลตช์

4.2.3 การทดลองใช้งานโมดูลหน่วยความจำถาวร

โมดูลรอมเป็นโมดูลที่ทำหน้าที่เก็บโปรแกรมมอนิเตอร์เพื่อใช้กับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยโปรแกรมมอนิเตอร์ที่ใช้ คือ โปรแกรม PAUL Monitor การใช้งานรอมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะใช้โมดูลรอมทำหน้าที่เป็นโปรแกรมแมมโมรี่ การทดลองจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองว่าสามารถใช้งานโปรแกรมมอนิเตอร์โดยผ่านโปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software ได้หรือไม่โดยการทดลองจะใช้อุปกรณ์ และโมดูลดังนี้

1) โมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์

2) โมดูลรอม

3) โมดูลแรม

4) โมดูลแลตช์

5) โมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

6) โมดูลแหล่งจ่ายไฟ

7) โมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ

8) ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

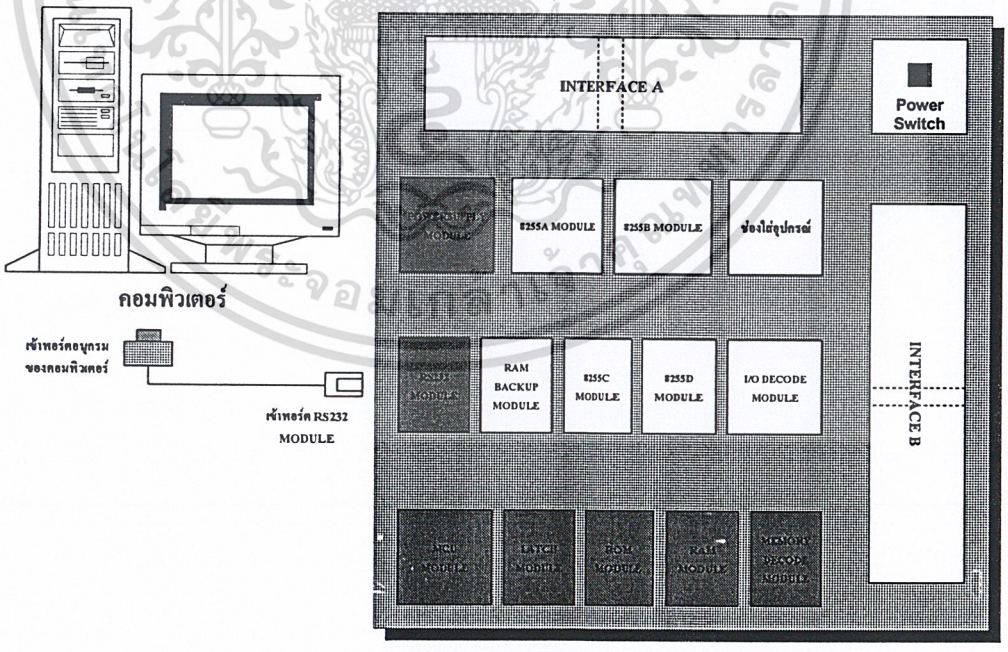
9) คอมพิวเตอร์

10) สายสัญญาณเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลกับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ลำดับขั้นการทดลองใช้งานโมดูลหน่วยความจำถาวร

1) ต่อโมดูลต่างๆ เข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ตามตำแหน่งของโมดูลนั้น

2) ทำการเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับคอมพิวเตอร์



รูปที่ 4.9 การเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่อทดลองโมดูลหน่วยความจำถาวร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) เลือกการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำงานกับหน่วยความจำภายนอก

4) เปิดสวิตช์ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

5) เรียกใช้โปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software

6) เลื่อนเมาส์คลิกส์หน้าต่างติดต่อฮาร์ดแวร์

7) กดปุ่มติดต่อเพื่อทำการติดต่อกับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

8) ทดลองใช้งานคำสั่งต่างๆ ของโปรแกรม PAUL Monitor ดังนี้

R = Run Program

D = Download

U = Upload

N = New Location

J = Jump to Memory Lcocation

H = Hex Dump External Memory

I = Hex Dump Internal Memory

E = Editing External Ram

C = Clear Memory

ผลการทดลอง

จากการทดลองหลังจากทำการติดต่อกับฮาร์ดแวร์จะมีข้อความ PAULMON2 LOC:8000 > ปรากฏที่หน้าจอแสดงผล ซึ่งหมายความว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถทำการติดต่อกับโมดูลหน่วยความจำถาวรได้ หรือสรุปได้ว่าโมดูลหน่วยความจำถาวรสามารถใช้งานได้ หลังจากทำการทดลองกับคำสั่งต่างๆ สามารถใช้งานคำสั่งต่างๆ ได้ เป็นการแสดงว่าโมดูลรอมสามารถใช้งานได้

4.2.4 การทดลองใช้งานโมดูลหน่วยความจำชั่วคราว

โมดูลหน่วยความจำชั่วคราวทำหน้าที่เป็นทั้งโปรแกรมแมมโมรี่ และดาต้าแมมโมรี่ การทดลองจะทำการโหลดโปรแกรมลงในโมดูลหน่วยความจำชั่วคราว และทำการลบข้อมูลในโมดูลหน่วยความจำชั่วคราวโดยผ่านทางโปรแกรม PAUL Monitor ร่วมกับโปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software โดยถ้าสามารถทำงานได้ตรงตามการทดลองแสดงว่าโมดูลหน่วยความจำชั่วคราวสามารถใช้งานได้ โดยการทดลองจะใช้อุปกรณ์ และเครื่องมือดังนี้

1) โมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์

2) โมดูลหน่วยความจำถาวร

3) โมดูลหน่วยความจำชั่วคราว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) โมดูลแลตช์

5) โมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

6) โมดูลแหล่งจ่ายไฟ

7) โมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ

8) ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

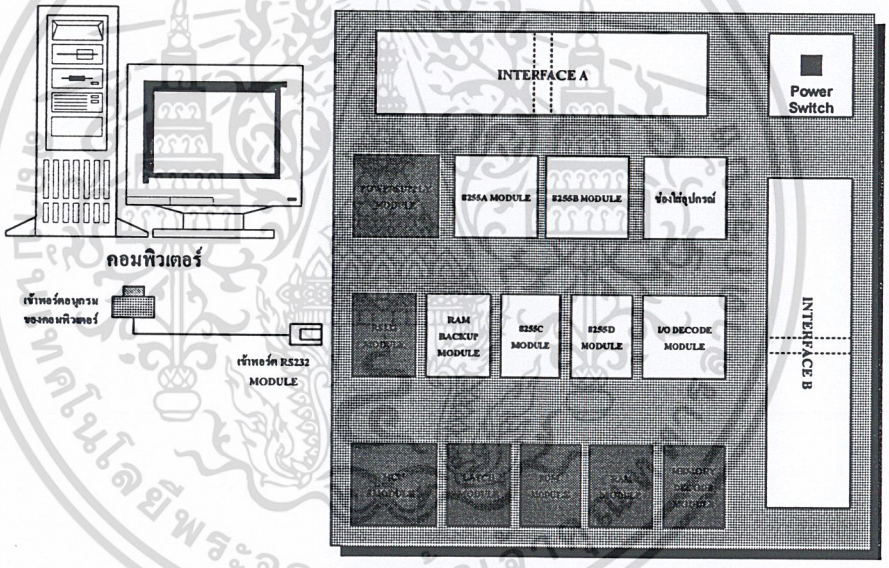
9) คอมพิวเตอร์

10) สายสัญญาณเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ลำดับขั้นการทดลองใช้งานโมดูลหน่วยความจำชั่วคราว

1) ต่อโมดูลต่างๆ เข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ตามตำแหน่งของโมดูลนั้น

2) ทำการเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 การเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่อทดลองโมดูลหน่วยความจำชั่วคราว

3) เลือกการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำงานกับหน่วยความจำภายนอก

4) เปิดสวิตช์ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

5) เรียกใช้โปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software

6) เลื่อนเมาส์คลิกส์หน้าต่างติดต่อฮาร์ดแวร์

7) กดปุ่มติดต่อเพื่อทำการติดต่อกับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) ทดลองใช้งานคำสั่งต่างๆ ของโปรแกรม PAUL Monitor ดังนี้

R = Run Program

D = Download

U = Upload

N = New Location

J = Jump to Memory Lcocation

H = Hex Dump External Memory

I = Hex Dump Internal Memory

E = Editing External Ram

C = Clear Memory

ผลการทดลอง

จากการทดลองหลังจากทำการติดต่อฮาร์ดแวร์จะมีข้อความ PAULMON2 LOC:8000 > ปรากฏที่หน้าจอแสดงผล ซึ่งหมายความว่าขณะนี้สามารถติดต่อคอมพิวเตอร์กับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ได้ หลังจากนั้นใช้คำสั่ง H เพื่อดูข้อมูล และใช้คำสั่ง C เพื่อลบข้อมูลทั้งหมดในโมดูลแรม แล้วจึงใช้คำสั่ง H ดูข้อมูลอีกครั้งผล คือ ข้อมูลทั้งหมดถูกลบทิ้ง จึงสรุปได้ว่าเป็นการแสดงว่า โมดูลแรมสามารถใช้งานได้

4.2.5 การทดลองใช้งานโมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ

โมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำเป็นโมดูลซึ่งทำหน้าที่ กำหนดตำแหน่งการทำงานของหน่วยความจำถาวร และหน่วยความจำชั่วคราวในชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 การทดลองจะใช้วิธีติดต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 กับคอมพิวเตอร์ว่าสามารถติดต่อได้หรือไม่ และทดลองว่าสามารถใช้คำสั่งต่างๆ ของโปรแกรมมอนิเตอร์ได้หรือไม่ โดยการทดลองจะใช้เครื่องมือ และอุปกรณ์ดังนี้

1) โมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์

2) โมดูลหน่วยความจำถาวร

3) โมดูลหน่วยความจำชั่วคราว

4) โมดูลแลตช์

5) โมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

6) โมดูลแหล่งจ่ายไฟ

7) โมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ

8) ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

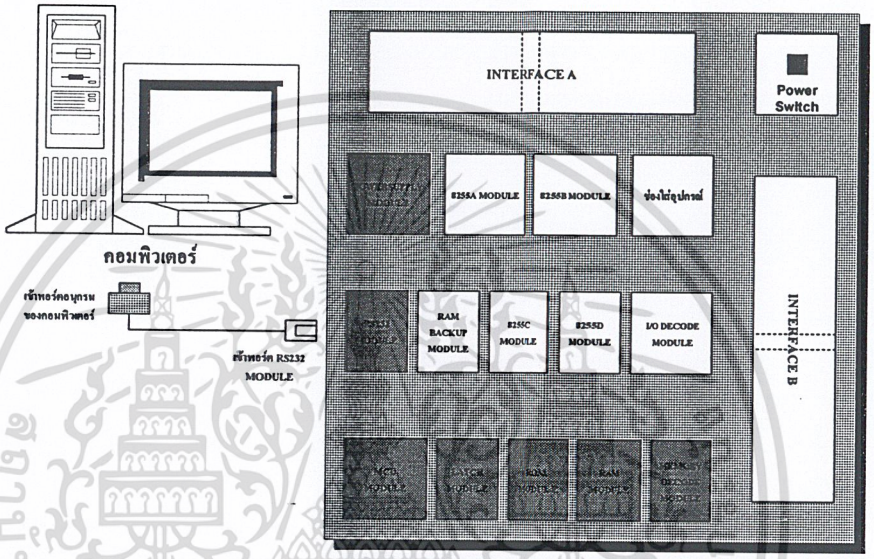
9) คอมพิวเตอร์

10) สายสัญญาณเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลกับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ลำดับขั้นการทดลองใช้งานโมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ

1) ต่อโมดูลต่างๆ เข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ตามตำแหน่งของโมดูลนั้น

2) ทำการเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 การเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่อทดลองโมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ

3) เลือกการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำงานกับหน่วยความจำภายนอก

4) เปิดสวิตช์ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

5) เรียกใช้โปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software

6) เลื่อนเมาส์คลิกส์หน้าต่างติดต่อฮาร์ดแวร์

7) กดปุ่มติดต่อเพื่อทำการติดต่อกับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

8) ทดลองใช้งานคำสั่ง

N = New Location

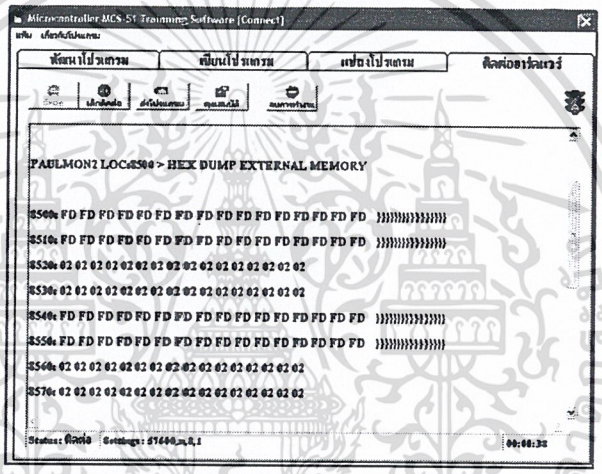
H = Hex Dump External Memory

C = Clear Memory

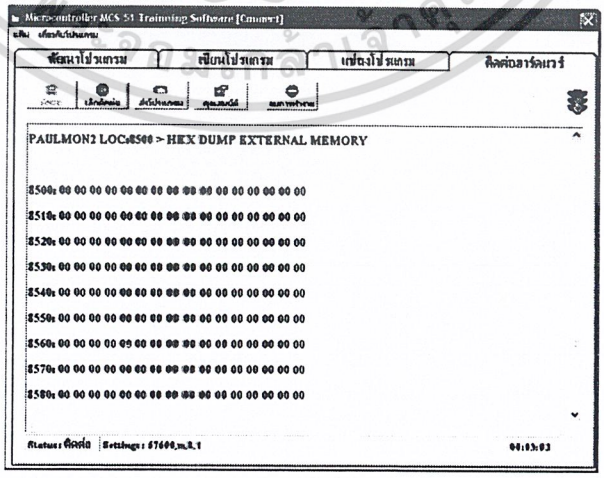
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

จากการทดลองเมื่อทำการกดปุ่มติดต่อจะมีข้อความ PAULMON2 LOC:8000 > ปรากฏที่หน้าจอแสดงผล แสดงว่าสามารถทำการติดต่อกับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ และจากการถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำที่ตำแหน่ง 0000H-7FFFH เป็นตำแหน่งของโมดูลหน่วยความจำถาวร และ 8000H-F7FFH คือตำแหน่งของโมดูลหน่วยความจำชั่วคราวดังนั้นเมื่อทดลองใช้คำสั่ง N ไปยังตำแหน่ง 8500 ดังรูปที่ 4.12 ได้ และสามารถอ่านข้อมูลได้ และเมื่อใช้คำสั่ง C และตามด้วยคำสั่ง N พบว่าข้อมูลทั้งหมดถูกลบทิ้ง ดังรูปที่ 4.13 แสดงว่าโมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำสามารถใช้งานได้



รูปที่ 4.12 ผลการใช้คำสั่ง N 8500 เพื่อทดลองโมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ



รูปที่ 4.13 ผลการใช้คำสั่ง C เพื่อทดลองโมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6 การทดลองใช้งานโมดูลสำรองไฟเลี้ยงหน่วยความจำชั่วคราว

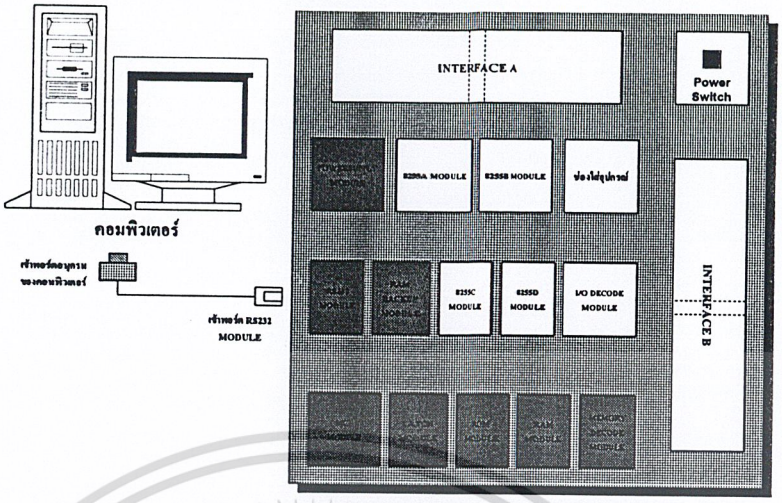
โมดูลสำรองไฟเลี้ยงหน่วยความจำชั่วคราว เป็นโมดูลซึ่งทำหน้าที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าสำรองให้กับหน่วยความจำชั่วคราว ในกรณีแหล่งจ่ายแรงดันหลักไม่ทำงาน แต่หน้าที่หลัก คือ การจ่ายแรงดันไฟให้กับโมดูลหน่วยความจำชั่วคราว การทดลองจะใช้วิธีการโหลดข้อมูลลงไปในโมดูลหน่วยความจำชั่วคราว และบันทึกข้อมูลที่โหลดเข้าไปไว้ แล้วทำการปิดสวิตช์ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นเวลา 5 นาทีแล้วจึงเปิดสวิตช์อีกครั้งเพื่อดูข้อมูล โดยถ้าข้อมูลในหน่วยความจำชั่วคราวไม่มีการเปลี่ยนแปลงแสดงว่าโมดูลสำรองไฟเลี้ยงหน่วยความจำชั่วคราวสามารถใช้งานได้ การทดลองจะใช้เครื่องมือ และอุปกรณ์ในการทดลองดังนี้

1) โมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์
2) โมดูลหน่วยความจำชั่วคราว
3) โมดูลหน่วยความจำถาวร
4) โมดูลแลตช์
5) โมดูลสำรองไฟเลี้ยงหน่วยความจำชั่วคราว
6) โมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม
7) โมดูลแหล่งจ่ายไฟ
8) โมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ
9) ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51
10) คอมพิวเตอร์
11) สายสัญญาณเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ลำดับขั้นการทดลองใช้งานโมดูลสำรองไฟเลี้ยงหน่วยความจำชั่วคราว

1) ต่อโมดูลต่างๆ เข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ตามตำแหน่งของโมดูลนั้น
2) ทำการเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 4.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 การเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการทดลองโมดูลสำรองไฟเลี้ยงหน่วยความจำชั่วคราว

3) เลือกการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำงานกับหน่วยความจำภายนอก

4) เปิดสวิตช์ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

5) เรียกใช้โปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software

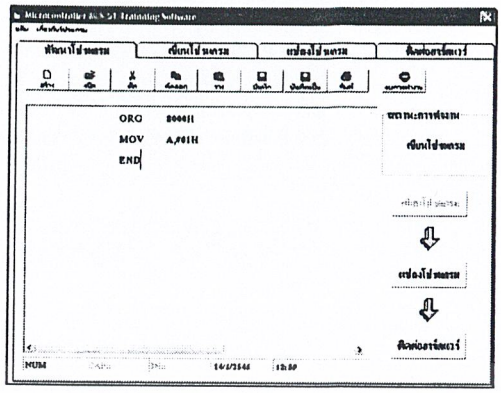
6) เขียนโปรแกรมทดลองการทำงานของโมดูลสำรองไฟเลี้ยงหน่วยความจำชั่วคราว ดังรูปที่ 4.15

```
        ORG   8000H
        MOV   A,#01H
        END
```

รูปที่ 4.15 โปรแกรมทดลองการทำงานโมดูลสำรองไฟเลี้ยงหน่วยความจำชั่วคราว

7) เขียนโปรแกรมในรูปที่ 4.15 ลงในช่องรับข้อความของโปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

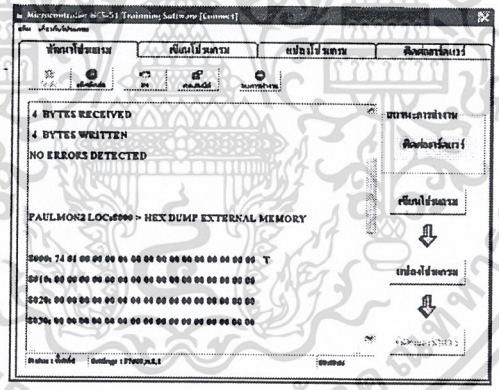


รูปที่ 4.16 เขียนโปรแกรมทดลองการทำงานโมดูลสำรองไฟเลี้ยงหน่วยความจำชั่วคราว

8) เลือกแปลงโปรแกรม

9) เลือกติดต่อฮาร์ดแวร์

10) ใช้คำสั่ง H



รูปที่ 4.17 ผลการใช้คำสั่ง H เพื่อทดลองโมดูลสำรองไฟเลี้ยงหน่วยความจำชั่วคราว

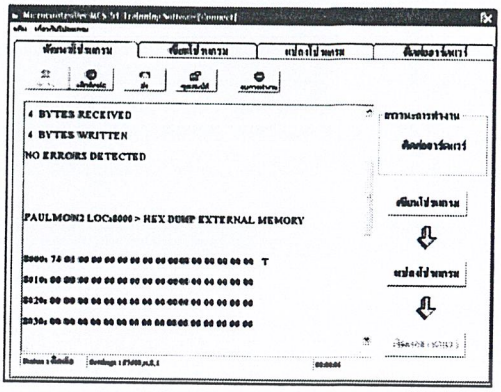
11) ปิดสวิตช์ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

12) รอเวลาประมาณ 5 นาที เปิดสวิตช์ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 อีกครั้ง

13) ใช้โปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software ติดต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

14) ใช้คำสั่ง H ดังรูปที่ 4.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 ผลการใช้คำสั่ง H เพื่อทดลองโมดูลสำรองไฟเลี้ยงหน่วยความจำประเภทแรม ภายหลังการปิดสวิตช์ และเปิดสวิตช์ใหม่

ผลการทดลอง

จากการทดลองเมื่อทำการโหลดโปรแกรมซึ่งเขียนขึ้นลงในโมดูลแรม และใช้โปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software ดูข้อมูลในโมดูลแรม และบันทึกผลไว้ก่อนทำการปิดชุดฝึกไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-51 เป็นเวลา 5 นาที จึงเปิดสวิตช์ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 อีกครั้ง และใช้โปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software ดูข้อมูลในโมดูลแรมพบว่าข้อมูลในแรมยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงจึงทำให้ทราบว่าโมดูลสำรองไฟเลี้ยงหน่วยความจำประเภทแรมสามารถใช้งานได้

4.2.7 การทดลองใช้งานโมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

โมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมทำหน้าที่เป็นตัวกลางเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ผ่านพอร์ตอนุกรม RS232 โดยการทดลองจะใช้โปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software ติดต่อกับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 หากสามารถติดต่อได้ถือว่าโมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมสามารถใช้งานได้ โดยมีเครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองดังนี้

1) โมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์
2) โมดูลหน่วยความจำถาวร
3) โมดูลหน่วยความจำชั่วคราว
4) โมดูลแลตช์
5) โมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม
6) โมดูลแหล่งจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) โมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ

8) ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

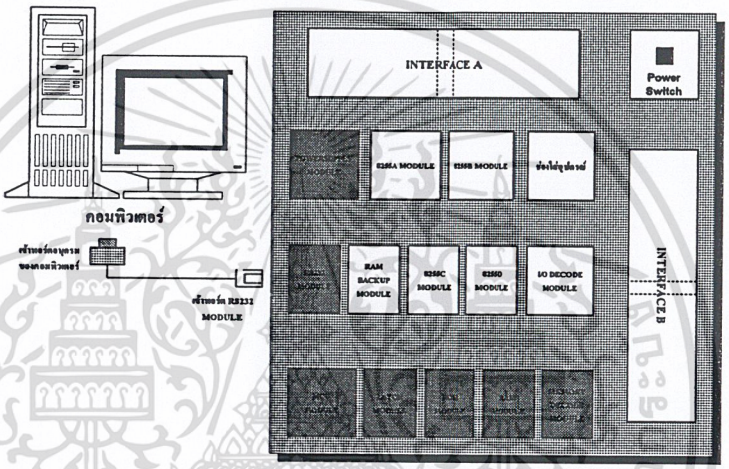
9) คอมพิวเตอร์

10) สายสัญญาณเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ลำดับขั้นการทดลองใช้งานโมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

1) ต่อโมดูลต่างๆ เข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ตามตำแหน่งของโมดูลนั้น

2) ทำการเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 การเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่อทำการทดลองโมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

3) เลือกการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำงานกับหน่วยความจำภายนอก

4) เปิดสวิตช์ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

5) เรียกใช้โปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software

6) เลื่อนเมาส์คลิกส์หน้าต่างติดต่อฮาร์ดแวร์

7) กดปุ่มติดต่อเพื่อทำการติดต่อกับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

8) ทดลองใช้งานคำสั่งต่างๆ ของโปรแกรม PAUL Monitor ดังนี้

R = Run Program

D = Download

U = Upload

N = New Location

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

J = Jump to Memory Lcocation

H = Hex Dump External Memory

I = Hex Dump Internal Memory

E = Editing External Ram

C = Clear Memory

ผลการทดลอง

จากการทดลองเมื่อทำการติดต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยใช้งานโปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software แล้วผลที่ได้คือที่หน้าจอแสดงผลของโปรแกรมปรากฏข้อความ PAULMON2 LOC:8000 > แสดงว่าสามารถใช้งานโมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมได้ และเมื่อใช้คำสั่งต่างๆ ของโปรแกรม PAUL Monitor ผลที่ได้ คือ สามารถใช้งานคำสั่งต่างๆ ได้อย่างสมบูรณ์ ทำให้ทราบว่าโมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมสามารถใช้งานได้

4.2.8 การทดลองใช้งานโมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาท์พุต

โมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตทำหน้าที่ ควบคุมตำแหน่งการทำงานของโมดูล 8255A, 8255B, 8255C และ 8255D ซึ่งทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต ให้สามารถทำงานได้ในตำแหน่งหน่วยความจำที่กำหนด การทดลอง จะใช้วิธีการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของโมดูล 8255A, 8255B, 8255C และ 8255D เพื่อควบคุมการทำงานของโมดูลเบสิกเอาต์พุตให้ไฟวิ่งเรียงลำดับจากขวาไปซ้าย หากสามารถทำงานได้แสดงว่าโมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตสามารถใช้งานได้ โดยการทดลองจะใช้เครื่องมือ และอุปกรณ์ในการทดลองดังนี้

1) โมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์

2) โมดูลหน่วยความจำถาวร

3) โมดูลหน่วยความจำชั่วคราว

4) โมดูลแลตช์

5) โมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

6) โมดูลแหล่งจ่ายไฟ

7) โมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ

8) โมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต

9) โมดูล 8255A

10) โมดูล 8255B

12) โมดูล 8255C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13) โมดูล 8255D

14) โมดูลเบสิกเอาต์พุต

15) ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

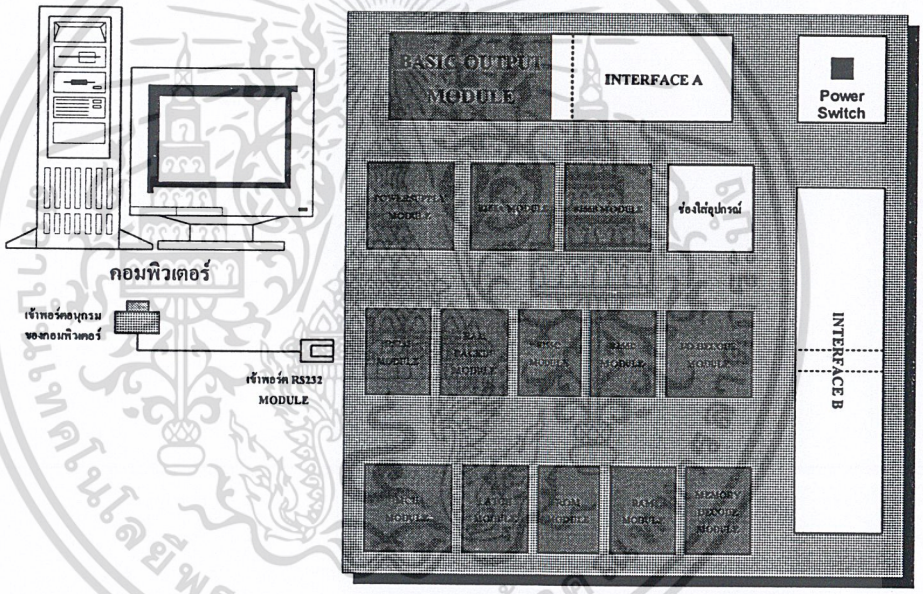
16) คอมพิวเตอร์

17) สายสัญญาณเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ลำดับขั้นการทดลองใช้งานโมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต

1) ต่อโมดูลต่างๆ เข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ตามตำแหน่งของโมดูลนั้น และต่อโมดูลเบสิกอินพุตเข้ากับช่องอินเตอร์เฟสเอด้านซ้าย

2) ทำการเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับคอมพิวเตอร์



รูปที่ 4.20 การเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการทดลองโมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต

3) เลือกการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำงานกับหน่วยความจำภายนอก

4) เปิดสวิตช์ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

5) เรียกใช้โปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software

6) เขียนโปรแกรมทดลองการทำงานของโมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตดังรูปที่ 4.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PORT_A      EQU   0FC00H
PORT_B      EQU   PORT_A+1
PORT_C      EQU   PORT_A+2
C_PORT      EQU   PORT_A+3
PORT_AA     EQU   0F800H
PORT_BB     EQU   PORT_AA+1
PORT_CC     EQU   PORT_AA+2
CC_PORT     EQU   PORT_AA+3


            ORG   8000H
INIT:       MOV   DPTR,#C_PORT
            MOV   A,#80H
            MOVX  @DPTR,A
            MOV   DPTR,#CC_PORT
            MOV   A,#80H
            MOVX  @DPTR,A
            MOV   DPTR,#PORT_AA
            MOV   A,#01H
            MOVX  @DPTR,A
START:      MOV   DPTR,#PORT_A
            MOV   A,#00H
LOOP1:      MOVX  @DPTR,A
            ACALL DELAY
            SETB  C
            RLC   A
            CJNE  A,#0FFH,LOOP1
LOOP2:      MOVX  @DPTR,A
            ACALL DELAY
            CLR   C
            RLC   A
            CJNE  A,#00H,LOOP2
            SJMP  LOOP1
DELAY:      MOV   R6,#00H
DELAY1:     MOV   R7,#00H
DELAY2:     NOP
            NOP
            DJNZ  R7,DELAY2
            DJNZ  R6,DELAY1
            RET

            END
```

รูปที่ 4.21 โปรแกรมทดลองโมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต

7) เขียนโปรแกรมในรูปที่ 4.21 ลงในช่องรับข้อความของโปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software

8) เลือกแปลงโปรแกรม

9) เลือกติดต่อฮาร์ดแวร์

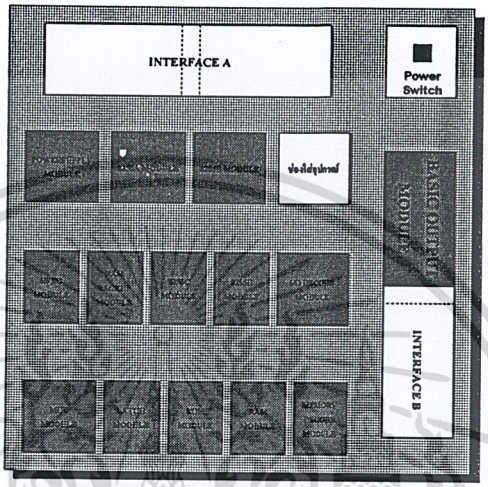
10) ใช้คำสั่ง J 8000 เพื่อเป็นการสั่งโปรแกรมให้ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11) สังเกตหลอดแอลอีดีที่โมดูลเบสิกเอาต์พุต

12) ปิดสวิตช์ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

13) ต่อโมดูลต่างๆ เข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ตามตำแหน่งของโมดูลนั้น และต่อโมดูลเบสิกอินพุตเข้ากับช่องอินเตอร์เฟสบีด้านบน



รูปที่ 4.22 การต่อโมดูลเข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เพื่อทำการทดลองโมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์ และต่อโมดูลเบสิกเอาต์พุตเข้ากับอินเตอร์เฟสบีด้านบน

14) ทำการเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับคอมพิวเตอร์

15) เปิดสวิตช์ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

16) เรียกใช้โปรแกรม Microcontroler MCS-51 Trainning Software

17) เขียนโปรแกรมทดลองการทำงานของโมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตดังรูปที่ 4.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PORT_A   EQU    0FC10H
PORT_B   EQU    PORT_A+1
PORT_C   EQU    PORT_A+2
C_PORT   EQU    PORT_A+3
PORT_AA  EQU    0F804H
PORT_B   EQU    PORT_AA+1
PORT_CC  EQU    PORT_AA+2
CC_PORT  EQU    PORT_AA+3

         ORG    8000H
 INIT:   MOV    DPTR,#C_PORT
         MOV    A,#80H
         MOVX   @DPTR,A
         MOV    DPTR,#CC_PORT
         MOV    A,#80H
         MOVX   @DPTR,A
         MOV    DPTR,#PORT_AA
         MOV    A,#01H
         MOVX   @DPTR,A
 START:  MOV    DPTR,#PORT_A
         MOV    A,#00H
 LOOP1:  MOVX   @DPTR,A
         ACALL  DELAY
         SETB   C
         RLC    A
         CJNE   A,#0FFH,LOOP1
 LOOP2:  MOVX   @DPTR,A
 ACALL   DELAY
         CLR    C
         RLC    A
         CJNE   A,#00H,LOOP2
         SJMP   LOOP1

 DELAY:  MOV    R6,#00H
 DELAY1: MOV    R7,#00H
 DELAY2: NOP
         NOP
         DJNZ   R7,DELAY2
 DJNZ    R6,DELAY1
         RET

         END
```

รูปที่ 4.23 โปรแกรมทดลองโมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตร่วมกับโมดูลเบสิกเอาต์พุตในช่องอินเตอร์เฟสบีด้านบน

18) เขียนโปรแกรมในรูปที่ 4.23 ลงในช่องรับข้อความของโปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software

19) เลือกแปลงโปรแกรม

20) เลือกติดต่อฮาร์ดแวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

21) ใช้คำสั่ง J 8000 เพื่อเป็นการสั่งโปรแกรมให้ทำงาน

22) สังเกตหลอดแอลอีดีที่โมดูลเบสิกอินพุต

ผลการทดลอง

จากการทดลองเป็นการทดลอง 2 ครั้ง คือ การทดลองครั้งแรกใช้โปรแกรมในการทดลองเพื่อให้ทราบว่าโมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตสามารถควบคุมการทำงานของโมดูล 8255A และโมดูล 8255B ได้ โดยเมื่อสั่งให้โปรแกรมทำงานพบว่าหลอดแอลอีดีติดเรียงลำดับกันไปทางด้านซ้าย ซึ่งตรงกับโปรแกรมที่เขียนขึ้นเป็นการแสดงว่าโมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตสามารถใช้งานควบคุมโมดูล 8255A และ 8255B ได้ และเมื่อทำการทดลองครั้งที่ 2 โดยใช้โปรแกรมในรูปที่ 4.62 ผลที่ได้คือ หลอดแอลอีดีที่โมดูลเบสิกเอาต์พุตติดเรียงลำดับกันไปเช่นเดียวกัน ซึ่งเป็นการแสดงว่าโมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตสามารถควบคุมการทำงานของโมดูล 8255A โมดูล 8255B โมดูล 8255 C และโมดูล 8255D ได้จึงสรุปได้ว่าโมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุตสามารถทำงานได้

4.2.9 การทดลองใช้งานโมดูล 8255A

โมดูล 8255A เป็นโมดูลที่ทำหน้าที่พอร์ตอินพุตเอาต์พุตให้ส่วนอินเตอร์เฟสเอในชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยการทดลองจะใช้โมดูล 8255A ทำหน้าที่เป็นพอร์ตเอาต์พุตให้กับโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมการทำงานของโมดูลเบสิกเอาต์พุต ให้แอลอีดีวิ่งจากขวาไปซ้าย โดยถ้าหากโมดูลเบสิกเอาต์พุตสามารถทำงานได้แสดงว่าโมดูล 8255A สามารถใช้งานได้การทดลอง จะใช้เครื่องมือ และอุปกรณ์ดังนี้

1) โมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์

2) โมดูลหน่วยความจำถาวร

3) โมดูลหน่วยความจำชั่วคราว

4) โมดูลแลตช์

5) โมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

6) โมดูลแหล่งจ่ายไฟ

7) โมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ

8) โมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต

9) โมดูล 8255A

10) โมดูล 8255C

11) โมดูลเบสิกเอาต์พุต

12) ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

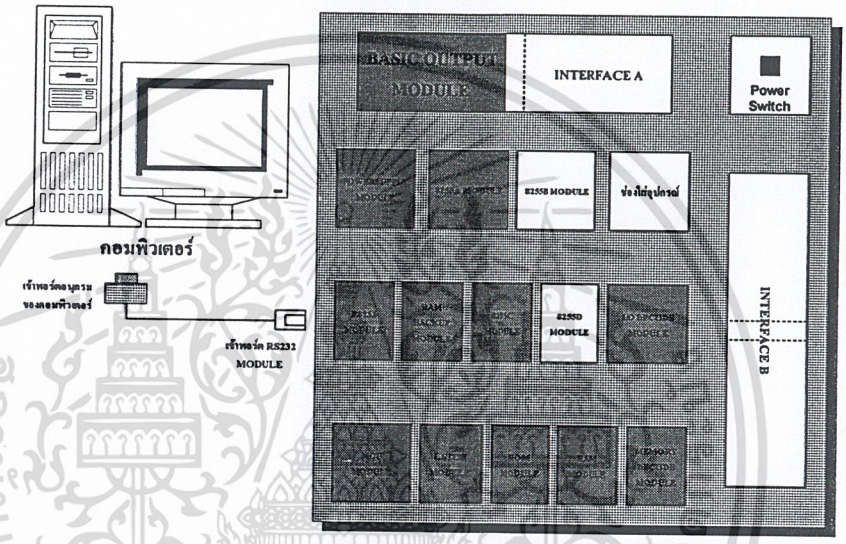
13) คอมพิวเตอร์

14) สายสัญญาณเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ลำดับขั้นการทดลองใช้งานโมดูล 8255A

1) ต่อโมดูลต่างๆ เข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ตามตำแหน่งของโมดูลนั้น และต่อโมดูลเบสิกเอาต์พุตเข้ากับช่องอินเตอร์เฟสเอด้านซ้าย

2) ทำการเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 4.24



รูปที่ 4.24 การเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการทดลองโมดูล 8255A

3) เลือกการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำงานกับหน่วยความจำภายนอก

4) เปิดสวิตช์ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

5) เรียกใช้โปรแกรม Microcontroler MCS-51 Trainning Software

6) เขียนโปรแกรมทดลองการทำงานของโมดูล 8255A ดังรูปที่ 4.25

```
PORT_A    EQU    0FC00H
PORT_B    EQU    PORT_A+1
PORTC     EQU    PORT_A+2
C_PORT    EQU    PORT_A+3
PORT_AA   EQU    0F800H
```

รูปที่ 4.25 โปรแกรมทดลองโมดูล 8255A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PORT_BB   EQU     PORT_AA+1
PORT_CC   EQU     PORT_AA+2
CC_PORT   EQU     PORT_AA+3

          ORG     8000H
INIT:     MOV     DPTR,#C_PORT
          MOV     A,#80H
          MOVX    @DPTR,A
          MOV     DPTR,#CC_PORT
          MOV     A,#80H
          MOVX    @DPTR,A
          MOV     DPTR,#PORT_AA
          MOV     A,#01H
          MOVX    @DPTR,A
START:    MOV     DPTR,#PORT_A
          MOV     A,#00H
LOOP1:    MOVX    @DPTR,A
          ACALL   DELAY
          SETB    C
          RLC     A
          CJNE    A,#0FFH,LOOP1
LOOP2:    MOVX    @DPTR,A
          ACALL   DELAY
          CLR     C
          RLC     A
          CJNE    A,#00H,LOOP2
          SJMP    LOOP1
DELAY:    MOV     R6,#00H
DELAY1:   MOV     R7,#00H
DELAY2:   NOP
          NOP
          DJNZ    R7,DELAY2
          DJNZ    R6,DELAY1
          RET

          END
```

รูปที่ 4.25 (ต่อ) โปรแกรมทดลองโมดูล 8255A

7) เขียนโปรแกรมในรูปที่ 4.25 ลงในช่องรับข้อความของโปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software

8) เลือกกแปลงโปรแกรม

9) เลือกติดต่อฮาร์ดแวร์

10) ใช้คำสั่ง J 8000 เพื่อเป็นการสั่งโปรแกรมให้ทำงาน

11) สังเกตหลอดแอลอีดีที่โมดูลเบสิกเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

จากการทดลองเมื่อทำการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของโมดูล 8255A แล้วโหลดโปรแกรมลงไปในแรม หลังจากนั้นทำการสั่งให้โปรแกรมทำงานผลปรากฏว่าแอลอีดีที่โมดูลเบสิกเอาต์พุตกระพริบเรียงลำดับไปทางซ้าย ซึ่งแสดงว่าการใช้งานโมดูล 8255A ทำหน้าที่เป็นพอร์ตเอาต์พุตทำงานได้ จึงสรุปได้ว่าโมดูล 8255A ทำงานได้

4.2.10 การทดลองใช้งานโมดูล 8255B

โมดูล 8255B เป็นโมดูลที่ทำหน้าที่พอร์ตอินพุตเอาต์พุตให้ส่วนอินเตอร์เฟสบีในชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยการออกแบบวงจรจะมีลักษณะเดียวกันกับโมดูล 8255A ดังนั้นหากโมดูล 8255A สามารถทำงานได้ก็เป็นการแสดงว่าโมดูล 8255B สามารถทำงานเช่นกัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าโมดูล 8255B สามารถทำงานได้

4.2.11 การทดลองใช้งานโมดูล 8255C

โมดูล 8255C เป็นโมดูลซึ่งทำหน้าที่เลือกชั้นการทำงานของส่วนอินเตอร์เฟสเอในชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 การใช้งานโมดูล 8255C จะใช้งานร่วมกับโมดูล 8255A เพื่อทำหน้าที่ควบคุมชั้นการทำงานของโมดูลอินเตอร์เฟส โดยจากการทดสอบโมดูล 8255A จะใช้โมดูล 8255C ร่วมด้วยและสามารถใช้งานได้ ดังนั้นจากการทดลองโมดูล 8255A จึงสรุปได้ว่า โมดูล 8255C สามารถใช้งานได้

4.2.12 การทดลองใช้งานโมดูล 8255D

โมดูล 8255D เป็นโมดูลซึ่งทำหน้าที่เลือกชั้นการทำงานของส่วนอินเตอร์เฟสบีในชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยการออกแบบโมดูล 8255D จะออกแบบวงจรมีลักษณะเดียวกับ โมดูล 8255C ดังนั้นเมื่อโมดูล 8255C สามารถทำงานได้ จึงสรุปได้ว่าโมดูล 8255D สามารถทำงานได้

4.2.13 การทดลองใช้งานโมดูลเบสิกเอาต์พุต

โมดูลเบสิกเอาต์พุตเป็นโมดูลที่ใช้ไดโอดเปล่งแสงในการแสดงผลในแต่ละบิตของพอร์ตที่ต่อใช้งานกับโมดูลเบสิกเอาต์พุต โดยโมดูลเบสิกเอาต์พุตรับข้อมูลซึ่งอยู่ในรูประดับแรงดันลอจิก เข้ามา และแสดงผลทางไดโอดเปล่งแสงในลักษณะของแสงสว่าง สำหรับการทดลองโมดูลเบสิกเอาต์พุตนั้นสามารถนำการทดลองโมดูล 8255A มาสรุปการทำงานของโมดูลเบสิกเอาต์พุตได้ เนื่องจากการทดลองโมดูล 8255A ใช้วิธีควบคุมโมดูลเบสิกเอาต์พุตให้ทำงานตามโปรแกรมที่เขียนขึ้น และสามารถควบคุมให้ไดโอดเปล่งติดสว่างจากขวาไปซ้ายได้ จึงสรุปได้ว่าโมดูลเบสิกเอาต์พุตสามารถทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.14 การทดลองใช้งานโมดูลเบสิกอินพุต

โมดูลเบสิกอินพุตเป็นโมดูลที่ใช้ในการกำหนดสัญญาณอินพุตให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยผ่านทางพอร์ตของอุปกรณ์ 8255 โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการกำหนดสัญญาณอินพุต คือ ดิฟสวิตช์ เนื่องจากโมดูลเบสิกอินพุตมีวงจรเบสิกอินพุต 2 วงจรรวมอยู่ในโมดูล ดังนั้นการทดลองจึงทดลองเพียงวงจรเดียวก็สามารถทำให้ทราบว่าโมดูลเบสิกอินพุตสามารถใช้งานได้ การทดลองจะใช้โมดูลเบสิกอินพุตต่อเข้ากับส่วนอินเตอร์เฟสเอด้านขวา และใช้โมดูลเบสิกเอาต์พุตต่อเข้ากับส่วนอินเตอร์เฟสเอด้านซ้าย และทำการโหลดโปรแกรมทดลองลงในโมดูลหน่วยความจำชั่วคราว หลังจากนั้นจึงทำการสั่งให้โปรแกรมทำงาน โดยเมื่อทำการเลื่อนสวิตช์สู่ตำแหน่ง On หลอดไดโอดเปล่งแสงใน โมดูลเบสิกเอาต์พุตที่ตรงกับตำแหน่งของสวิตช์จะสว่างขึ้น และจะเป็นเช่นนี้กับอีก 7 หลักที่เหลือ โดยหากโมดูลเบสิกอินพุตสามารถทำงานได้ตามโปรแกรมที่เขียน แสดงว่าโมดูลเบสิกอินพุตสามารถใช้งานได้ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้

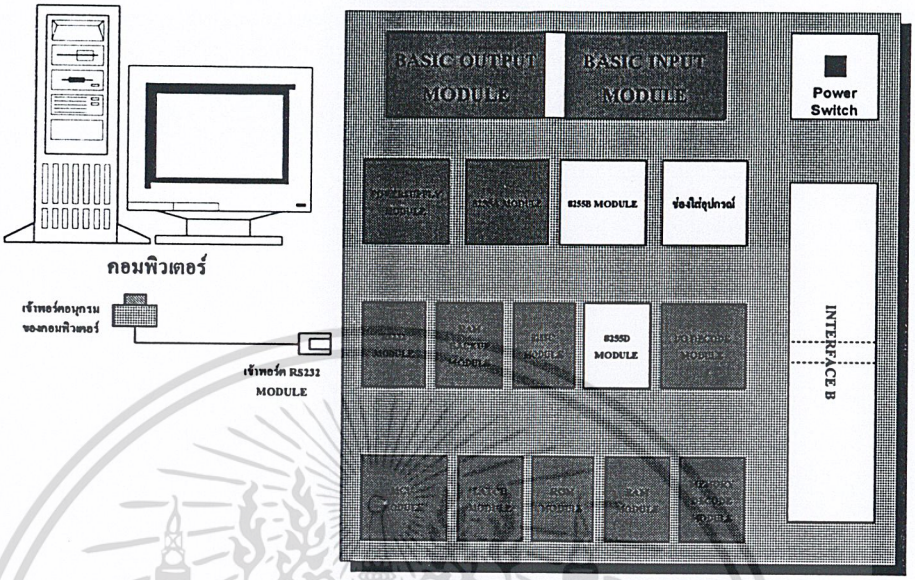
1) โมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์
2) โมดูลหน่วยความจำถาวร
3) โมดูลหน่วยความจำชั่วคราว
4) โมดูลแลตช์
5) โมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม
6) โมดูลแหล่งจ่ายไฟ
7) โมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ
8) โมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต
9) โมดูล 8255A
10) โมดูล 8255C
11) โมดูลเบสิกอินพุต
12) โมดูลเบสิกเอาต์พุต
13) ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51
14) คอมพิวเตอร์
15) สายสัญญาณเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ลำดับขั้นการทดลองใช้งานโมดูลเบสิกอินพุต

1) ต่อโมดูลต่างๆ เข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ตามตำแหน่งของโมดูลนั้น ต่อโมดูลเบสิกอินพุตเข้ากับช่องอินเตอร์เฟสเอด้านขวา และต่อโมดูลเบสิกเอาต์พุตเข้ากับช่องอินเตอร์เฟสเอด้านซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ทำการเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 4.26



รูปที่ 4.26 การเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับคอมพิวเตอร์เพื่อทำการทดลองโมดูลเบสิกอินพุต

3) เลือกการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำงานกับหน่วยความจำภายนอก

4) เปิดสวิตช์ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

5) เรียกใช้โปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software

6) เขียนโปรแกรมทดลองการทำงานของโมดูลเบสิกอินพุต ดังรูปที่ 4.27

```
PORT_A  EQU   0FC00H
PORT_B  EQU   PORT_A+1
PORT_C  EQU   PORT_A+2
C_PORT  EQU   PORT_A+3
PORT_AA EQU   0F800H
PORT_BB EQU   PORT_AA+1
PORT_CC EQU   PORT_AA+2
CC_PORT EQU   PORT_AA+3
        ORG   8000H
INIT:   MOV   DPTR,#C_PORT
        MOV   A,#8AH
        MOVX  @DPTR,A
```

รูปที่ 4.27 โปรแกรมทดลองโมดูลเบสิกอินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    MOV    DPTR,#CC_PORT
                    MOV    A,#80H
                    MOVX   @DPTR,A
                    MOV    DPTR,#PORT_AA
                    MOV    A,#0FEH
                    MOVX   @DPTR,A
                    MOV    DPTR,#PORT_CC
                    MOV    A,#0FEH
                    MOVX   @DPTR,A

START:              MOV    DPTR,#PORT_C
                    MOVX   A,@DPTR
                    MOV    DPTR,#PORT_A
                    MOVX   @DPTR,A
                    SJMP   START

                    END
```

รูปที่ 4.27 (ต่อ) โปรแกรมทดลองโมดูลเบสิกอินพุต

7) เขียนโปรแกรมในรูปที่ 4.27 ลงในช่องรับข้อความของโปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software

8) เลือกแปลงโปรแกรม

9) เลือกติดต่อฮาร์ดแวร์

10) ใช้คำสั่ง J 8000 เพื่อเป็นการสั่งโปรแกรมให้ทำงาน

11) สังเกตหลอดไดโอดเปล่งแสงที่โมดูลเบสิกเอาต์พุต

ผลการทดลอง

จากการทดลองเมื่อทำการโหลดโปรแกรมที่เขียนขึ้นลงในโมดูลหน่วยความจำชั่วคราว และสั่งให้โปรแกรมทำงานหลังจากนั้นทำการทดลองเลื่อนสวิตช์ที่โมดูลเบสิกอินพุตขึ้น ผลที่ได้ คือ หลอดแอลอีดีที่โมดูลเบสิกเอาต์พุตติดสว่างตามตำแหน่งสวิตช์ที่ถูกเลื่อน เมื่อเลื่อนสวิตช์ในหลักที่เหลือผลที่ได้ คือ หลอดไดโอดเปล่งแสงติดสว่างตามหลักของสวิตช์นั้น จึงสรุปได้ว่าโมดูลเบสิกอินพุตสามารถทำงานได้

4.2.15 การทดลองใช้งานโมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วน

โมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วนเป็นโมดูลที่ใช้ส่วนแสดงผล 7 ส่วนขนาด 8 หลักในการแสดงผล โดยโมดูลนี้ใช้เป็นภาครับเอาต์พุตจากไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ผ่านทางโมดูล 8255 เข้าสู่โมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วน โดยโมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วนยังแบ่งการใช้งานออกเป็น 2 ส่วนคือคอมม่อนแอโนด และคอมม่อนแคโถด การทดลองจะต่อโมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วนเข้ากับส่วนอินเตอร์เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอด้านขวา (การทดลองจะทดลองในส่วนคอมม่อนแคโถด) โดยโปรแกรมที่เขียนขึ้นจะสั่งให้โมดูลแสดงผล 7 ส่วนแสดงตัวอักษร "A" วิ่งจากขวาไปซ้าย โดยหากโมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วนสามารถแสดงได้ถือว่าโมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วนสามารถใช้งานได้ โดยการทดลองจะใช้อุปกรณ์และเครื่องมือดังนี้

1) โมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์

2) โมดูลหน่วยความจำถาวร

3) โมดูลหน่วยความจำชั่วคราว

4) โมดูลแลตช์

5) โมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

6) โมดูลแหล่งจ่ายไฟ

7) โมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ

8) โมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต

9) โมดูล 8255A

10) โมดูล 8255C

11) โมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วน

12) ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

13) คอมพิวเตอร์

14) สายสัญญาณเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ลำดับขั้นการทดลองใช้งานโมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วน

1) ต่อโมดูลต่างๆ เข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ตามตำแหน่งของโมดูลนั้นและต่อโมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วนเข้ากับช่องอินเตอร์เฟสเอด้านขวา

2) ทำการเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 4.28

3) เลือกการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำงานกับหน่วยความจำภายนอก

4) เปิดสวิตช์ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

5) เรียกใช้โปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software

6) เขียนโปรแกรมทดลองการทำงานของโมดูลแสดงผลแบบ 7 ส่วนดังรูปที่ 4.29

7) เขียนโปรแกรมในรูปที่ 4.29 ลงในช่องรับข้อความของโปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software

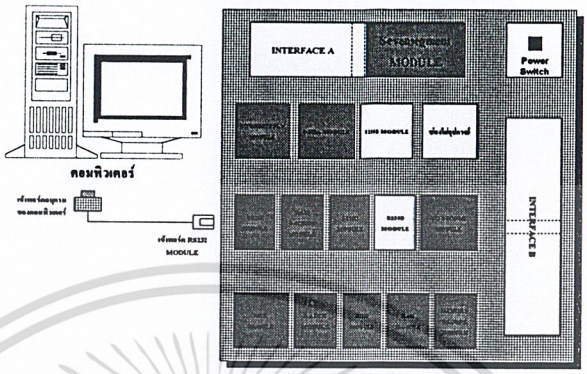
8) เลือกแปลงโปรแกรม

9) เลือกติดต่อฮาร์ดแวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10) ใช้คำสั่ง J 8000 เพื่อเป็นการสั่งโปรแกรมให้ทำงาน

11) สังเกตหลอดแอลอีดีที่โมดูลเบสิกเอาต์พุต



รูปที่ 4.28 การเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เพื่อทำการทดลองโมดูลแสดงผลแบบ 7 ส่วน

```
PORT_A   EQU   0FC00H
PORT_B   EQU   PORT_A+1
PORT_C   EQU   PORT_A+2
C_PORT   EQU   PORT_A+3
PORT_AA  EQU   0F800H
PORT_BB  EQU   PORT_AA+1
PORT_CC  EQU   PORT_AA+2
CC_PORT  EQU   PORT_AA+3

         ORG   8000H
INIT:    MOV   DPTR,#C_PORT
         MOV   A,#80H
         MOVX  @DPTR,A
         MOV   DPTR,#CC_PORT
         MOV   A,#80H
         MOVX  @DPTR,A
         MOV   DPTR,#PORT_BB
         MOV   A,#0FEH
         MOVX  @DPTR,A

START:   MOV   DPTR,#PORT_B
         MOV   A,#77H
         MOVX  @DPTR,A
         MOV   R0,#00H
         MOV   DPTR,#PORT_C
LOOP:    MOV   A,R0
         MOVX  @DPTR,A
```

รูปที่ 4.29 โปรแกรมทดลองโมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    ACALL DELAY
                    INC   A
                    MOV   R0,A
                    CJNE  A,#08H,LOOP
                    MOV   R0,#00H
                    SJMP  LOOP

DELAY:    MOV   R6,#00H
DELAY1:   MOV   R7,#00H
DELAY2:   NOP
          NOP
          DJNZ  R7,DELAY2
          DJNZ  R6,DELAY1
          RET


          END
```

รูปที่ 4.29 (ต่อ) โปรแกรมทดลองโมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วน

ผลการทดลอง

จากการทดลอง เมื่อทำการโหลดโปรแกรมที่เขียนขึ้นลงในโมดูลแรม และสั่งให้โปรแกรมทำงานผล คือ ที่จอแสดงผลของโมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วนมีตัวอักษร "A" วิ่งจากขวาไปซ้ายในส่วนของคอมม่อนแคโถด เป็นการสรุปว่าโมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วนสามารถใช้งานได้

4.2.16 การทดลองใช้งานโมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์

โมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์เป็นโมดูลที่ใช้ทดลองการควบคุมแอลอีดีชนิดดอตเมทริกซ์ โดยการทดลองจะต่อโมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์เข้ากับอินเตอร์เฟสเอด้านขวา สำหรับโปรแกรมการทดลองจะใช้โปรแกรมควบคุมให้แอลอีดีดอตเมทริกซ์ติดเฉพาะกึ่งกลางเพียงจุดเดียวเท่านั้น หากการทดลองเป็นดังโปรแกรมที่เขียนแสดงว่า โมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์สามารถใช้งานได้ เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้

1) โมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์
2) โมดูลหน่วยความจำถาวร
3) โมดูลหน่วยความจำชั่วคราว
4) โมดูลแลตช์
5) โมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม
6) โมดูลแหล่งจ่ายไฟ
7) โมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) โมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต

9) โมดูล 8255A

10) โมดูล 8255C

11) โมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์)

12) ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

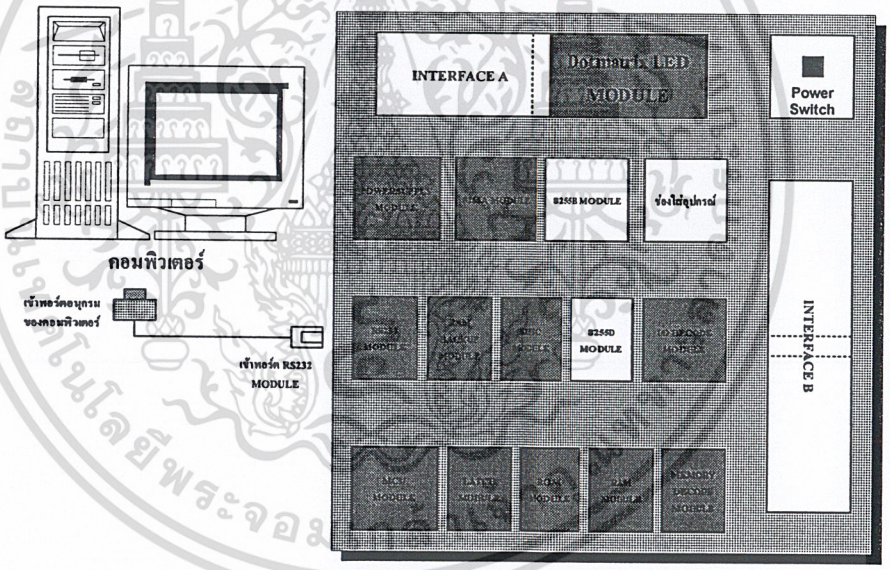
13) คอมพิวเตอร์

14) สายสัญญาณเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ลำดับขั้นการทดลองใช้งานโมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์

1) ต่อโมดูลต่างๆ เข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ตามตำแหน่งของโมดูลนั้น และต่อโมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์เข้ากับอินเตอร์เฟสเอด้านขวา

2) ทำการเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 4.30



รูปที่ 4.30 การเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เพื่อทำการทดลองโมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์

3) เลือกการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำงานกับหน่วยความจำภายนอก

4) เปิดสวิตช์ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

5) เรียกใช้โปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software

6) เขียนโปรแกรมทดลองการทำงานของโมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์ดังรูปที่ 4.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PORT_A      EQU     0FC00H
PORT_B      EQU     PORT_A+1
PORT_C      EQU     PORT_A+2
C_PORT      EQU     PORT_A+3
PORT_AA     EQU     0F800H
PORT_BB     EQU     PORT_AA+1
PORT_CC     EQU     PORT_AA+2
CC_PORT     EQU     PORT_AA+3

            ORG     8000H
INIT:       MOV     DPTR,#C_PORT
            MOV     A,#80H
            MOVX    @DPTR,A
            MOV     DPTR,#CC_PORT
            MOV     A,#80H
            MOVX    @DPTR,A
            MOV     DPTR,#PORT_BB
            MOV     A,#0FEH
            MOVX    @DPTR,A

START:      MOV     DPTR,#PORT_B
            CLR     A
            SETB    ACC.3
            MOVX    @DPTR,A
            ACALL   DELAY
            MOV     DPTR,#PORT_C
LOOP:       MOV     A,#07H
            MOVX    @DPTR,A
            ACALL   DELAY
            MOV     A,#0FFH
            MOVX    @DPTR,A
            ACALL   DELAY
            SJMP    LOOP

DELAY:      MOV     R6,#00
DELAY1:     MOV     R7,#00
            DJNZ    R7,$
            DJNZ    R6,DELAY1
            RET

            END
```

รูปที่ 4.31 โปรแกรมทดลองโมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์

7) เขียนโปรแกรมในรูปที่ 4.31 ลงในช่องรับข้อความของโปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software

8) เลือกแปลงโปรแกรม

9) เลือกติดต่อฮาร์ดแวร์

10) ใช้คำสั่ง J 8000 เพื่อเป็นการสั่งโปรแกรมให้ทำงาน

11) สังเกตจอแสดงผลโมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

จากการทดลอง เมื่อทำการโหลดโปรแกรมที่เขียนขึ้นลงในโมดูลหน่วยความจำชั่วคราว และสั่งให้โปรแกรมทำงานผล คือ ที่จอแสดงผลของโมดูลดอตเมทริกซ์แอลอีดีมีแสงสว่างติดที่จุดกึ่งกลางของจอแสดงผล ซึ่งตรงกับโปรแกรมที่เขียนขึ้น จึงสรุปได้ว่าโมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์สามารถใช้งานได้

4.2.17 การทดลองใช้งานโมดูลดีซีมอเตอร์

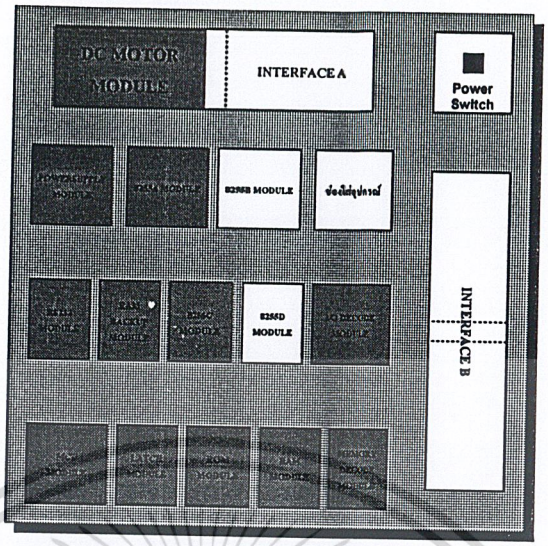
โมดูลดีซีมอเตอร์เป็นโมดูลที่ใช้การทำงานของดีซีมอตอร์ขนาด 12VDC ในการทดลอง การทดลองจะใช้โมดูลดีซีมอเตอร์รับสัญญาณควบคุมการทำงานจากไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เพื่อควบคุมการหมุนของมอเตอร์ การทดลองจะต่อโมดูลดีซีมอเตอร์เข้ากับอินเตอร์เฟสเอด้านซ้าย และเขียนโปรแกรมควบคุมให้มอเตอร์หมุน และหยุดหมุนเป็นจังหวะ โดยหากการทดลองสามารถควบคุมการหมุนได้ตามที่เขียนโปรแกรมไว้แสดงว่าโมดูลดีซีมอเตอร์สามารถใช้งานได้ เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้

1) โมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์
2) โมดูลหน่วยความจำถาวร
3) โมดูลหน่วยความจำชั่วคราว
4) โมดูลแลตช์
5) โมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม
6) โมดูลแหล่งจ่ายไฟ
7) โมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ
8) โมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต
9) โมดูล 8255A
10) โมดูล 8255C
11) โมดูลดีซีมอเตอร์
12) ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51
13) คอมพิวเตอร์
14) สายสัญญาณเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ลำดับขั้นการทดลองใช้งานโมดูลดีซีมอเตอร์

1) ต่อโมดูลต่างๆ เข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ตามตำแหน่งของโมดูลนั้น และต่อโมดูลดีซีมอเตอร์เข้ากับช่องอินเตอร์เฟสเอด้านซ้าย ดังรูปที่ 4.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.32 การต่อโมดูลต่างๆ เข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เพื่อทำการทดลองโมดูลดีซีมอเตอร์

2) ทำการเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับคอมพิวเตอร์

3) เลือกการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำงานกับหน่วยความจำภายนอก

4) เปิดสวิตช์ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

5) เรียกใช้โปรแกรม Microcontroler MCS-51 Trainning Software

6) เขียนโปรแกรมทดลองการทำงานของโมดูลดีซีมอเตอร์ ดังรูปที่ 4.33

```
PORT_A      EQU   0FC00H
PORT_B      EQU   PORT_A+1
PORT_C      EQU   PORT_A+2
C_PORT      EQU   PORT_A+3
PORT_AA     EQU   0F800H
PORT_BB     EQU   PORT_AA+1
PORT_CC     EQU   PORT_AA+2
CC_PORT     EQU   PORT_AA+3

            ORG   8000H
INIT:       MOV   DPTR,#C_PORT
            MOV   A,#80H
            MOVX  @DPTR,A
            MOV   DPTR,#CC_PORT
            MOV   A,#80H
            MOVX  @DPTR,A
            MOV   DPTR,#PORT_AA
```

รูปที่ 4.33 โปรแกรมทดลองการทำงานโมดูลดีซีมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                        MOV   A,#0FEH
                        MOVX  @DPTR,A

START:                  MOV   DPTR,#PORT_A
                        CLR   A
                        SETB  ACC.0
                        MOVX  @DPTR,A
                        SJMP  $

                        END
```

รูปที่ 4.33 (ต่อ) โปรแกรมทดลองการทำงานโมดูลดีซีมอเตอร์

7) เขียนโปรแกรมในรูปที่ 4.33 ลงในช่องรับข้อความของโปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software

8) เลือกแปลงโปรแกรม

9) เลือกติดต่อฮาร์ดแวร์

10) ใช้คำสั่ง J 8000 เพื่อเป็นการสั่งโปรแกรมให้ทำงาน

11) สังเกตการหมุนของดีซีมอเตอร์

ผลการทดลอง

จากการทดลองเมื่อเขียนโปรแกรม และสั่งให้โปรแกรมทำงานพบว่าดีซีมอเตอร์หมุน และหยุดหมุนเป็นจังหวะ เป็นการแสดงว่าจากโปรแกรมที่เขียนขึ้นสามารถควบคุมการหมุนของดีซีมอเตอร์ได้ และยังสรุปได้ว่าโมดูลดีซีมอเตอร์สามารถใช้งานได้

4.2.18 การทดลองใช้งานโมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์

โมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์ เป็นโมดูลที่ใช้การทำงานของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ในการทดลอง โดยสเต็ปปิ้งที่ใช้จะใช้กับแรงดัน 12VDC การใช้งานจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นตัวควบคุมการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ การทดลองจะต่อโมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์เข้ากับอินเตอร์เฟสเอด้านซ้าย และเขียนโปรแกรมควบคุมการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ โดยเขียนโปรแกรมให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์หมุนเป็นจังหวะตามเฟสของแรงดัน โดยหากสเต็ปปิ้งมอเตอร์สามารถหมุนได้ตามที่เขียนโปรแกรมไว้แสดงว่าโมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์สามารถใช้งานได้ เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้

1) โมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์

2) โมดูลหน่วยความจำถาวร

3) โมดูลหน่วยความจำชั่วคราว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) โมดูลแลตช์

5) โมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

6) โมดูลแหล่งจ่ายไฟ

7) โมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ

8) โมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต

9) โมดูล 8255A

10) โมดูล 8255C

11) โมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์

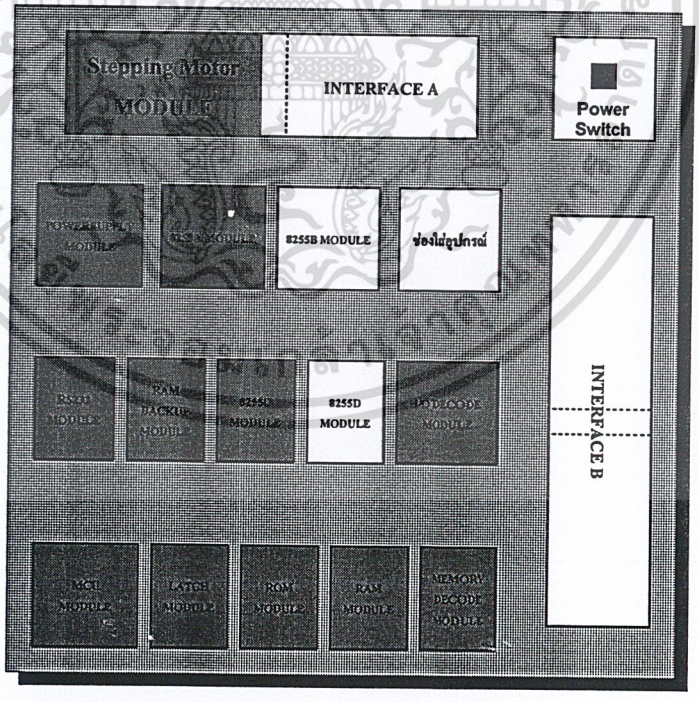
12) ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

13) คอมพิวเตอร์

14) สายสัญญาณเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ลำดับขั้นการทดลองใช้งานโมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์

1) ต่อโมดูลต่างๆ เข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ตามตำแหน่งของโมดูลนั้น และต่อโมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์เข้ากับช่องอินเตอร์เฟสเอด้านซ้าย ดังรูปที่ 4.34



รูปที่ 4.34 การต่อโมดูลเข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เพื่อทำการทดลองโมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ทำการเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับคอมพิวเตอร์

3) เลือกการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำงานกับหน่วยความจำภายนอก

4) เปิดสวิตช์ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

5) เรียกใช้โปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software

6) เขียนโปรแกรมทดลองการทำงานของโมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์ ดังรูปที่ 4.35

```
PORT_A   EQU     0FC00H
PORT_B   EQU     PORT_A+1
PORT_C   EQU     PORT_A+2
C_PORT   EQU     PORT_A+3
PORT_AA  EQU     0F800H
PORT_BB  EQU     PORT_AA+1
PORT_CC  EQU     PORT_AA+2
CC_PORT  EQU     PORT_AA+3

         ORG     8000H

INIT:    MOV     DPTR,#C_PORT
         MOV     A,#80H
         MOVX    @DPTR,A
         MOV     DPTR,#CC_PORT
         MOV     A,#80H
         MOVX    @DPTR,A
         MOV     DPTR,#PORT_AA
         MOV     A,#0FEH
         MOVX    @DPTR,A

START:   MOV     R2,#00H
LOOP1:   MOV     DPTR,#TABLE
         MOV     DPL,R2
         MOVX    A,@DPTR
         INC     R2
         MOV     DPTR,#PORT_A
         MOVX    @DPTR,A
         ACALL   DELAY
         CLR     A
         MOVX    @DPTR,A
         CJNE    R2,#04H,LOOP1
         SJMP    START

DELAY:   MOV     R6,#00H
DELAY1:  MOV     R7,#00H
         DJNZ    R7,$
         DJNZ    R6,DELAY1
                 RET

         ORG     8100H
TABLE:   DB      01H,02H,04H,08H

                 END
```

รูปที่ 4.35 โปรแกรมทดลองการทำงานโมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) เขียนโปรแกรมในรูปที่ 4.35 ลงในช่องรับข้อความของโปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software

8) เลือกแปลงโปรแกรม

9) เลือกติดต่อฮาร์ดแวร์

10) ใช้คำสั่ง J 8000 เพื่อเป็นการสั่งโปรแกรมให้ทำงาน

11) สังเกตการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์

ผลการทดลอง

จากการทดลองเมื่อทำการเขียนโปรแกรม และสั่งให้โปรแกรมทำงานพบว่าสเต็ปปิ้งมอเตอร์หมุน และที่ไดโอดเปล่งแสงแสดงเฟสของมอเตอร์มีการเปลี่ยนแปลงตลอด คือ ไดโอดเปล่งแสงติดเรียงลำดับกัน ซึ่งส่งผลให้สเต็ปปิ้งมอเตอร์หมุน ดังนั้นเมื่อสเต็ปปิ้งมอเตอร์สามารถหมุนได้ตรงตามโปรแกรมที่เขียนควบคุม จึงสรุปได้ว่าโมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์สามารถใช้งานได้

4.2.19 การทดลองใช้งานโมดูลบัชเซอร์ ลำโพง และอาร์ทีซี

โมดูลบัชเซอร์ ลำโพง และอาร์ทีซี เป็นโมดูลที่รวมอุปกรณ์การทดลองที่ไม่ใช้การแสดงผลในการทดลองไว้ในโมดูลเดียวกัน โดยส่วนหนึ่งเป็นการทดลองทางเสียง และการอ้างอิงฐานเวลา ดังนั้น โมดูลนี้ จึงออกแบบให้โมดูลอื่นสามารถซ้อนเพื่อทำงานได้ สำหรับการทดลองจะต่อโมดูลบัชเซอร์ ลำโพง และอาร์ทีซี เข้ากับอินเตอร์เฟสเอด้านขวา และเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของบัชเซอร์ให้ผลิตเสียงเป็นจังหวะ โดยหากบัชเซอร์สามารถทำงานได้ตามที่เขียนโปรแกรมควบคุมไว้ แสดงว่า โมดูลบัชเซอร์ ลำโพง และอาร์ทีซี สามารถใช้งานได้ ในส่วนลำโพง และอาร์ทีซี ไม่มีการทดลองในที่นี้เพราะ หากวงจรส่วนใดสามารถทำงานได้วงจรในส่วนอื่นของ โมดูลบัชเซอร์ ลำโพง และอาร์ทีซี สามารถทำงานได้เช่นกัน เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้

1) โมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์

2) โมดูลหน่วยความจำถาวร

3) โมดูลหน่วยความจำชั่วคราว

4) โมดูลแลตช์

5) โมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

6) โมดูลแหล่งจ่ายไฟ

7) โมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ

8) โมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต

9) โมดูล 8255A

10) โมดูล 8255C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11) โมดูลบัซเซอร์ ลำโพง และอาร์ทีซี

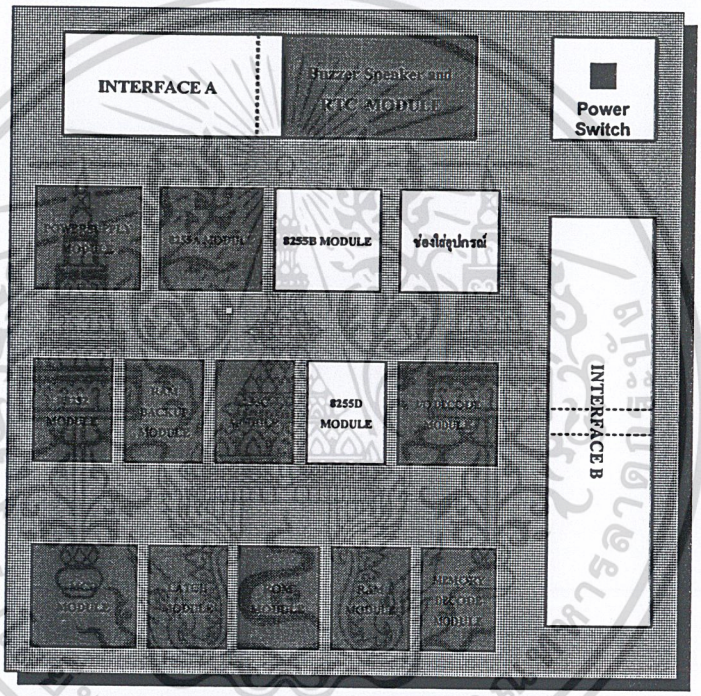
12) ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

13) คอมพิวเตอร์

14) สายสัญญาณเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ลำดับขั้นการทดลองใช้งานโมดูลบัซเซอร์ ลำโพง และอาร์ทีซี

1) ต่อโมดูลต่างๆ เข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ตามตำแหน่งของโมดูลนั้น และต่อโมดูลบัซเซอร์ ลำโพง และอาร์ทีซี เข้ากับช่องอินเตอร์เฟสเอด้านขวา ดังรูปที่ 4.36



รูปที่ 4.36 การต่อโมดูลเข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เพื่อทำการทดลองโมดูลบัซเซอร์ ลำโพง และอาร์ทีซี

2) ทำการเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับคอมพิวเตอร์

3) เลือกการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำงานกับหน่วยความจำภายนอก

4) เปิดสวิตช์ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

5) เรียกใช้โปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software

6) เขียนโปรแกรมทดลองการทำงานของโมดูลบัซเซอร์ ลำโพง และอาร์ทีซี ดังรูปที่ 4.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PORT_A      EQU     0FC00H
PORT_B      EQU     PORT_A+1
PORT_C      EQU     PORT_A+2
C_PORT      EQU     PORT_A+3
PORT_AA     EQU     0F800H
PORT_BB     EQU     PORT_AA+1
PORT_CC     EQU     PORT_AA+2
CC_PORT     EQU     PORT_AA+3

            ORG     8000H
INIT:       MOV     DPTR,#C_PORT
            MOV     A,#80H
            MOVX    @DPTR,A
            MOV     DPTR,#CC_PORT
            MOV     A,#80H
            MOVX    @DPTR,A
            MOV     DPTR,#PORT_BB
            MOV     A,#0FEH
            MOVX    @DPTR,A

START:      MOV     DPTR,#PORT_B
            CLR     A
LOOP:       MOVX    @DPTR,A
            ACALL   DELAY
            CPL     ACC.0
            SJMP    LOOP

DELAY:      MOV     R6,#0FFH
DELAY1:     MOV     R7,#0FFH
            DJNZ    R7,$
            DJNZ    R6,DELAY1
            RET

            END
```

รูปที่ 4.37 โปรแกรมทดลองการทำงานโมดูลบัซเซอร์ ลำโพง และอาร์ทีซี

7. เขียนโปรแกรมในรูปที่ 4.37 ลงในช่องรับข้อความของโปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software

8. เลือกแปลงโปรแกรม

9. เลือกติดต่อฮาร์ดแวร์

10. ใช้คำสั่ง J 8000 เพื่อเป็นการสั่งโปรแกรมให้ทำงาน

11. สังเกตเสียงที่โมดูลบัซเซอร์ ลำโพง และอาร์ทีซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

จากการทดลองเมื่อทำการเขียนโปรแกรม และสั่งให้โปรแกรมทำงานพบว่าโมดูลบัซเซอร์ ลำโพง และอาร์ทีซี สร้างเสียงออกมาเป็นจังหวะๆ ซึ่งตรงกับโปรแกรมที่เขียนขึ้นเพื่อควบคุมการทำงานของโมดูลบัซเซอร์ ลำโพง และอาร์ทีซี ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าโมดูลบัซเซอร์ ลำโพง และอาร์ทีซี สามารถทำงานได้

4.2.20 การทดลองใช้งานโมดูลแป้นพิมพ์

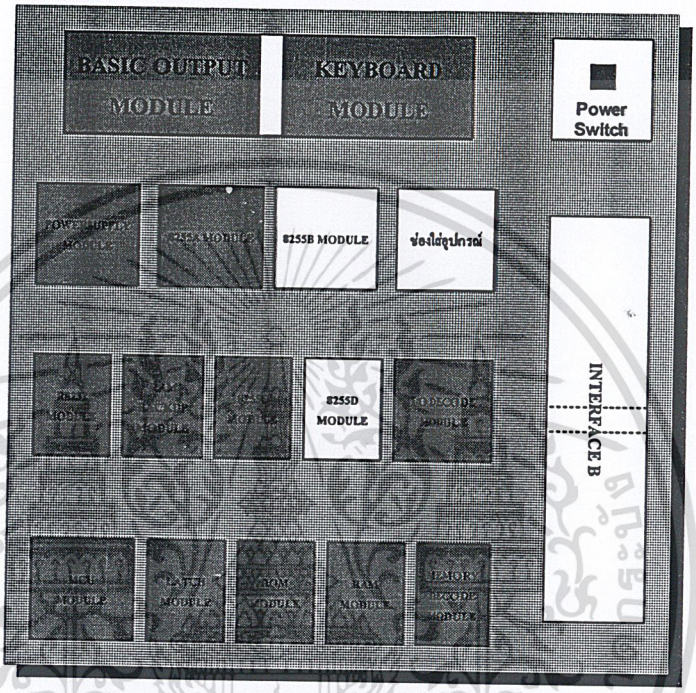
โมดูลแป้นพิมพ์เป็นโมดูลที่ใช้แป้นพิมพ์ขนาด 4 x 6 หลักในการใช้งาน การใช้งานจะใช้การตรวจสอบแถว และหลักของแป้นพิมพ์เพื่อบ่งชี้ว่าขณะนี้การกดคีย์เป็นคีย์ใด การใช้งานจะใช้งานควบคู่กับไมโครคอนคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยผ่านพอร์ตของอุปกรณ์ 8255 ในส่วนการทดลองจะต่อ โมดูลแป้นพิมพ์เข้ากับอินเตอร์เฟสเอด้านขวา และต่อโมดูลเบสิกเอาต์พุตเข้ากับอินเตอร์เฟสเอด้านซ้าย การเขียนโปรแกรมทดลองการทำงานจะเขียนโปรแกรมทำการตรวจสอบการกดปุ่มที่แป้นพิมพ์ โดยเมื่อมีการกดปุ่มจะให้โมดูลเบสิกเอาต์พุตทำการแสดงรหัสของปุ่มนั้น โดยหากโมดูลคีย์บอร์ดสามารถทำงานได้ตามที่เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานไว้ แสดงว่าโมดูลแป้นพิมพ์สามารถใช้งานได้ โดยเครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้

1) โมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์
2) โมดูลหน่วยความจำถาวร
3) โมดูลหน่วยความจำชั่วคราว
4) โมดูลแลตช์
5) โมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม
6) โมดูลแหล่งจ่ายไฟ
7) โมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ
8) โมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต
9) โมดูล 8255A
10) โมดูล 8255C
11) โมดูลแป้นพิมพ์
12) โมดูลเบสิกเอาต์พุต
13) ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51
14) คอมพิวเตอร์
15) สายสัญญาณเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับขั้นการทดลองใช้งานโมดูลแป้นพิมพ์

1) ต่อโมดูลต่างๆ เข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ตามตำแหน่งของโมดูลนั้น ต่อโมดูลแป้นพิมพ์เข้ากับช่องอินเตอร์เฟสเอด้านขวา และต่อโมดูลเบสิกเอาต์พุตเข้ากับช่องอินเตอร์เฟสเอด้านซ้าย ดังรูปที่ 4.38



รูปที่ 4.38 การต่อโมดูลเข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เพื่อทำการทดลองโมดูลแป้นพิมพ์

2) ทำการเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับคอมพิวเตอร์

3) เลือกการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำงานกับหน่วยความจำภายนอก

4) เปิดสวิตช์ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

5) เรียกใช้โปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software

6) เขียนโปรแกรมทดลองการทำงานของโมดูลคีย์บอร์ด ดังรูปที่ 4.39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PORT_A    EQU    0FC00H
PORT_B    EQU    PORT_A+1
PORT_C    EQU    PORT_A+2
C_PORT    EQU    PORT_A+3
PORT_AA   EQU    0F800H
PORT_BB   EQU    PORT_AA+1
PORT_CC   EQU    PORT_AA+2
CC_PORT   EQU    PORT_AA+3

          ORG    8000H
INIT:     MOV    DPTR,#C_PORT
          MOV    A,#82H
          MOVX   @DPTR,A
          MOV    DPTR,#CC_PORT
          MOV    A,#80H
          MOVX   @DPTR,A
          MOV    DPTR,#PORT_AA
          MOV    A,#0FEH
          MOVX   @DPTR,A
          MOV    DPTR,#PORT_BB
          MOV    A,#0FEH
          MOVX   @DPTR,A
          MOV    DPTR,#PORT_CC
          MOV    A,#0FEH
          MOVX   @DPTR,A

START:    MOV    R0,#30H
          MOV    R1,#31H
LOOP:     ACALL  SCANKEY
          MOV    DPTR,#PORT_A
          MOVX   @DPTR,A
          SJMP   LOOP
SCANKEY:  MOV    DPTR,#PORT_C
          MOV    R6,#0FEH
          MOV    R7,#06H
SCAN1:    MOV    A,R6
          MOVX   @DPTR,A
          SETB   C
          RLC    A
          MOV    R6,A
          MOV    DPTR,#PORT_B
          MOVX   A,@DPTR
          ANL    A,#00001111B
          CJNE   A,#00001111B,SCAN2
          DJNZ   R7,SCAN1
          SJMP   SCANKEY
SCAN2:    MOV    @R1,A
          MOV    A,R6
          RR     A
          MOV    @R0,A
          MOV    A,@R1
          SWAP   A
          XCHD   A,@R0
          RET

          END
```

รูปที่ 4.39 โปรแกรมทดลองการทำงานโมดูลแป้นพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) เขียนโปรแกรมในรูปที่ 4.39 ลงในช่องรับข้อความของโปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software

8) เลือกแปลงโปรแกรม

9) เลือกติดต่อฮาร์ดแวร์

10) ใช้คำสั่ง J 8000 เพื่อเป็นการสั่งโปรแกรมให้ทำงาน

11) สังเกตโมดูลเบสิกเอาต์พุตเมื่อมีการกดปุ่มที่แป้นพิมพ์

ผลการทดลอง

จากการทดลองเมื่อทำการโหลดโปรแกรมที่เขียนขึ้นลงในโมดูลหน่วยความจำชั่วคราว และสั่งให้โปรแกรมทำงาน หลังจากนั้นทำการทดลองกดปุ่มที่แป้นพิมพ์พบว่าเมื่อกดปุ่มหลอดไดโอดเปล่งแสงในโมดูลเบสิกเอาต์พุตจะติดสว่างตรงตามรหัสของตำแหน่งแป้นพิมพ์นั้น และเมื่อกดปุ่มแป้นพิมพ์ในปุ่มอื่น การแสดงผลที่โมดูลเบสิกเอาต์พุตจะแสดงรหัสตรงตามตำแหน่งของปุ่มที่ถูกกด เป็นการแสดงว่าโมดูลคีย์บอร์ดสามารถใช้งานได้

4.2.21 โมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์

โมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์ ใช้แอลซีดีกราฟิกส์ขนาด 240 x 64 จุด เป็นชุดทดลอง โดยการใช้งานจะใช้การเขียนโปรแกรมควบคุมการแสดงผลของจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์ผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สำหรับการทดลองจะต่อโมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์เข้ากับส่วนอินเตอร์เฟสเอ และเขียนโปรแกรมควบคุมการแสดงผลให้จอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์แสดงผลในโหมดตัวอักษร และโหมดกราฟิกส์สลับกัน โดยหากโมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์สามารถทำงานได้ตามโปรแกรมที่เขียนขึ้น แสดงว่าโมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์สามารถทำงานได้ สำหรับเครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้

1) โมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์

2) โมดูลหน่วยความจำถาวร

3) โมดูลหน่วยความจำชั่วคราว

4) โมดูลแลตช์

5) โมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

6) โมดูลแหล่งจ่ายไฟ

7) โมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ

8) โมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต

9) โมดูล 8255A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10) โมดูล 8255C

11) โมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์

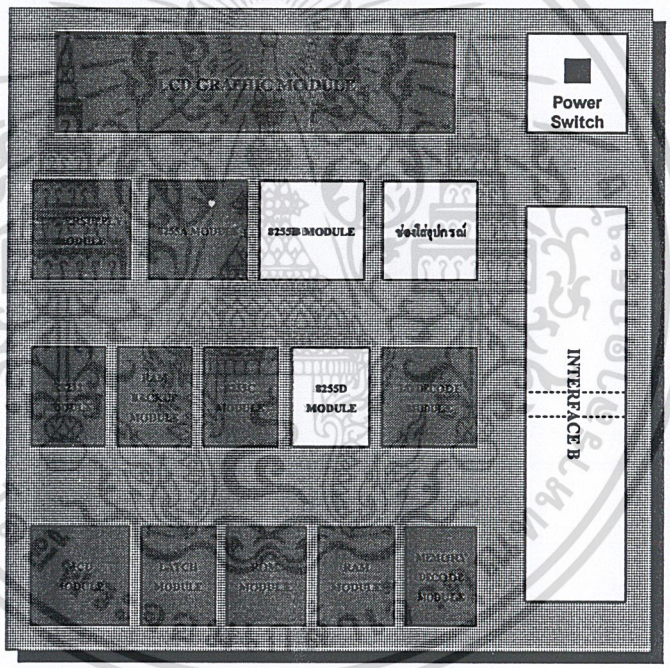
12) ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

13) คอมพิวเตอร์

14) สายสัญญาณเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ลำดับขั้นการทดลองใช้งานโมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์

1) ต่อโมดูลต่างๆ เข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ตามตำแหน่งของโมดูลนั้น และต่อโมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์เข้าในส่วนอินเตอร์เฟสเอ ดังรูปที่ 4.40



รูปที่ 4.40 การต่อโมดูลเข้ากับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เพื่อทำการทดลองโมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์

2) ทำการเชื่อมต่อชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับคอมพิวเตอร์

3) เลือกการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำงานกับหน่วยความจำภายนอก

4) เปิดสวิตช์ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

5) เรียกใช้โปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) เขียนโปรแกรมทดลองการทำงานของโมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟฟิค ดังรูปที่ 4.40

```
;THIS PROGRAM FOR TEST GRAPHIC LCD

HIADD       EQU         30H
LOADD       EQU         31H
TEMP        EQU         32H
LINE        EQU         33H
LOBUF       EQU         34H
HIBUF       EQU         35H
COL         EQU         36H
RESULT      EQU         37H
BUF1        EQU         22H
BUF2        EQU         23H
BASE0       EQU         0000H
BASE1       EQU         BASE0+40
BASE2       EQU         BASE0+80
BASE3       EQU         BASE0+120
BASE4       EQU         BASE0+160
BASE5       EQU         BASE0+20
PORT_A      EQU         0FC00H
PORT_B      EQU         PORT_A+1
PORT_C      EQU         PORT_A+2
C_PORT      EQU         PORT_A+3
PORT_AA     EQU         0F800H
PORT_BB     EQU         PORT_AA+1
PORT_CC     EQU         PORT_AA+2
CC_PORT     EQU         PORT_AA+3

            ORG         8000H
MAIN:       LCALL       8255
            LCALL       INITG           ;Initial GRAPHIC MODE
            LCALL       DOFF            ;DISPLAY  OFF
            LCALL       CGM             ;Clear graphic display
            MOV         R5,#10
            MOV         R6,#7
            MOV         DPTR,#PATG1
            LCALL       PUT              ;Put pattern
            INC         COL
            LCALL       DON              ;DISPLAY ON
            LCALL       DEL              ;delay
            LCALL       INITC           ;swap mode to character mode
            LCALL       CCM              ;Clear character display
            MOV         DPTR,#BASE0
            LCALL       SCP
            MOV         DPTR,#TABSTR1
            LCALL       WRST              ;write string
            MOV         DPTR,#BASE1
            LCALL       SCP
            MOV         DPTR,#TABSTR2
            LCALL       WRST
            MOV         DPTR,#BASE2
            LCALL       SCP
```

รปที่ 4.41 โปรแกรมทดลองการทำงานโมดลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            MOV         DPTR,#TABSTR3
            LCALL       WRST
            MOV         DPTR,#BASE3
            LCALL       SCP
            MOV         DPTR,#TABSTR4
            LCALL       WRST
            MOV         DPTR,#BASE4
            LCALL       SCP
            MOV         DPTR,#TABSTR5
            LCALL       WRST
            LCALL       DEL
            LJMP        MAIN            ;goto main
;*************************************
; INITIAL CONTROL WORD 8255
;*************************************
8255:       MOV         DPTR,#C_PORT
            MOV         A,#80H
            MOVX        @DPTR,A
            MOV         DPTR,#CC_PORT
            MOV         A,#80H
            MOVX        @DPTR,A
            MOV         DPTR,#PORT_AA
            MOV         A,#0FEH
            MOVX        @DPTR,A
            MOV         DPTR,#PORT_BB
            MOV         A,#0FEH
            MOVX        @DPTR,A
            RET
;*************************************
; CLEAR DISPLAY (BLANK DISPLAY)
;*************************************
CGM:        MOV         DPTR,#0000
            LCALL       SCP
            MOV         LOADD,#0
            MOV         R6,#64          ;64 LINES
LL:         MOV         R0,#0CH
            MOV         R1,#0FFH
            LCALL       WRI
            MOV         A,LOADD
            ADD         A,#1
            MOV         LOADD,A
            CJNE        A,#30,LL        ;30 BYTES PER LINE
            MOV         LOADD,#00
            DJNZ        R6,LL
            RET
;*************************************
;PUT ONE LINE
;INPUT :DPTR
;*************************************
PPT:        MOV         R4,#5
```

รูปที่ 4.41 (ต่อ) โปรแกรมทดลองการทำงานโมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PP1:        MOV         A,#0
            MOVC        A,@A+DPTR
            ACALL       ROT
            MOV         R1,A
            ACALL       WRCHR
            INC         DPTR
            DJNZ        R4,PP1
            RET
;*************************************
;ROTATE
;INPUT  :A
;OUTPUT :BUF1
;*************************************
ROT:        MOV         BUF1,#0
            RLC         A
            MOV         BUF1.0,C
            RLC         A
            MOV         BUF1.1,C
            RLC         A
            MOV         BUF1.2,C
            RLC         A
            MOV         BUF1.3,C
            RLC         A
            MOV         BUF1.4,C
            RLC         A
            MOV         BUF1.5,C
            RLC         A
            MOV         BUF1.6,C
            RLC         A
            MOV         BUF1.7,C
            MOV         A,BUF1
            RET
;*************************************
;PUT PATTERN
;INPUT :R5   = LINE
;      :R6   = COL
;      :DPTR = PATTERN
;*************************************
PUT:        MOV         R3,#40
            MOV         LINE,R5                 ;START LINE 0-63
            MOV         COL,R6
            MOV         LOBUF,DPL
            MOV         HIBUF,DPH
PUT1:       MOV         A,LINE
            MOV         B,#30
            MUL         AB
            CLR         CY
            ADD         A,COL
            JNC         NN
            INC         B
NN:         MOV         DPL,A
            MOV         DPH,B
            LCALL       SCP
```

รูปที่ 4.41 (ต่อ) โปรแกรมทดลองการทำงานโมดูลขอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            MOV         DPL,LOBUF
            MOV         DPH,HIBUF
            LCALL       PPT
            MOV         A,LOBUF
            CLR         CY
            ADD         A,#5
            JNC         PUT2
            MOV         LOBUF,#00
            INC         HIBUF
PUT2:       MOV         LOBUF,A
            INC         LINE
            DJNZ        R3,PUT1
            RET
;*************************************
; CLEAR DISPLAY (BLANK DISPLAY)
;*************************************
CCM:        MOV         DPTR,#0000H
            LCALL       SCP
            MOV         R7,#240         ;240 CHARACTERS
CCM1:       MOV         R1,#20H         ;SEND ASCII BLANK 20H
            LCALL       WRCHR
            DJNZ        R7,CCM1
            RET
;*************************************
; INTITIAL GRAPHIC LCD DISPLAY 240 X 64
;*************************************
INITG:      MOV         R0,#00H
            MOV         R1,#00110010B
            LCALL       WRI
            MOV         R0,#01H
            MOV         R1,#07H             ;8 BITS(Dots) / BETYS
            LCALL       WRI
            MOV         R0,#02H
            MOV         R1,#29          ;30 BYTES(30 Dots/BYTE) / LINE
            LCALL       WRI
            MOV         R0,#03H
            MOV         R1,#63          ;DISPLAY DUTY = 1/65
                                        ;or VER. SCAN 65 DOT.
            LCALL       WRI
            LCALL       STADD
            RET
;*************************************
; INTITIAL CHAR MODE
;*************************************
INITC:      MOV         R0,#00H
            MOV         R1,#00111100B ;CHARACTER MODE ,CURSOR BLINK
            LCALL       WRI
            MOV         R0,#01H
            MOV         R1,#0A5H  ;Vert. Pitch = 1, Horz. Pitch = 1
```

รูปที่ 4.41 (ต่อ) โปรแกรมทดลองการทำงานโมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            LCALL       WRI
            MOV         R0,#02H
            MOV         R1,#39              ;40 CHAR / LINE
            LCALL       WRI
            MOV         R0,#03H
            MOV         R1,#63              ;DISPLAY DUTY = 1/65
                                        ;or SCAN 65 DOT VERT.
            LCALL       WRI
            MOV         R0,#04H
            MOV         R1,#08H             ;CURSOR POSITION = 9
            LCALL       WRI
            MOV         DPTR,#0000H         ;CURSOR START AT 0000H
            LCALL       STADD
            RET
;*************************************
; SET CURSOR ADDRESS
; INPUT :DPTR
;*************************************
SCP:        MOV         R0,#0AH         ;LOWER ADDRESS OF CURSOR
            MOV         R1,DPL
            LCALL       WRI
            MOV         R0,#0BH         ;UPPER ADDRESS OF CURSOR
            MOV         R1,DPH
            LCALL       WRI
            RET
;*********************************
; WRITE ONE CHARACTOR
; INPUT :R1
;*********************************
WRCHR:      MOV         R0,#0CH             ;WRITE CHRARACTER
            LCALL       WRI
            RET
;*********************************
; WRITE STRING
; INPUT :DPTR
;*********************************
WRST:       MOV         A,#00H
            MOVC        A,@A+DPTR
            INC         DPTR
            CJNE        A,#00H,NEXT
            SJMP        OUT
NEXT:       MOV         R1,A
            LCALL       WRCHR
            SJMP        WRST
OUT:        RET
;*********************************
; SET START ADDRESS FOR DISPLAY
; INPUT : DPTR
;*********************************
STADD:      MOV         R0,#08H
            MOV         R1,#00H         ;LOWER START ADDRESS
            LCALL       WRI
            MOV         R0,#09H
```

รูปที่ 4.41 (ต่อ) โปรแกรมทดลองการทำงานโมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            MOV         R1,#00H         ;UPPER START ADDRESS
            LCALL       WRI
            RET
;*******************************
; WRITE INSTRUCTION AND DATA
; INPUT : R0 ==> INSTRUCTION
;         R1 ==> DATA
;*******************************
WRI:        PUSH        DPL
            PUSH        DPH
            LCALL       RDF
            ACALL       WR_INS          ;WRITE INSTRUCTION
            ACALL       WR_DA           ;WRITE DATA
            POP         DPH
            POP         DPL
            RET
;*******************************
; CONTROL INSTRUCTION AND DATA
;*******************************
WR_INS:     MOV         DPTR,#PORT_B
            CLR         ACC.0           ; write data (R/W)
            SETB        ACC.1           ; instruction reg. (RS)
            SETB        ACC.2           ; eanble strobe (E)
            CLR         ACC.3           ; CHIP SELECT (CS)
            PUSH        ACC
            MOVX        @DPTR,A         ; write commnad
            MOV         DPTR,#PORT_A
            MOV         A,R0
            MOVX        @DPTR,A
            MOV         DPTR,#PORT_B
            POP         ACC
            CLR         ACC.2           ; disable LCD
            MOVX        @DPTR,A
            RET

WR_DA:      MOV         DPTR,#PORT_B
            CLR         ACC.0           ; write data (R/W)
            CLR         ACC.1         ; instruction reg. (RS)
            SETB        ACC.2           ; eanble strobe (E)
            CLR         ACC.3           ; CHIP SELECT (CS)
            PUSH        ACC
            MOVX        @DPTR,A         ; write data
            MOV         DPTR,#PORT_A
            MOV         A,R1
            MOVX        @DPTR,A
            MOV         DPTR,#PORT_B
            POP         ACC
            CLR         ACC.2           ; disable LCD
            MOVX        @DPTR,A
            RET
```

รูปที่ 4.41 (ต่อ) โปรแกรมทดลองการทำงานโมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*******************************
;READ BUSY FLAG
;*******************************
RDF:        MOV         DPTR,#PORT_B
            SETB        ACC.0           ; write data (R/W)
            SETB        ACC.1           ; instruction reg. (RS)
            SETB        ACC.2           ; eanble strobe (E)
            CLR         ACC.3           ; CHIP SELECT (CS)
            PUSH        ACC
            MOVX        @DPTR,A
            MOV         DPTR,#PORT_A
DF:         MOVX        A,@DPTR
            JB          ACC.7,DF
            POP         ACC
            CLR         ACC.2           ; disable LCD
            MOVX        @DPTR,A
            RET
;*******************************
;DISPLAY OFF
;*******************************
DOFF:       MOV         R0,#00H         ;instruction 1 :CODE 00H
            MOV         R1,#00010010B   ;display off
            LCALL       WRI
            RET
;*******************************
;DISPLAY ON
;*******************************
DON:        MOV         R0,#00H         ;instruction 1 :CODE 00H
            MOV         R1,#00110010B   ;display off
            LCALL       WRI
            RET
;*******************************
;DELAY 1
;*******************************
DELAY:      MOV         R2,#00H
AAS:        MOV         R3,#0H
            DJNZ        R3,$
            DJNZ        R2,AAS
            RET
;*******************************
;DELAY 2
;*******************************
DEL:        MOV         R4,#10
DEL1:       ACALL       DELAY
            DJNZ        R4,DEL1
            RET
;*******************************
TABSTR1:    DB      "LCD GRAPHIC  MODULE",00H
TABSTR2:    DB      "240 X 64 Dots",00H
TABSTR3:    DB      "With LED BACKLIGHT",00H
TABSTR4:    DB      "THIS IS CHARACTER MODE",00H
TABSTR5:    DB      "KMIT'L--ED.ENGINEER--ELEC & COM",00H
```

รูปที่ 4.41 (ต่อ) โปรแกรมทดลองการทำงานโมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*****************************************************************
PATG1:      DB    0001000B,00000000B,00000000B,00000000B,00000000B
            DB    0011100B,00000000B,00000000B,00000000B,00000000B
            DB    0111110B,00000000B,00000000B,00000000B,00000000B
            DB    01111111B,00000000B,00000000B,00000000B,00000000B
            DB    00011100B,00000000B,00000000B,00000000B,00000000B
            DB    11111100B,00000000B,00000000B,00000000B,00000000B
            DB    00011100B,00000000B,00000000B,00000000B,00000000B
            DB    00011100B,00000000B,00000000B,00000000B,00000000B
            DB    00011100B,00000000B,00000000B,00000000B,00000000B
            DB    00011100B,00000000B,00000000B,00000000B,00000000B
            DB    00011100B,00000000B,00000000B,00000000B,00000000B
            DB    00011100B,00000000B,00000000B,00000000B,00000000B
            DB    00011100B,00000000B,00000000B,00000000B,00000000B
            DB    00011100B,00000000B,00000000B,00000000B,00000000B
            DB    11111100B,00000000B,00000000B,00000000B,00000000B
            DB    00011100B,00000000B,00000000B,00000000B,00000000B
            DB    00011100B,00000000B,00000000B,00001000B,00000000B
            DB    00011100B,00000000B,00000000B,01100011B,00000000B
            DB    00011100B,00000000B,00000011B,00000000B,00000001B
            DB    00011100B,00000000B,00000000B,00000000B,11000110B
            DB    00011100B,00000000B,00000000B,00000000B,00011000B
            DB    00011110B,00000000B,00011000B,00000000B,00000000B
            DB    00011101B,00000000B,00110000B,00000000B,00000000B
            DB    00011100B,10000000B,11000000B,00000000B,00000000B
            DB    11111100B,00010000B,11000000B,00000000B,00000000B
            DB    00011100B,00000110B,00000000B,00000000B,00000000B
            DB    0011100B,00000000B,00000000B,00000000B,00000000B
            DB    00011100B,00000000B,00000000B,00000000B,00000000B
            DB    00011100B,00000000B,00000000B,00000000B,00000000B
            DB    00011100B,00000000B,00000000B,00000000B,00000000B
            DB    00011100B,00000000B,00000000B,00000000B,00001000B
            DB    00011100B,00000000B,00000000B,00000000B,00001100B
            DB    00011111B,11111111B,11111111B,11111111B,11111110B
            DB    00011111B,11111111B,11111111B,11111111B,11111111B
            DB    00011111B,11111111B,11111111B,11111111B,11111110B
            DB    00000000B,00000000B,11000000B,00000011B,00001100B
            DB    00000000B,00000000B,11000000B,00000011B,00001000B
            DB    00000000B,00000000B,11000000B,00000011B,00000000B
;*****************************************************************
            END
```

รูปที่ 4.41 (ต่อ) โปรแกรมทดลองการทำงานโมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์

7) เขียนโปรแกรมในรูปที่ 4.41 ลงในช่องรับข้อความของโปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software

8. เลือกแปลงโปรแกรม

9. เลือกการติดต่อฮาร์ดแวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. ใช้คำสั่ง J 8000 เพื่อเป็นการสั่งโปรแกรมให้ทำงาน

11. สังเกตการแสดงผลที่โมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์

ผลการทดลอง

จากการทดลองเมื่อทำการเขียนโปรแกรม และสั่งให้โปรแกรมทำงานพบว่าที่หน้าจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟฟิคมีการแสดงข้อความสลับกับการแสดงภาพกราฟฟิค โดยการแสดงจะสลับการแสดงกันไป ซึ่งตรงกับโปรแกรมทดลองที่เขียนขึ้น ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าโมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์สามารถทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา

5.1 บทสรุป

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการนำเสนอชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ที่จัดทำขึ้นจากการศึกษาทฤษฎีและหลักการของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในการควบคุมการทำงานของฮาร์ดแวร์ต่างๆ ซึ่งได้รวบรวมวงจรการทดลองหลายๆ วงจรไว้อย่างเพียงพอสำหรับทำการทดลองเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และการพัฒนาโปรแกรมสามารถทำได้ด้วยซอต์ฟแวร์ที่สร้างขึ้นสำหรับใช้งานร่วมกับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 นี้โดยเฉพาะ ตัวซอต์ฟแวร์สามารถใช้งานได้ง่าย และสะดวกเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษาไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ดังนั้นในการจัดทำชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จึงมีขอบเขตของโครงงานดังนี้

5.1.1 โมดูลหลักของชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

1) โมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์
2) โมดูลรอม
3) โมดูลแรม
4) โมดูลแลตช์
5) โมดูลแหล่งจ่ายไฟฟ้า
6) โมดูลสำรองไฟเลี้ยงหน่วยความจำประเภทแรม
7) โมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ
8) โมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต
9) โมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม
10) โมดูล8255A
11) โมดูล8255B
12) โมดูล8255C
13) โมดูล8255D

5.1.2 โมดูลอินเตอร์เฟส

1) โมดูลบัชเซอร์ ลำโพง และ RTC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) โมดูลดีซีมอเตอร์

3) โมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์

4) โมดูลเบสิกอินพุต

5) โมดูลเบสิกเอาต์พุต

6) โมดูลคีย์บอร์ด

7) โมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์

8) โมดูลโฟโต้บอร์ด

9) โมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์

10) โมดูลแสดงส่วนแสดงผล 7 ส่วน

5.1.3 ใบงานการทดลอง

ใบงานที่ 1 การโปรแกรม 8255

ใบงานที่ 2 การเขียนโปรแกรมหน่วงเวลาสำหรับ MCS-51

ใบงานที่ 3 การเขียนโปรแกรมใช้งาน 8255 ควบคุมโมดูลเบสิกเอาต์พุต

ใบงานที่ 4 การเขียนโปรแกรมใช้งาน 8255 เป็นอินพุต และเอาต์พุต ควบคุมโมดูลเบสิกอินพุต และโมดูลเบสิกเอาต์พุต

ใบงานที่ 5 การเขียนโปรแกรมใช้งาน 8255 ควบคุมโมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วน

ใบงานที่ 6 การเขียนโปรแกรมใช้งาน 8255 ควบคุมโมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์

ใบงานที่ 7 การเขียนโปรแกรมใช้งาน 8255 ควบคุมโมดูลคีย์บอร์ด และโมดูลแสดงผลแบบ 7 ส่วน

ใบงานที่ 8 การเขียนโปรแกรมใช้งาน 8255 ควบคุมโมดูลดีซีมอเตอร์

ใบงานที่ 9 การเขียนโปรแกรมใช้งาน 8255 ควบคุมโมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์

ใบงานที่ 10 การเขียนโปรแกรมใช้งาน 8255 ควบคุมบัซเซอร์

ใบงานที่ 11 การเขียนโปรแกรมใช้งาน 8255 ควบคุมลำโพง

ใบงานที่ 12 การเขียนโปรแกรมใช้งาน 8255 ควบคุมโมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์

5.1.4 โปรแกรมการใช้งาน

โปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software

อย่างไรก็ดีในการจัดทำชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 นี้ ได้ประสบปัญหาในการจัดทำหลายประการ จึงขอเสนอปัญหา และแนวทางแก้ไข้ที่น่าจะเป็นไปได้สำหรับการพัฒนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ปัญหา และแนวทางแก้ไข

5.2.1 ปัญหาทางด้านฮาร์ดแวร์

1) ปัญหา เนื่องจากการออกแบบวงจรในส่วนโมดูลหลักแบ่งการออกแบบเป็นส่วนย่อยๆ ตามหน้าที่ของอุปกรณ์นั้น ส่งผลให้ขนาดของโมดูลมีขนาดใหญ่มาก จึงส่งผลให้ขนาดของชุดอินเตอร์เฟสต้องมีขนาดใหญ่ตาม ส่งผลให้ชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เคลื่อนย้ายไม่สะดวก และมีโมดูลมากเกินไป

แนวทางแก้ไข รวมโมดูลหลักเป็นวงจรเดียวคือทำเป็นซิงเกิลบอร์ด

2) ปัญหา เนื่องจากคีย์บอร์ดมีขนาดใหญ่จะทำให้การออกแบบในส่วนโมดูลอินเตอร์เฟสจำเป็นต้องมีขนาดใหญ่ตามขนาดของคีย์บอร์ดส่งผลให้การใช้เนื้อที่ของแผ่นวงจรพิมพ์บางในโมดูลมีไม่เหมาะสมส่งผลให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการสร้างแผ่นวงจรพิมพ์

แนวทางแก้ไข เปลี่ยนขนาดของคีย์บอร์ดให้มีขนาดเล็กกว่าที่เป็นอยู่ หรือออกแบบคีย์บอร์ดใหม่ให้มีขนาดเล็กลง โดยออกแบบจากสวิตช์กดขนาดเล็ก หรือใช้สวิตช์ในรูปแบบอื่นที่มีขนาดเล็กกว่าที่เป็นอยู่ จะส่งผลให้ขนาดของโมดูลอินเตอร์เฟสทั้งหมดมีขนาดเล็กลง

5.2.2 ปัญหาทางด้านซอฟต์แวร์

1) ปัญหา การเขียนโปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software เพื่อใช้งานร่วมกับชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีความซับซ้อนทำให้การใช้งานในบางจุดอาจเกิดความผิดพลาดบ้าง

แนวทางแก้ไข ทดลองใช้งานโปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software หลายๆ ครั้งและหาจุดบกพร่องของโปรแกรมเพื่อทำการแก้ไขโปรแกรมรุ่นต่อไป

2) ปัญหา การใช้โปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software เพื่อการเขียนโปรแกรมไม่สามารถบอกได้ว่าการเขียนโปรแกรมผิดหรือไม่ ต้องทำการคอมไพล์เพียงอย่างเดียวเท่านั้น

แนวทางแก้ไข พัฒนาโปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software ในรุ่นต่อไปให้สามารถตรวจสอบโปรแกรมที่เขียนขึ้นได้

3) ปัญหา โปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software ใช้โปรแกรม SXA51 ทำการคอมไพล์โดยมีพาร์ทอยู่ที่ C:\sxa51 หากไม่มีโปรแกรมอยู่ในตำแหน่งที่กำหนดโปรแกรมจะเกิดความผิดพลาดขึ้น

แนวทางแก้ไข พัฒนาโปรแกรมในรุ่นต่อไปให้สามารถทำการคอมไพล์ได้ในตัวเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ปัญหา โปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software สร้างแฟ้มข้อมูลในไดร์ฟซีชื่อ Buf.txt และ Buffer.txt เพื่อใช้ในการทำงานของโปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software ดังนั้นหากใช้โปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software จึงไม่สามารถใช้งานแฟ้มข้อมูลชื่อ Buf.txt และ Buffer.txt ได้

แนวทางแก้ไข เนื่องจากแฟ้มทั้ง 2 แฟ้มสร้างขึ้นจากโปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software เพื่อให้การทำงานของโปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software ทำงานได้สมบูรณ์ดังนั้นหากต้องการใช้โปรแกรมนี้จะต้องไม่ใช้แฟ้ม Buf.txt และ Buffer.txt กับโปรแกรมอื่น

5.3 ข้อเสนอแนะ และแนวทางในการพัฒนา

1) รวมโมดูลหลักทั้ง 13 โมดูลเข้าเป็นโมดูลเดียวโดยออกแบบวงจรในส่วนโมดูลหลักใหม่เพื่อให้ขนาดของชุดฝึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีขนาดเล็กลงง่ายต่อการใช้งาน

2) เพิ่มจำนวนโมดูลอินเตอร์เฟสให้มีความหลากหลายมากขึ้น เพื่อทำให้สามารถทดลองการใช้งานได้หลากหลายส่งผลให้ มีความเข้าใจการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ได้มากยิ่งขึ้น

3) พัฒนาโปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software ให้สามารถทำการตรวจสอบการเขียนโปรแกรมในขณะการเขียนโปรแกรมได้ เพื่อให้การใช้งานโปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software เกิดความสะดวกมากยิ่งขึ้น

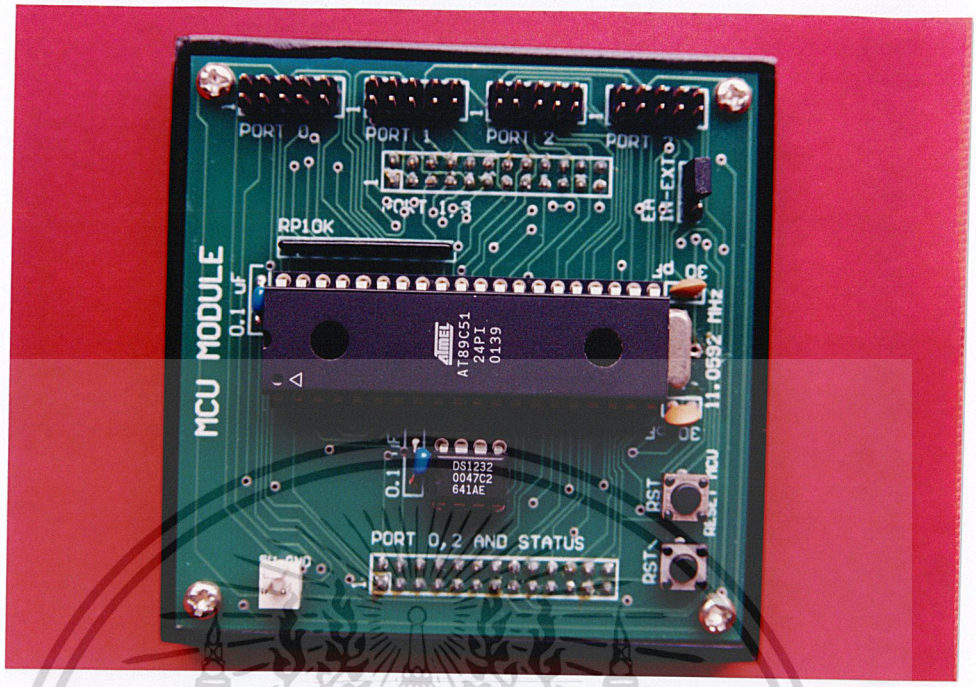
4) พัฒนาโปรแกรม PAUL Moniter ให้สามารถทำการตรวจสอบสถานะรีจิสเตอร์ภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และแสดงผลผ่านโปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software ได้ เพื่อทำให้การเรียนรู้การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีความเข้าใจมากยิ่งขึ้น

5) เพิ่มจำนวนใบงานการทดลองให้มีความหลากหลายในการทดลองมากขึ้น เพื่อทำให้ทักษะในการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น

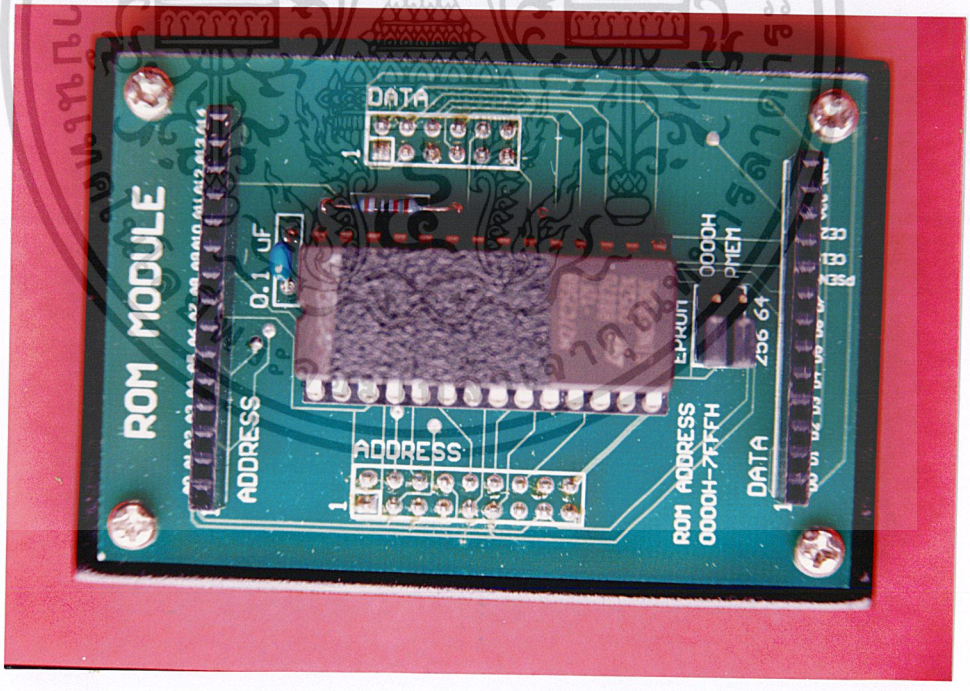
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
เครื่องต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

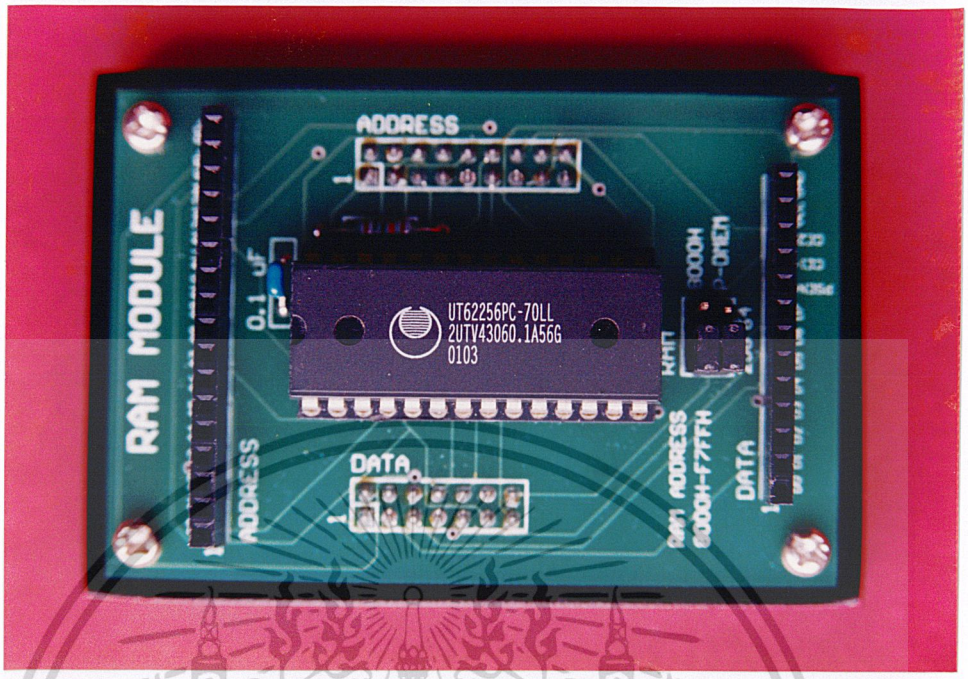


รูปที่ ก.1 เครื่องต้นแบบโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์

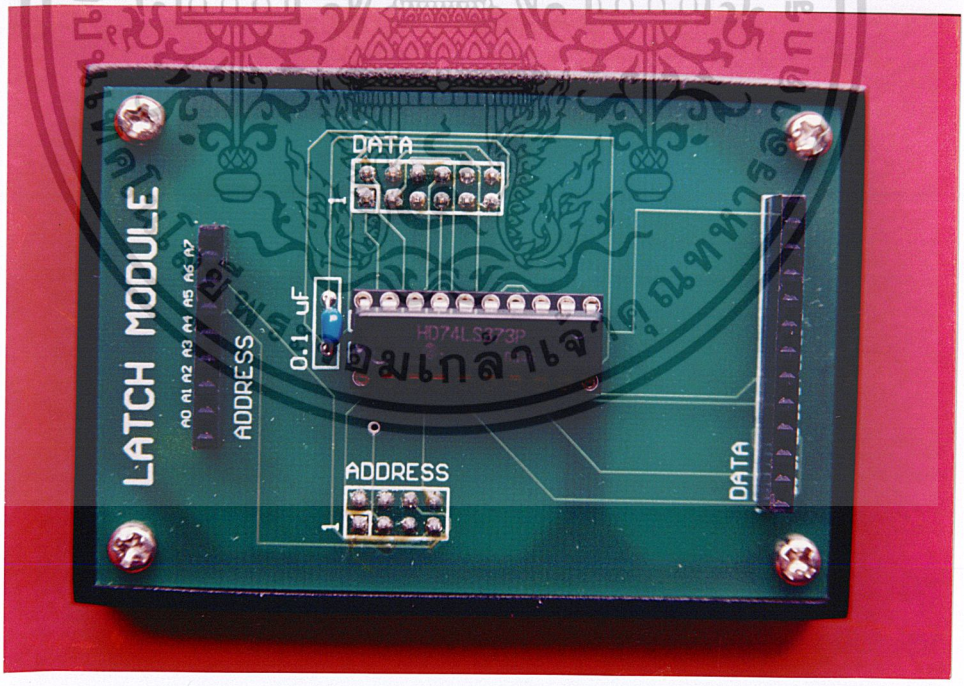


รูปที่ ก.2 เครื่องต้นแบบโมดูลหน่วยความจำถาวร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

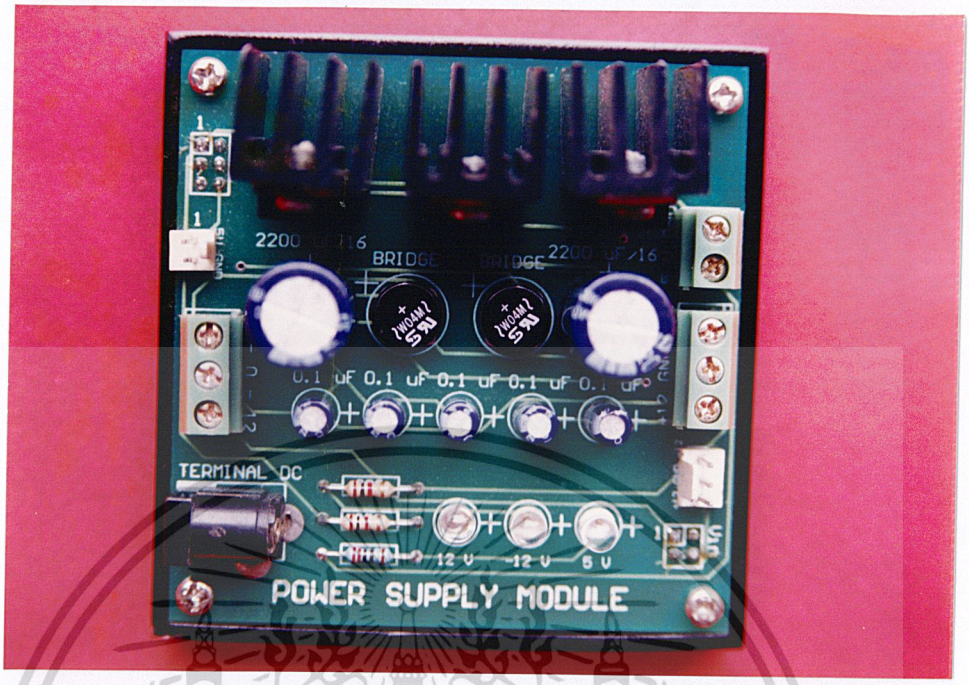


รูปที่ ก.3 เครื่องต้นแบบโมดูลหน่วยความจำชั่วคราว

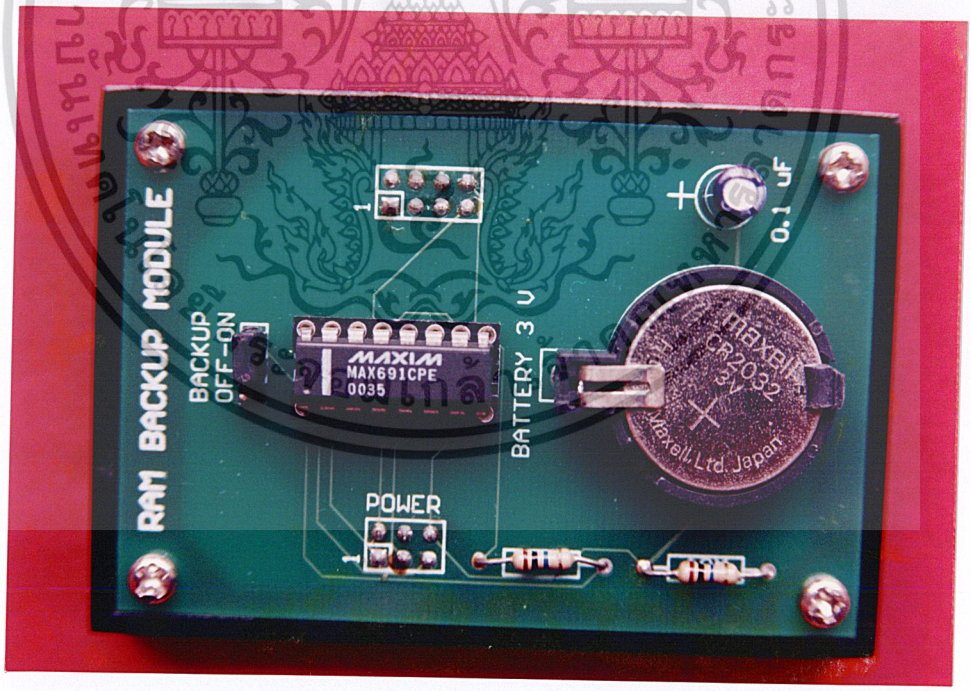


รูปที่ ก.4 เครื่องต้นแบบโมดูลแลตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

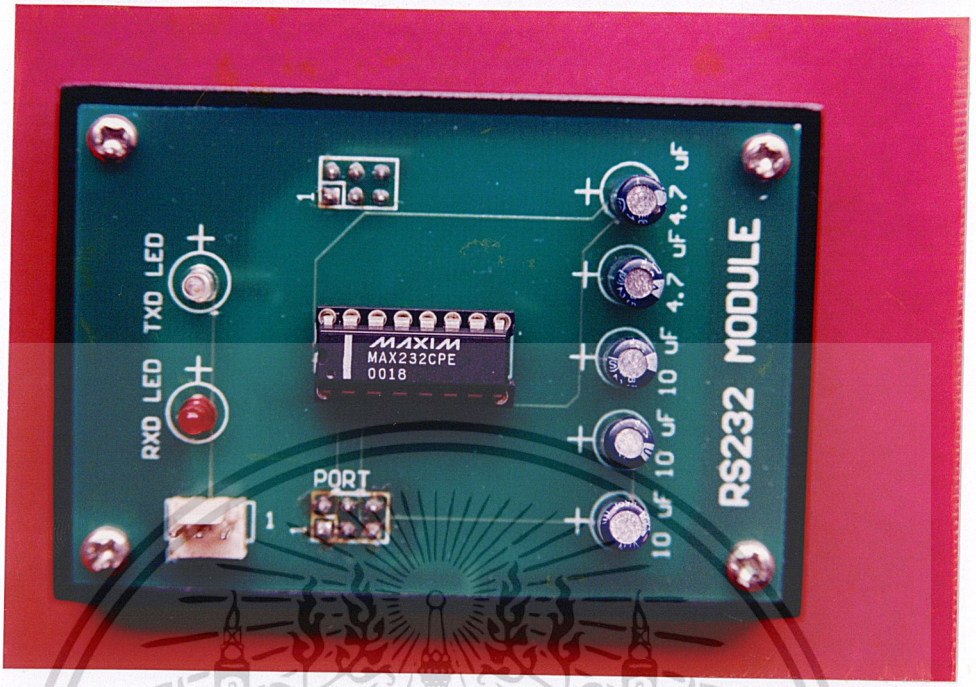


รูปที่ ก.5 เครื่องต้นแบบโมดูลแหล่งจ่ายไฟ

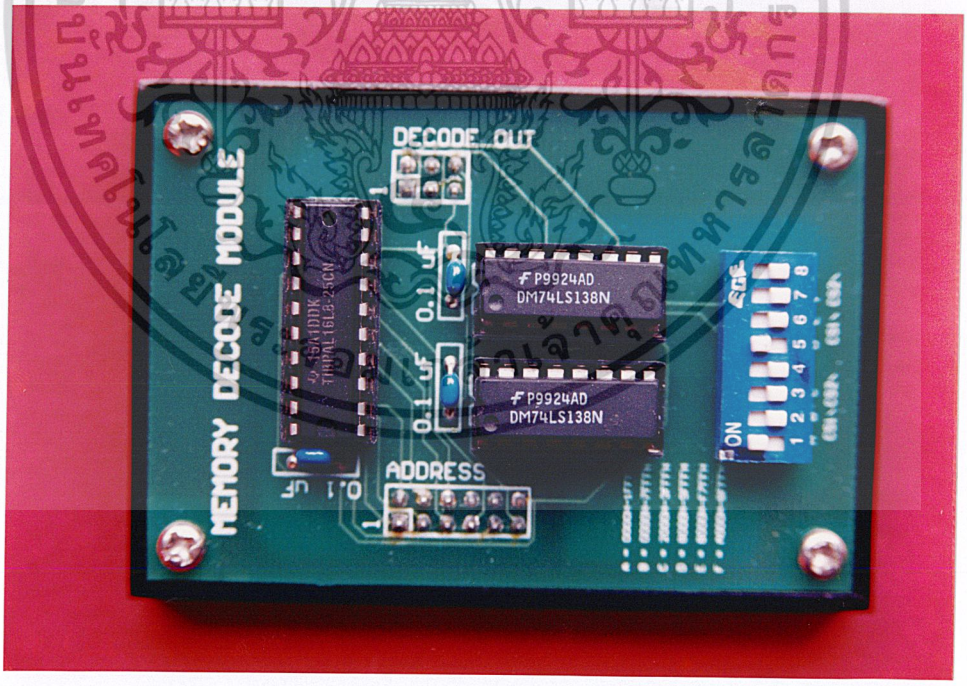


รูปที่ ก.6 เครื่องต้นแบบโมดูลสำรองไฟเลี้ยงหน่วยความจำชั่วคราว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

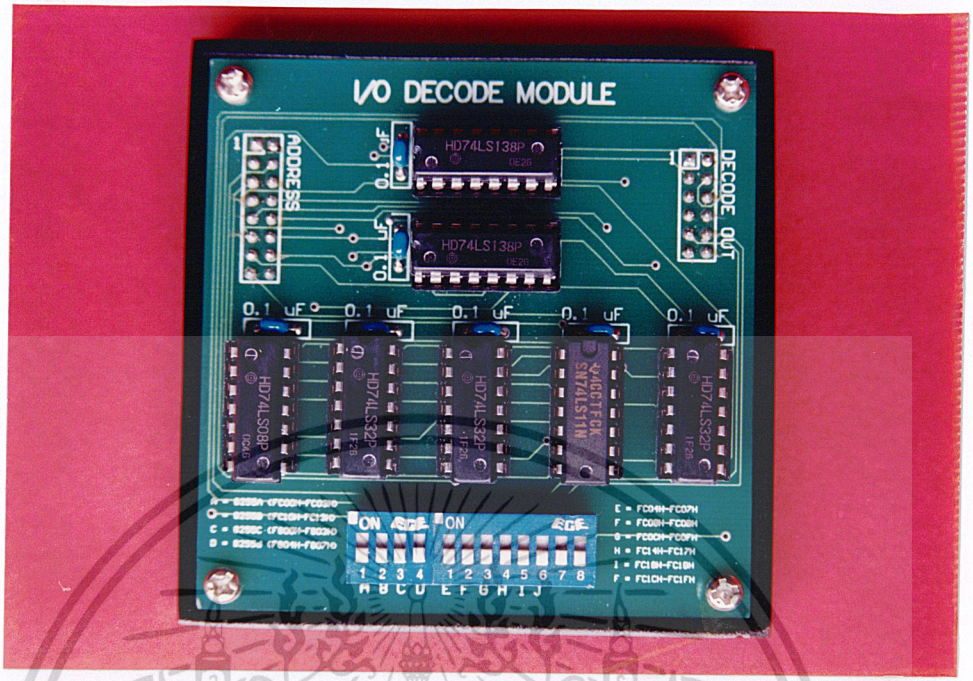


รูปที่ ก.7 เครื่องต้นแบบโมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

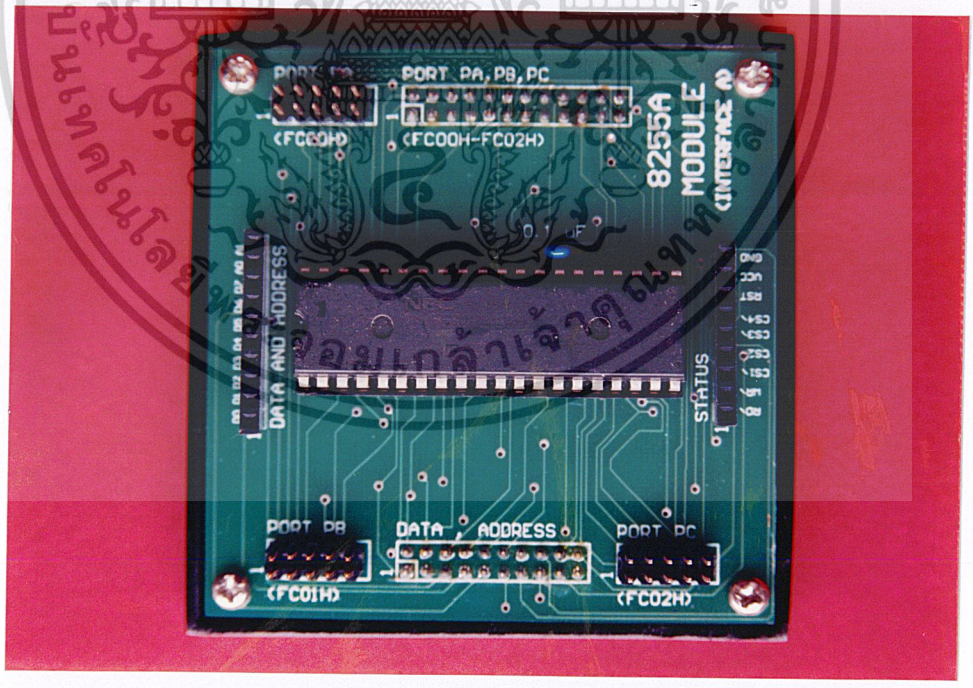


รูปที่ ก.8 เครื่องต้นแบบโมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

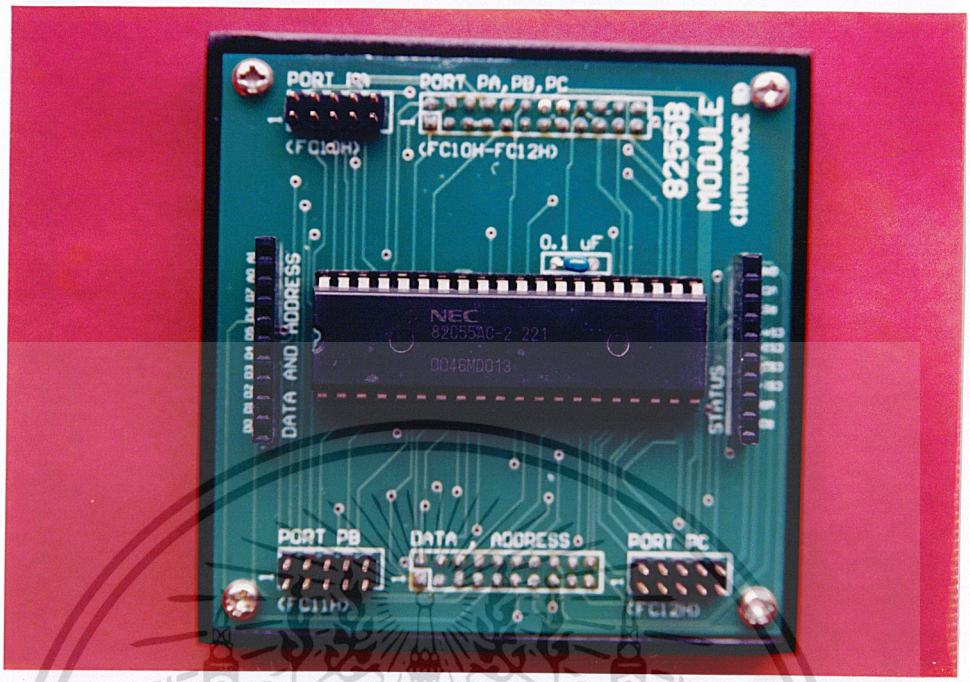


รูปที่ ก.9 เครื่องต้นแบบโมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต

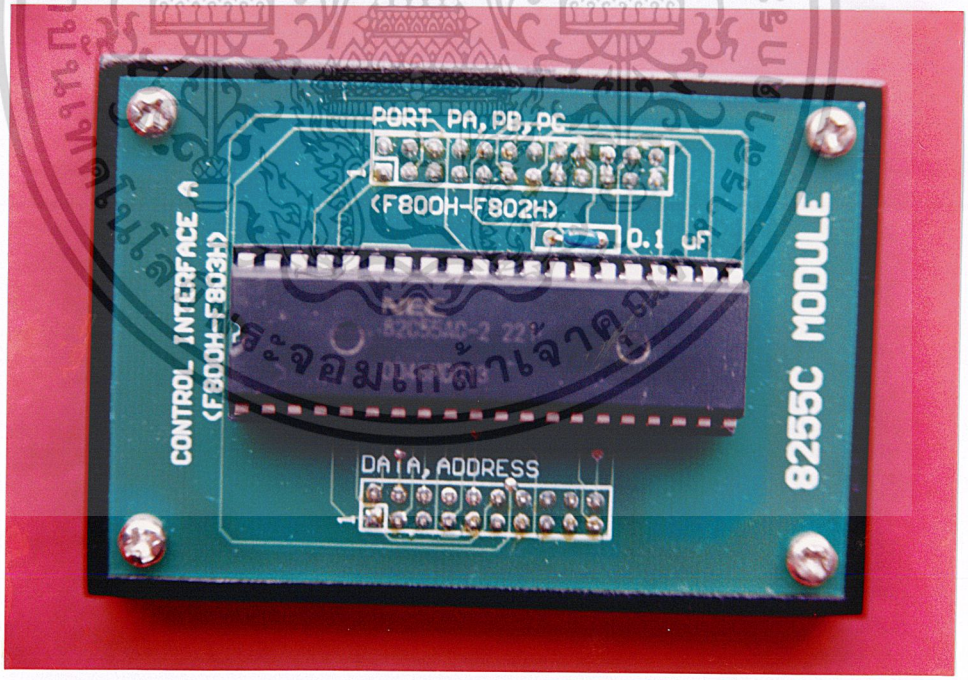


รูปที่ ก.10 เครื่องต้นแบบโมดูล 8255A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

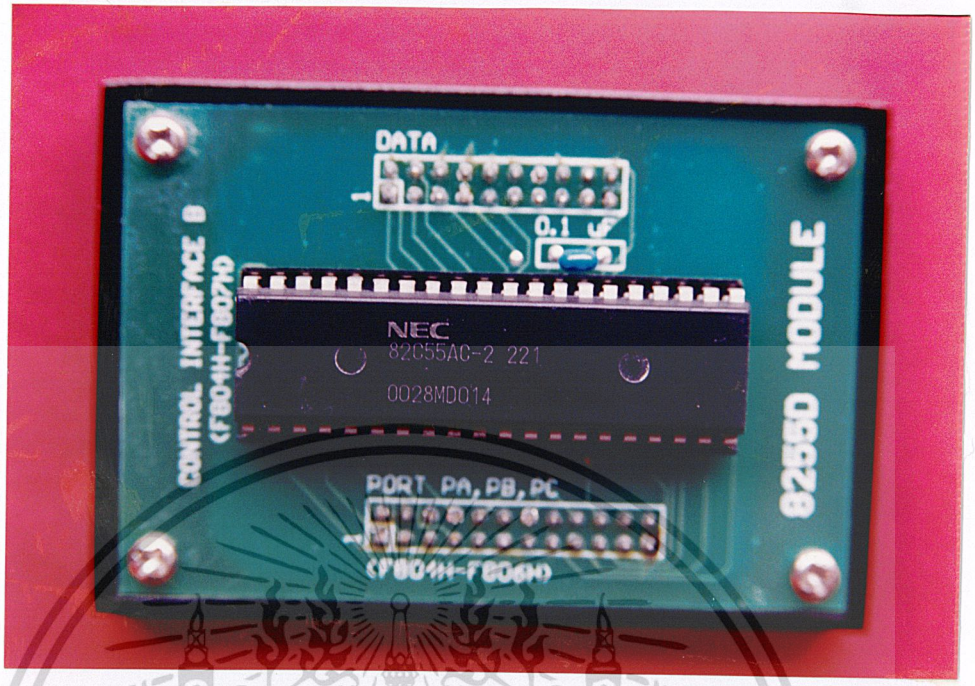


รูปที่ ก.11 เครื่องต้นแบบโมดูล 8255B

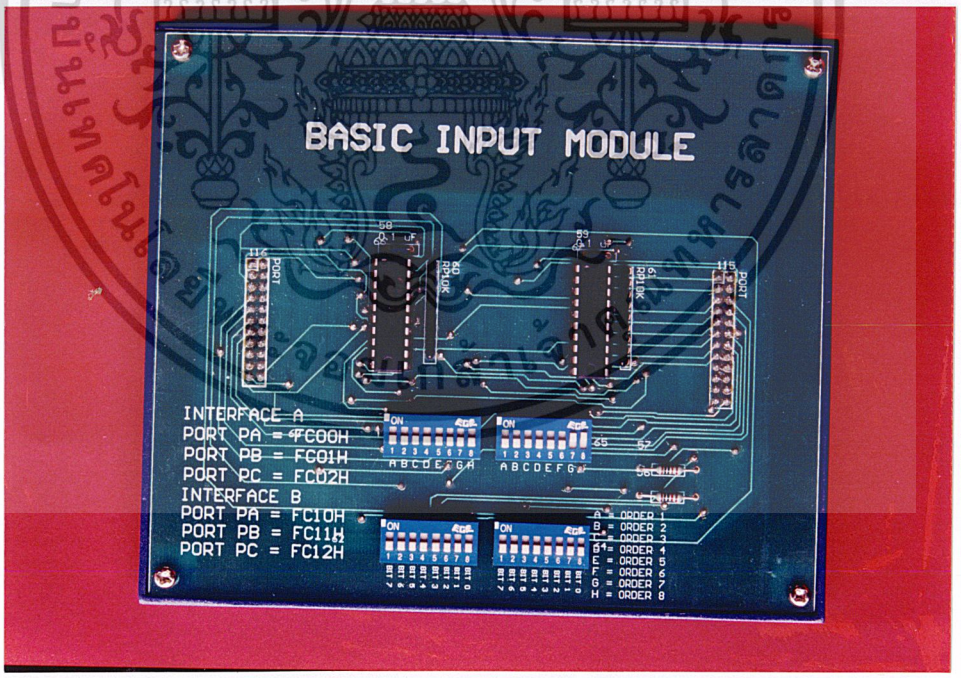


รูปที่ ก.12 เครื่องต้นแบบโมดูล 8255C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

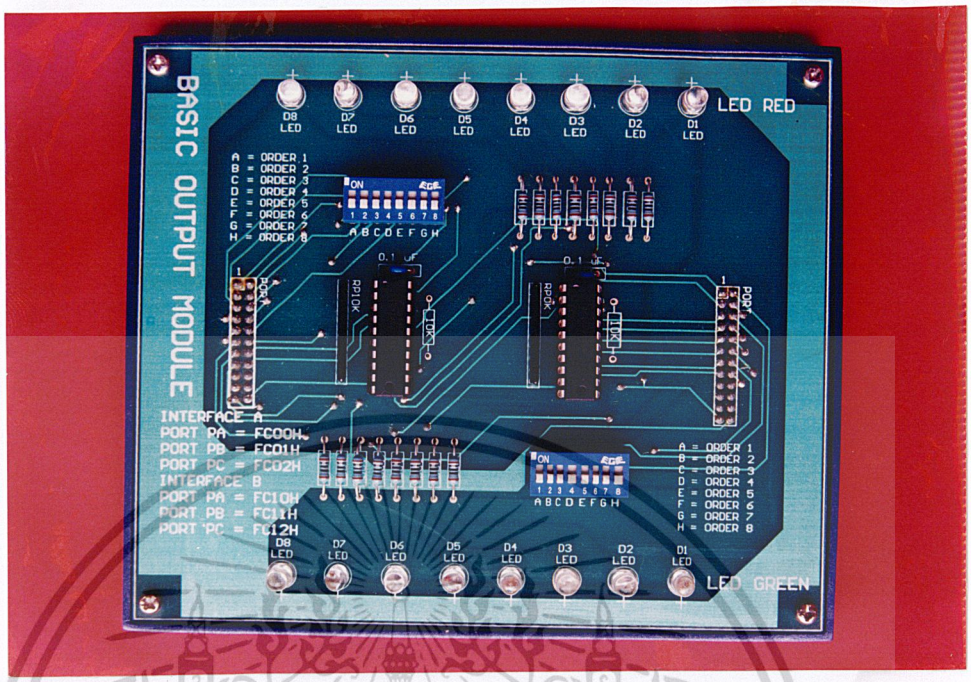


รูปที่ ก.13 เครื่องต้นแบบโมดูล 8255D

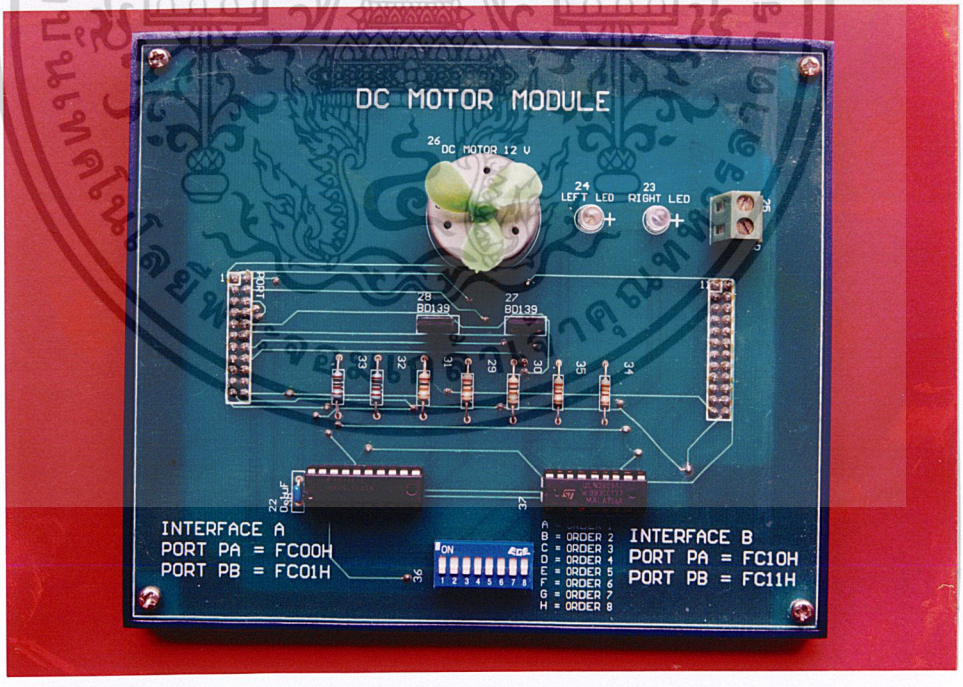


รูปที่ ก.14 เครื่องต้นแบบโมดูลเบสิกอินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

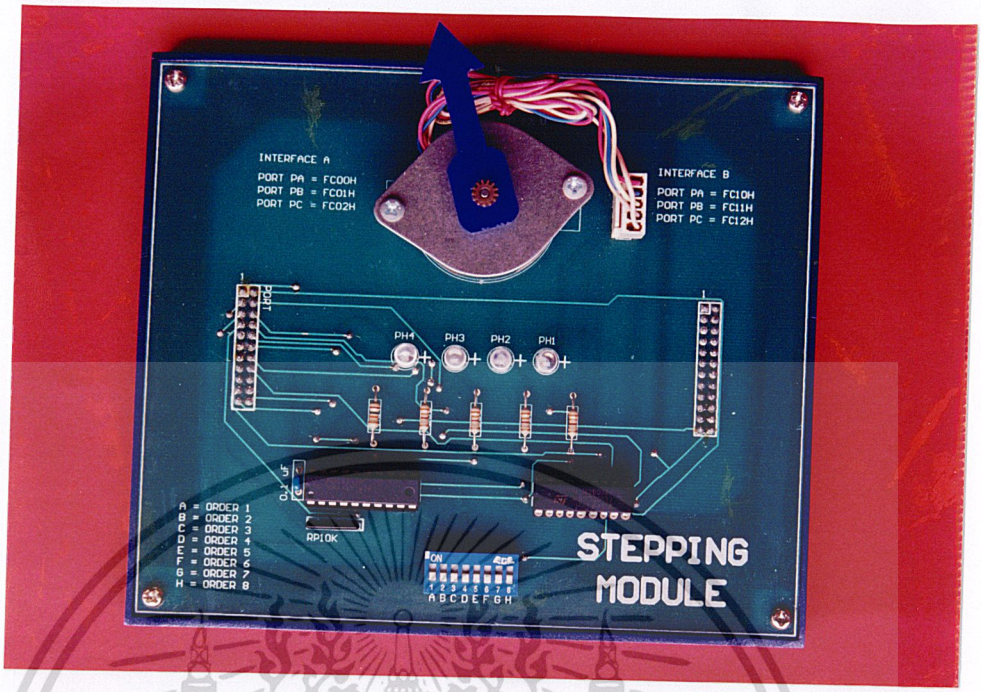


รูปที่ ก.15 เครื่องต้นแบบโมดูลเบสิกเอาต์พุต

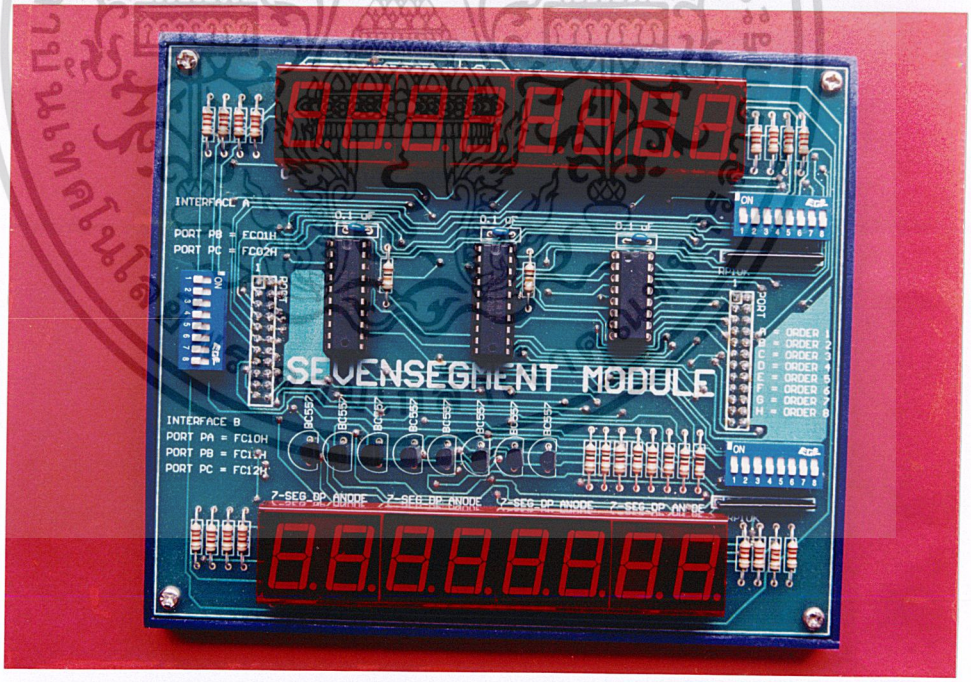


รูปที่ ก.16 เครื่องต้นแบบโมดูลดีซีมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

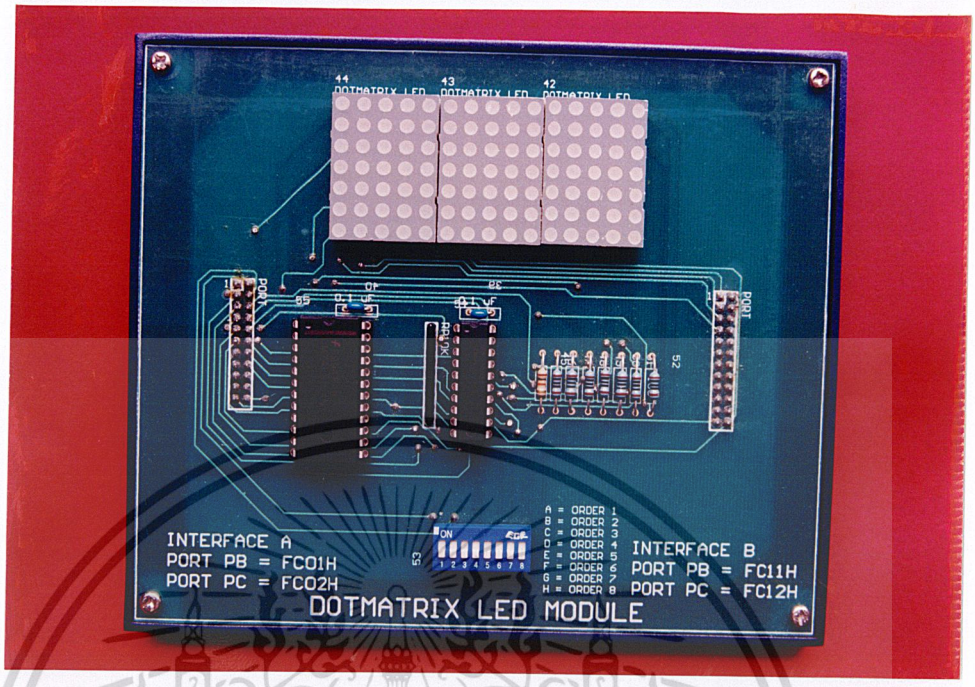


รูปที่ ก.17 เครื่องต้นแบบโมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์

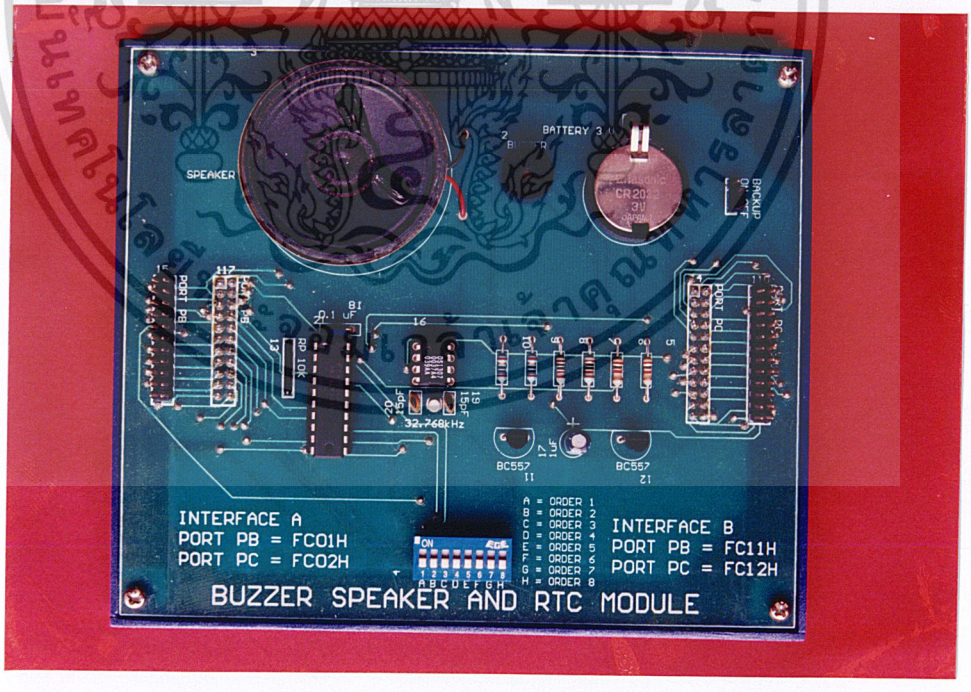


รูปที่ ก.18 เครื่องต้นแบบโมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

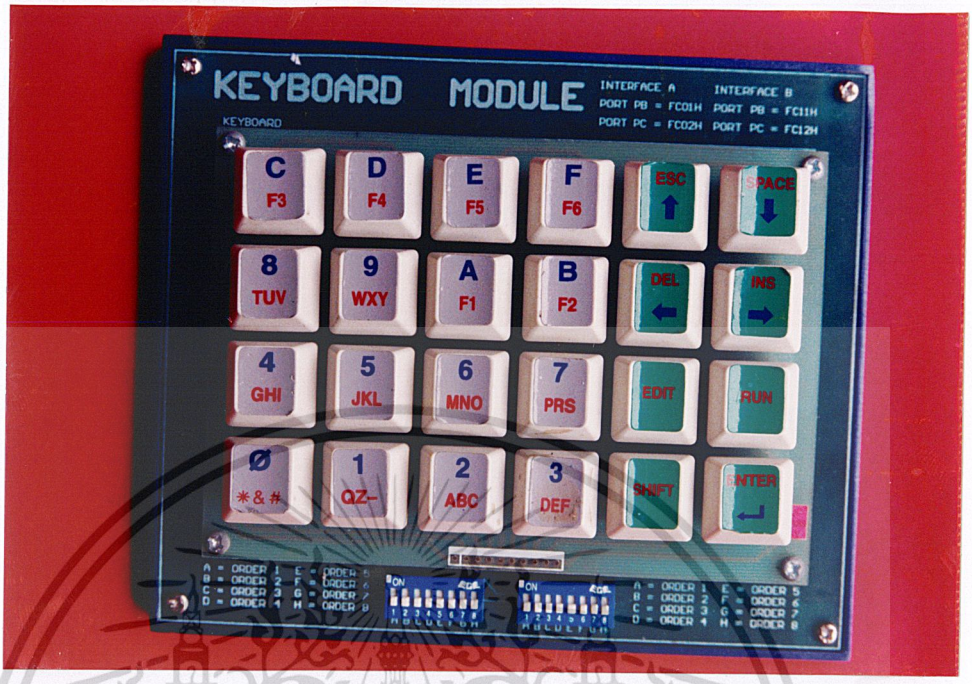


รูปที่ ก.19 เครื่องต้นแบบโมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์

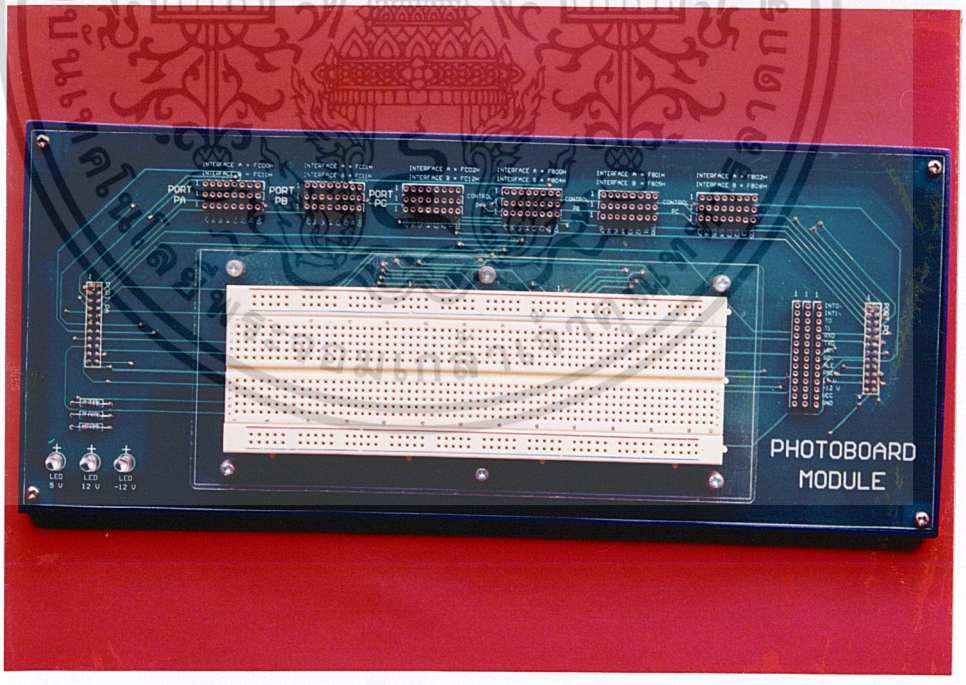


รูปที่ ก.20 เครื่องต้นแบบโมดูลบัซเซอร์ ลำโพง และอาร์ทีซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

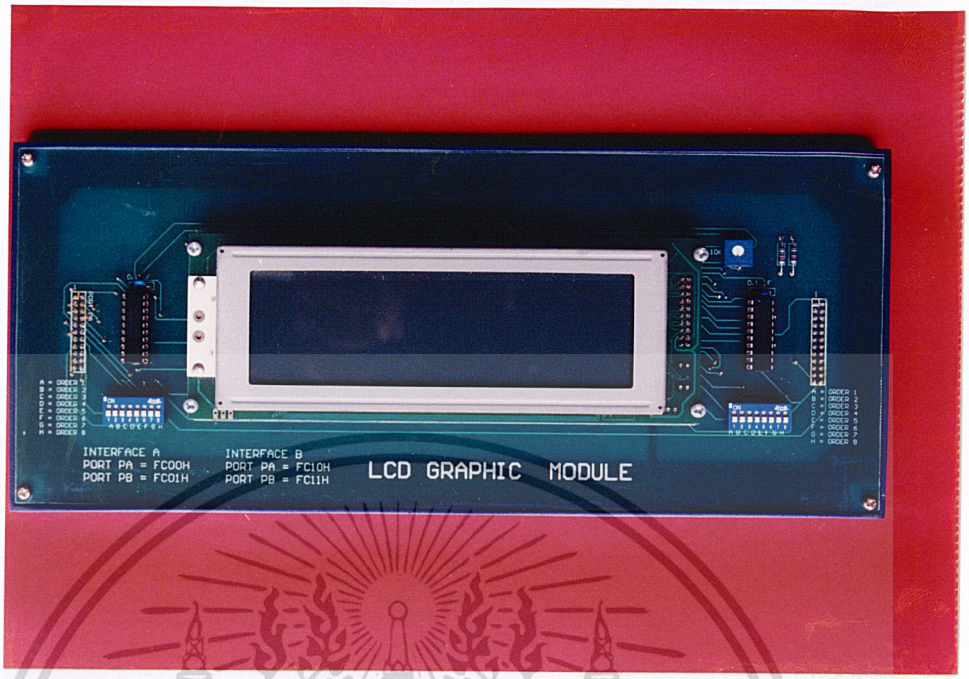


รูปที่ ก.21 เครื่องต้นแบบโมดูลแป้นพิมพ์

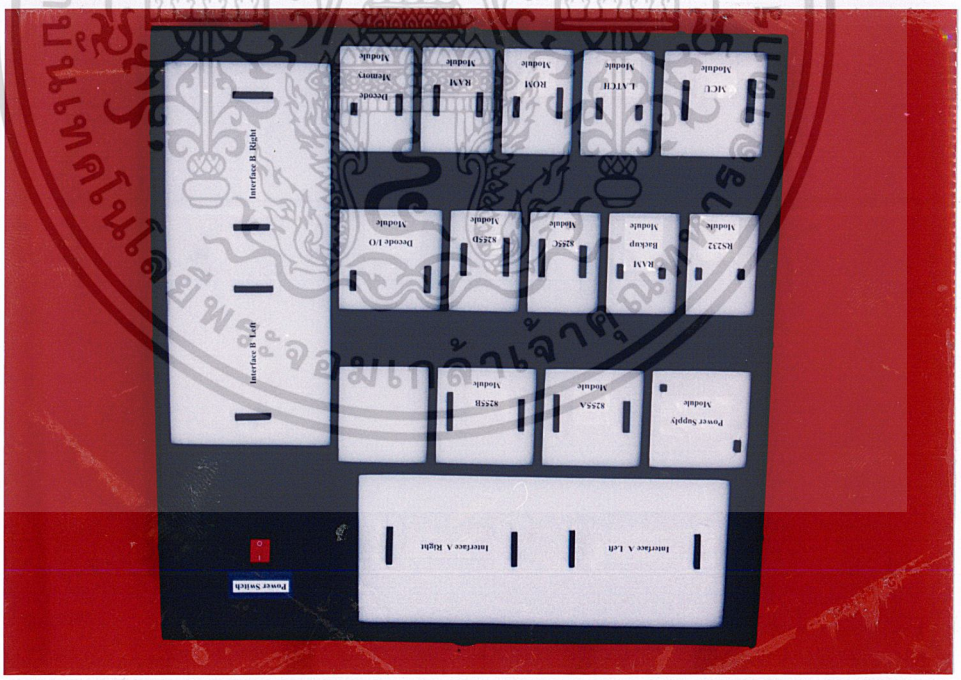


รูปที่ ก.22 เครื่องต้นแบบโมดูลแผงต่อวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

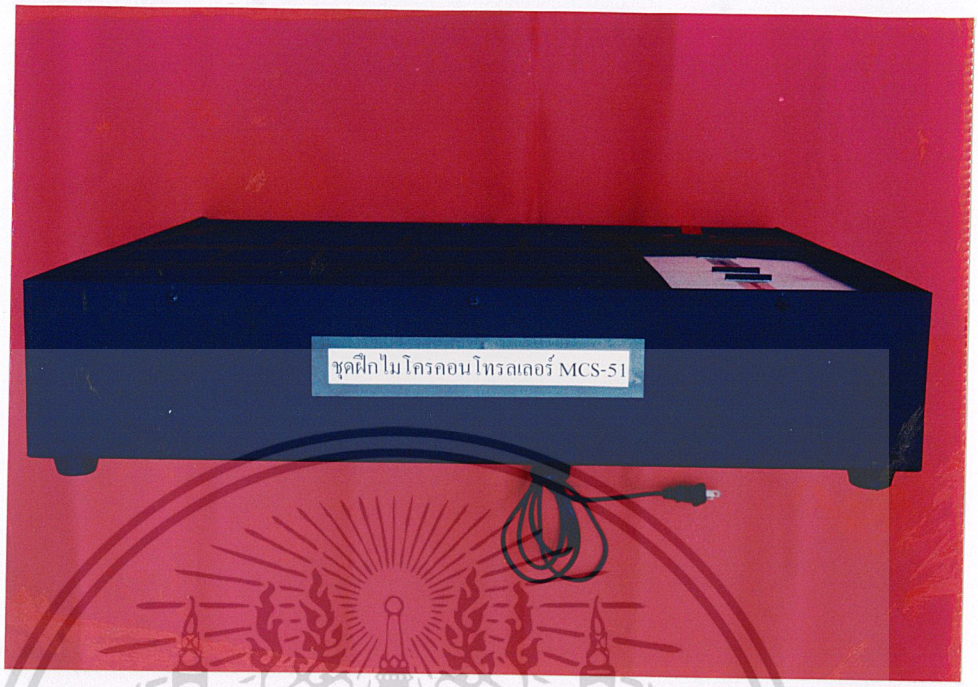


รูปที่ ก.23 เครื่องต้นแบบโมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟฟิค

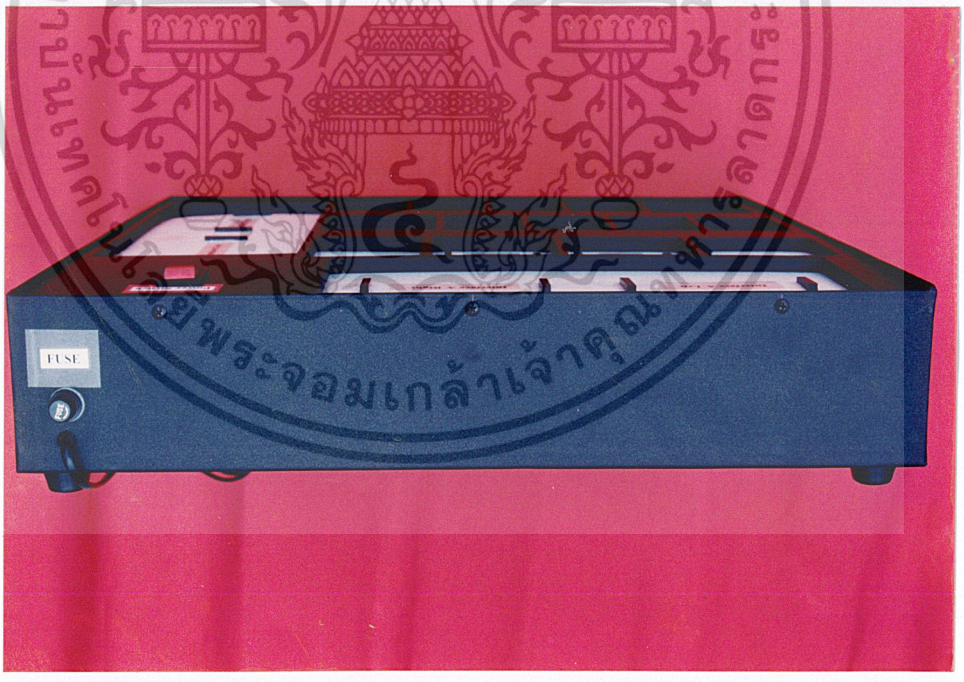


รูปที่ ก.24 ด้านบนเครื่องต้นแบบชุดผึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.25 ด้านหน้าเครื่องต้นแบบชุดผึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

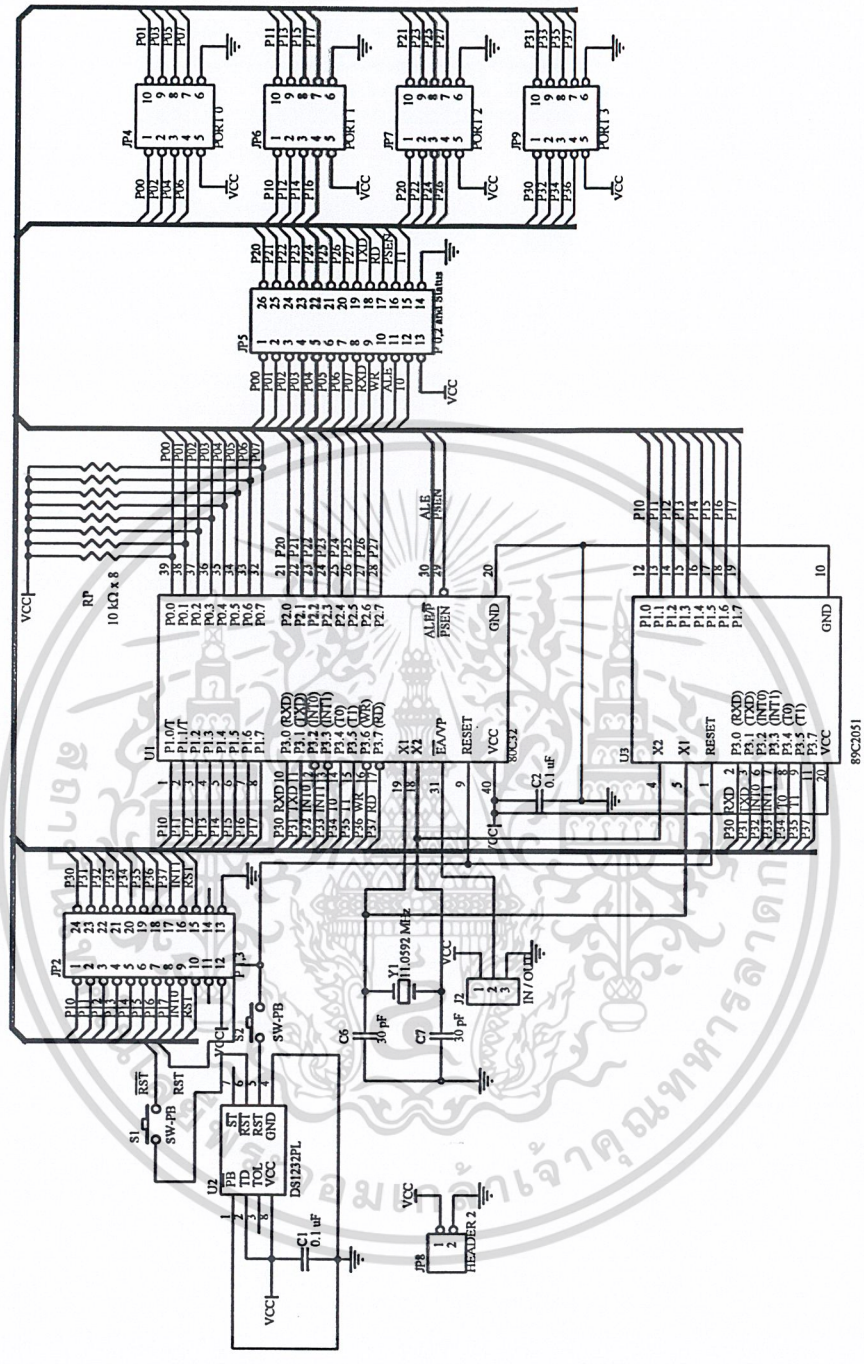


รูปที่ ก.26 ด้านหลังเครื่องต้นแบบชุดผึกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

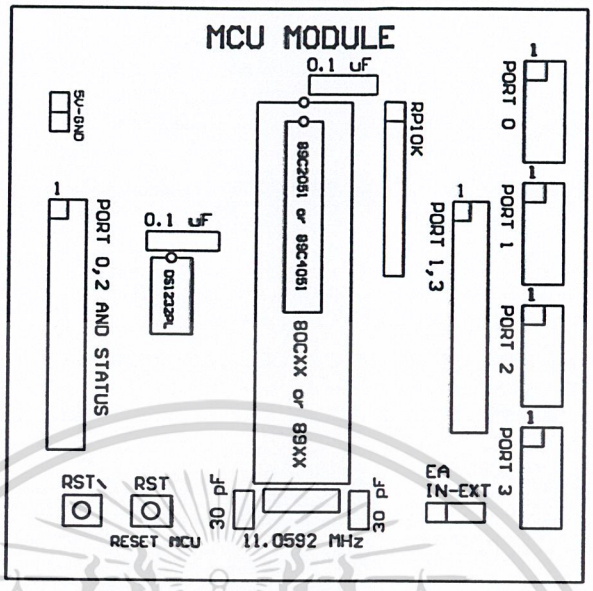
ภาคผนวก ข
วงจร และแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

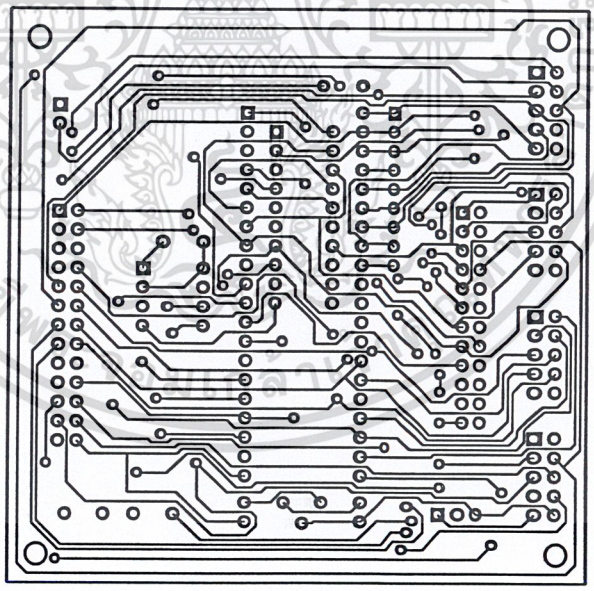


รูปที่ ข.1 วงจรโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

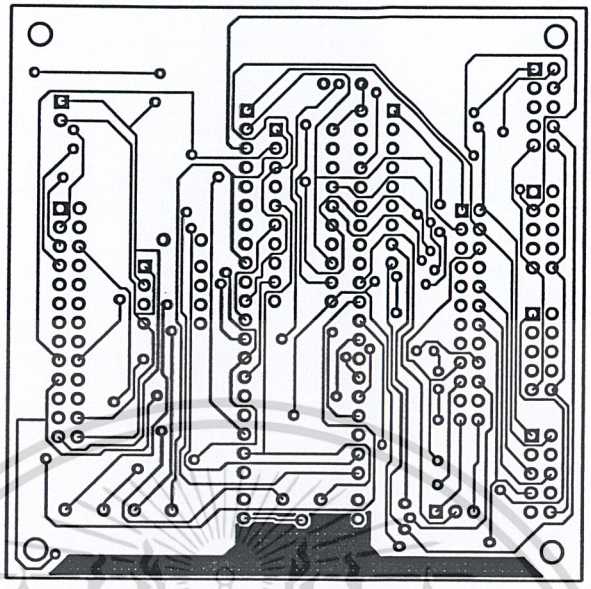


รูปที่ ข.2 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์

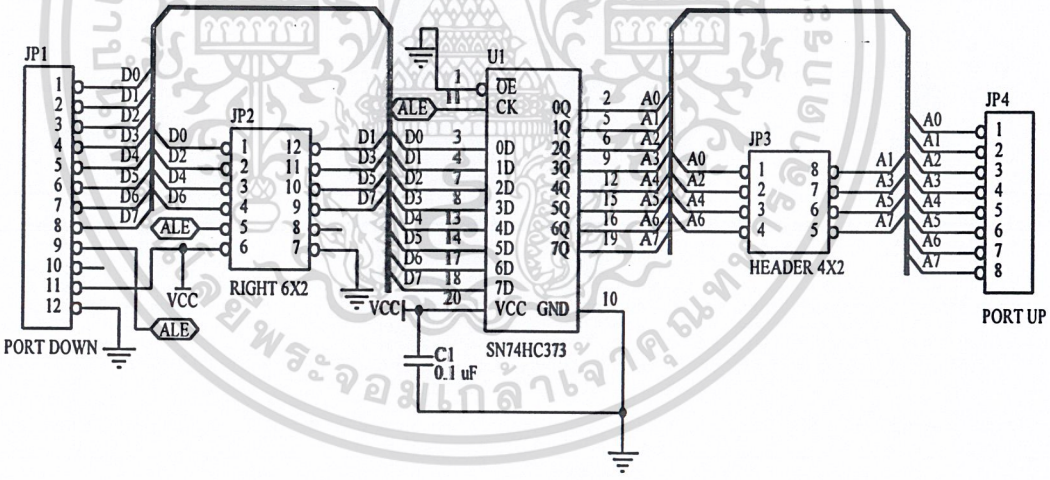


รูปที่ ข.3 ลายวงจรพิมพ์ด้านบนโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

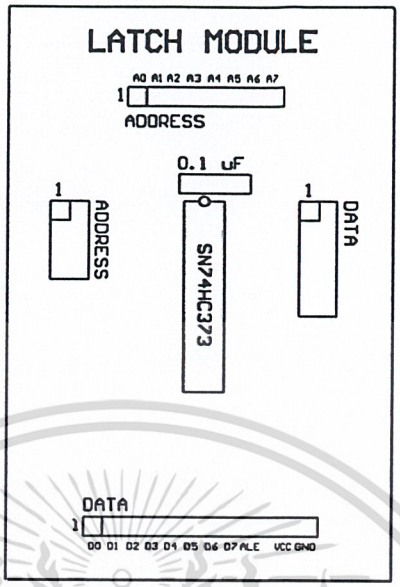


รูปที่ ข.4 ลายวงจรพิมพ์ด้านล่างโมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์

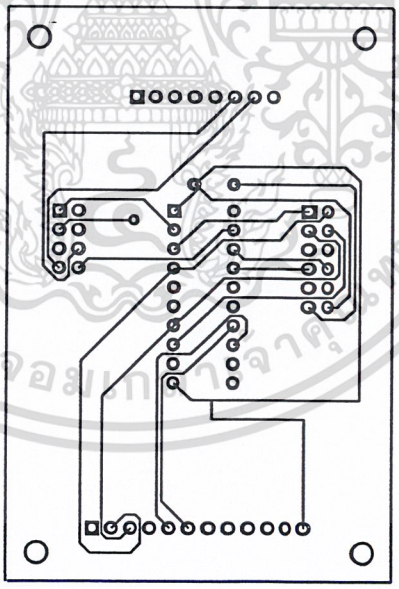


รูปที่ ข.5 วงจรโมดูลแลตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

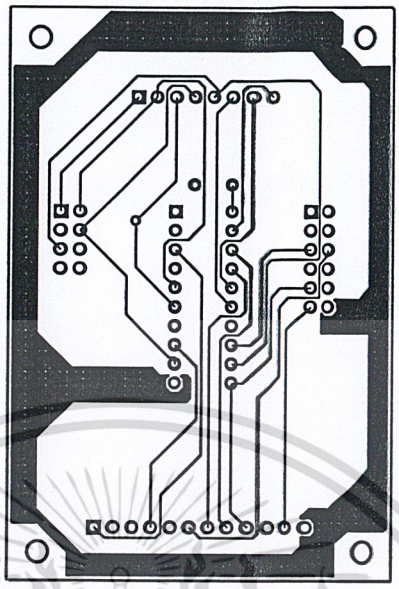


รูปที่ ข.6 ลายอุปกรณ์ ด้านบน โมดูลแลตช์

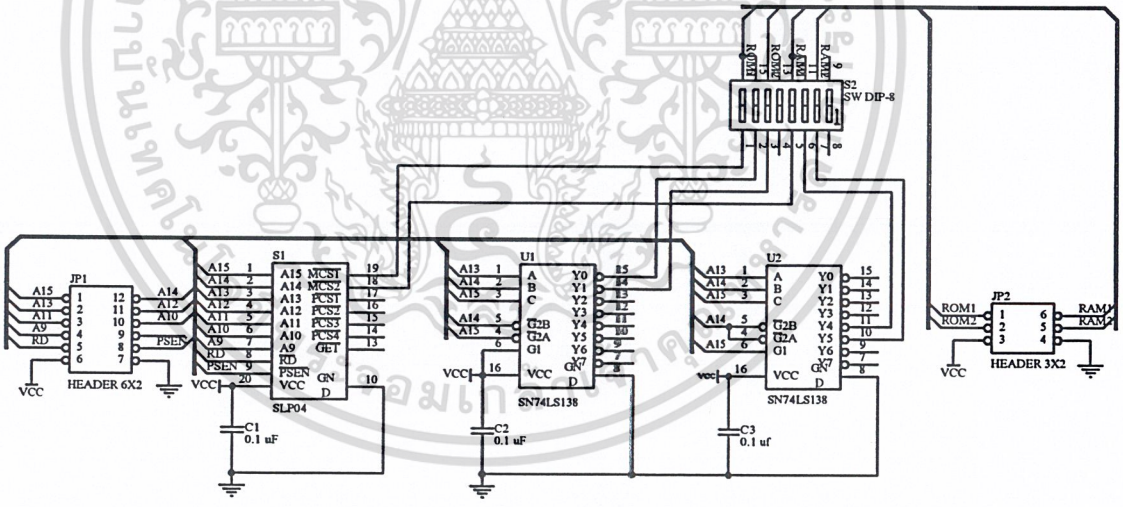


รูปที่ ข.7 ลายวงจรพิมพ์ด้านบน โมดูลแลตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

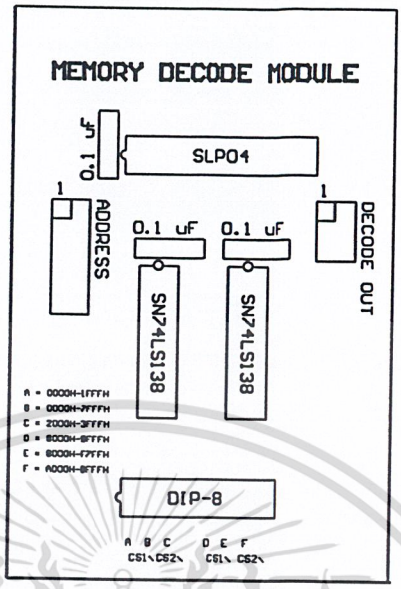


รูปที่ ข.8 ลายวงจรพิมพ์ด้านล่างโมดูลแลตช์

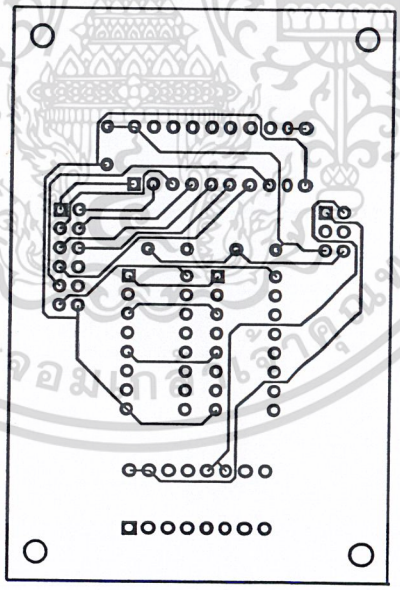


รูปที่ ข.9 วงจร โมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

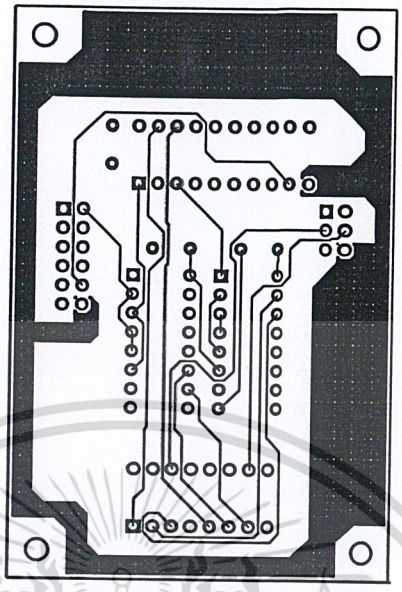


รูปที่ ข.10 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ

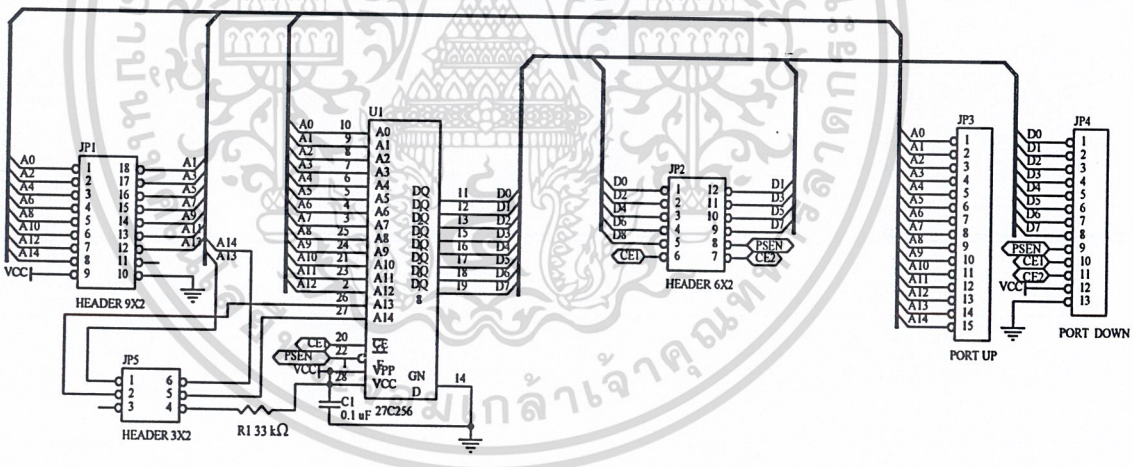


รูปที่ ข.11 ลายวงจรพิมพ์ด้านบนโมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

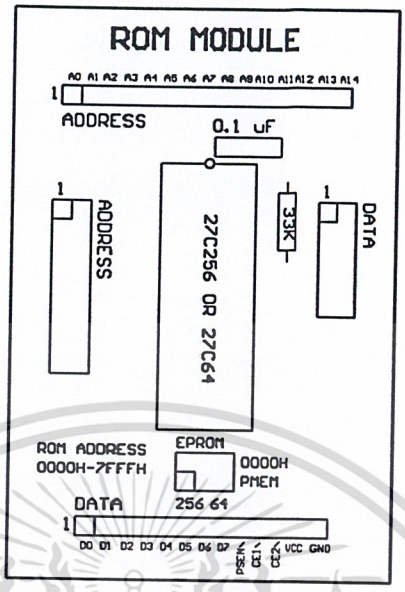


รูปที่ ข.12 ลายวงจรพิมพ์ด้านล่างโมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ

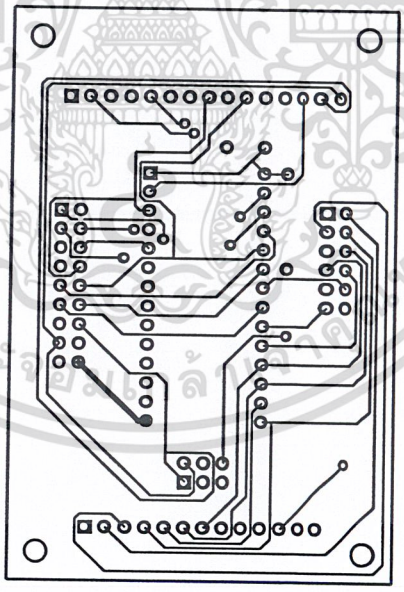


รูปที่ ข.13 วงจรโมดูลหน่วยความจำถาวร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

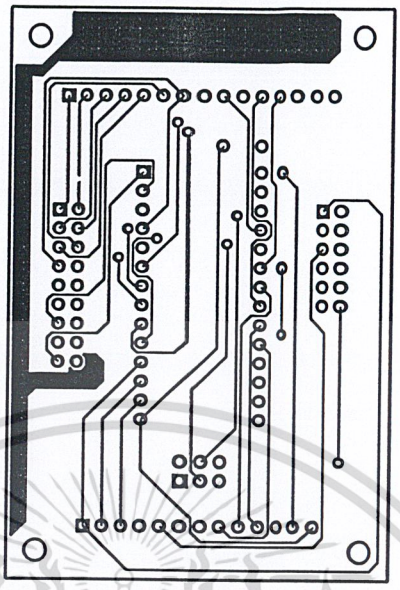


รูปที่ ข.14 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูลหน่วยความจำถาวร

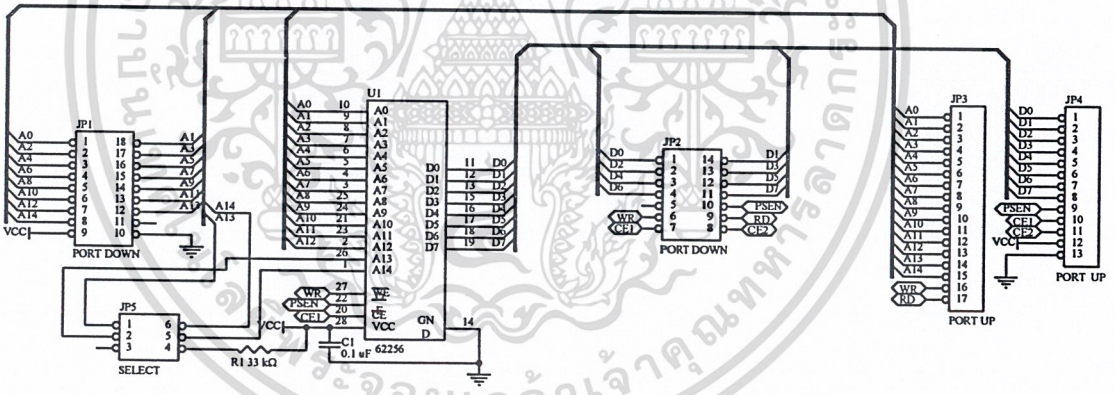


รูปที่ ข.15 ลายวงจรพิมพ์ด้านบนโมดูลหน่วยความจำถาวร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

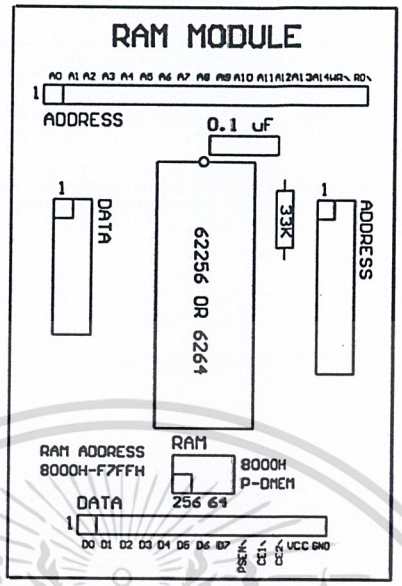


รูปที่ ข.16 ลายวงจรพิมพ์ด้านล่างโมดูลหน่วยความจำถาวร

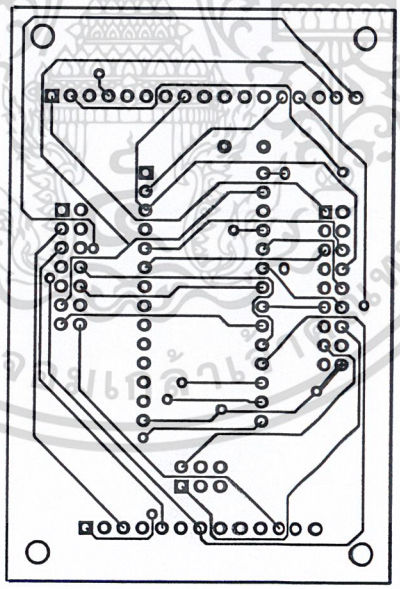


รูปที่ ข.17 วงจรโมดูลหน่วยความจำชั่วคราว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

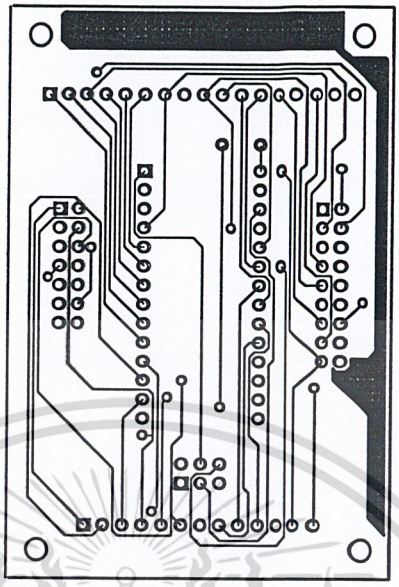


รูปที่ ข.18 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูลหน่วยความจำชั่วคราว

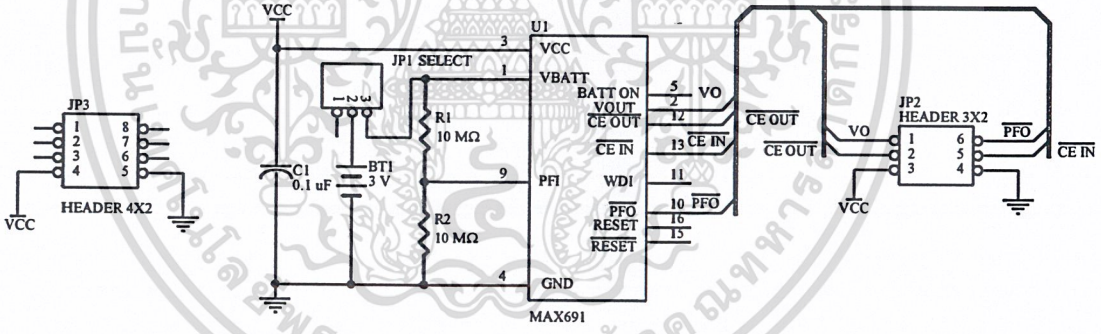


รูปที่ ข.19 ลายวงจรพิมพ์ด้านบนโมดูลหน่วยความจำชั่วคราว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

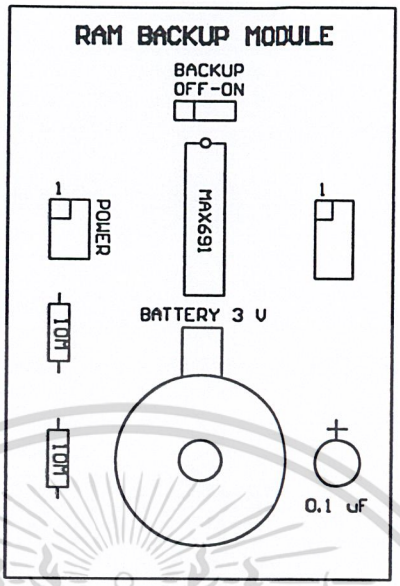


รูปที่ ข.20 ลายวงจรพิมพ์ด้านล่างโมดูลหน่วยความจำชั่วคราว

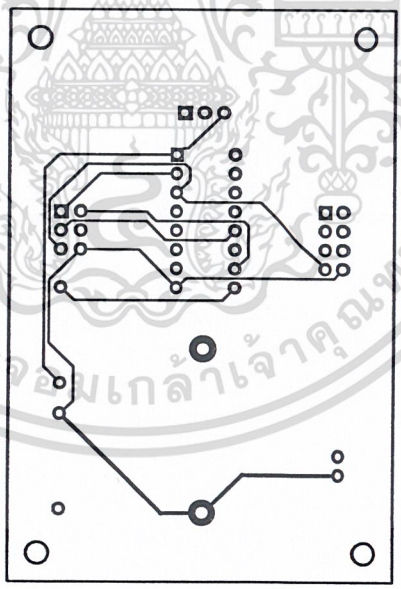


รูปที่ ข.21 วงจรโมดูลสำรองไฟเลี้ยงหน่วยความจำชั่วคราว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

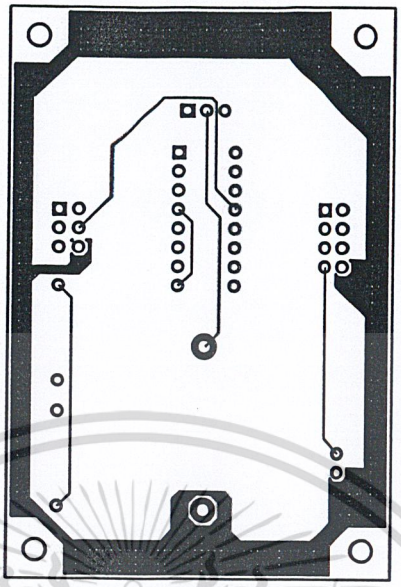


รูปที่ ข.22 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูลสำรองไฟเลี้ยงหน่วยความจำชั่วคราว

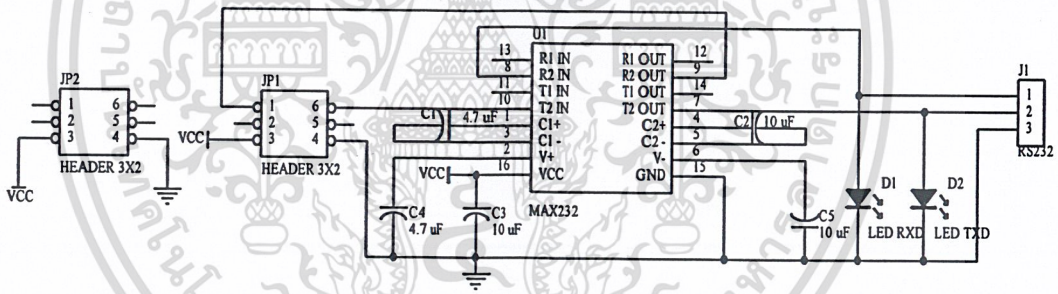


รูปที่ ข.23 ลายวงจรพิมพ์ ด้านบนโมดูลสำรองไฟเลี้ยงหน่วยความจำชั่วคราว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

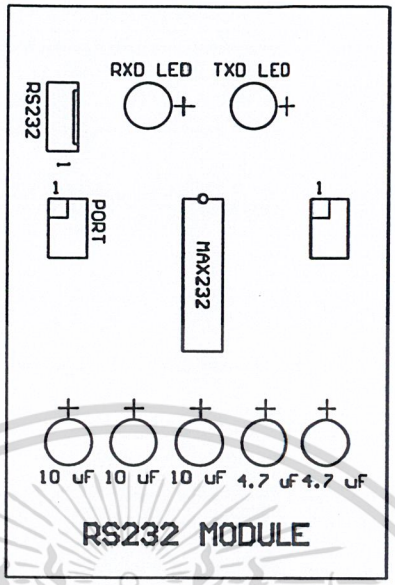


รูปที่ ข.24 ลายวงจรพิมพ์ ด้านล่าง โมดูลสำรองไฟเลี้ยงหน่วยความจำชั่วคราว

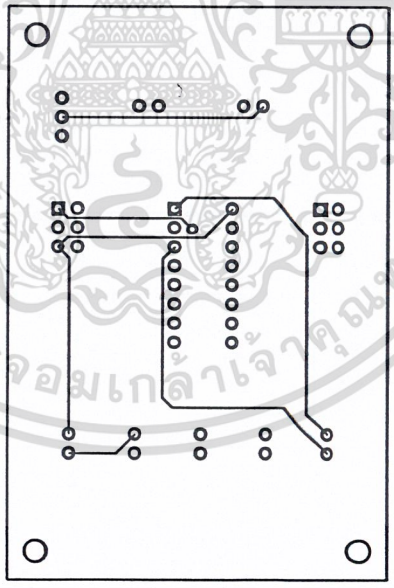


รูปที่ ข.25 วงจร โมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

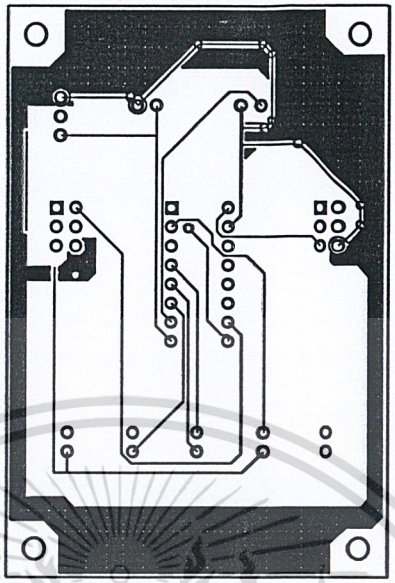


รูปที่ ข.26 ลายอุปกรณ์ ด้านบน โมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

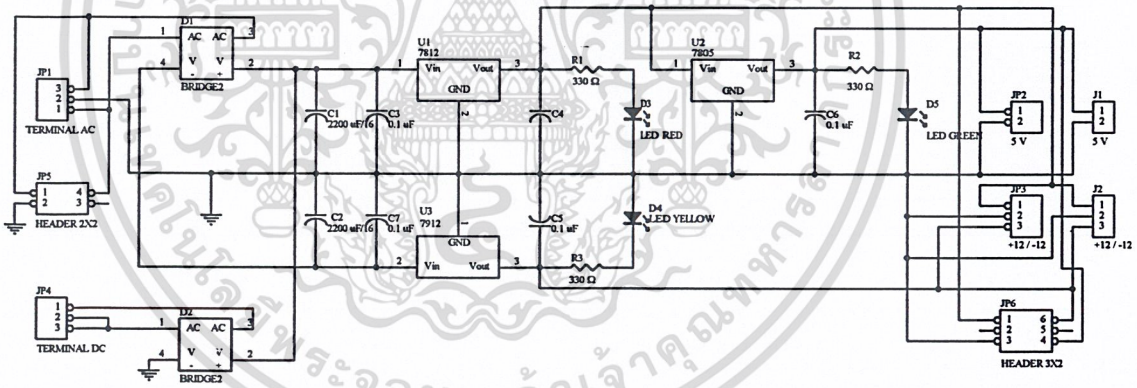


รูปที่ ข.27 ลายวงจรพิมพ์ ด้านบน โมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

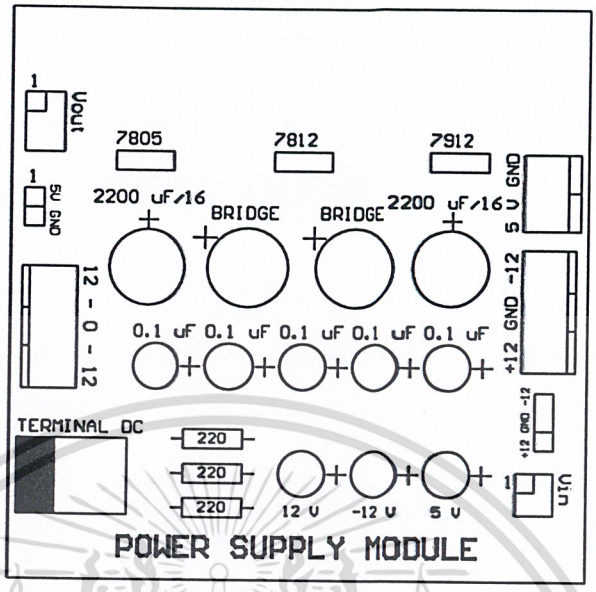


รูปที่ ข.28 ลายวงจรพิมพ์ ด้านล่าง โมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

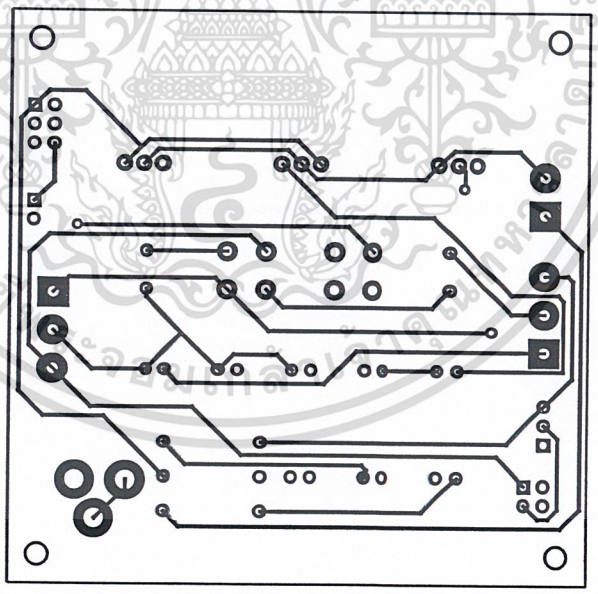


รูปที่ ข.29 วงจรโมดูลแหล่งจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

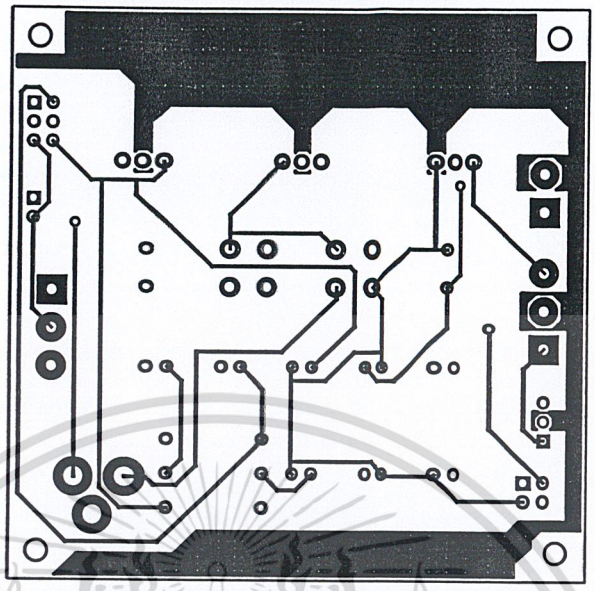


รูปที่ ข.30 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูลแหล่งจ่ายไฟ

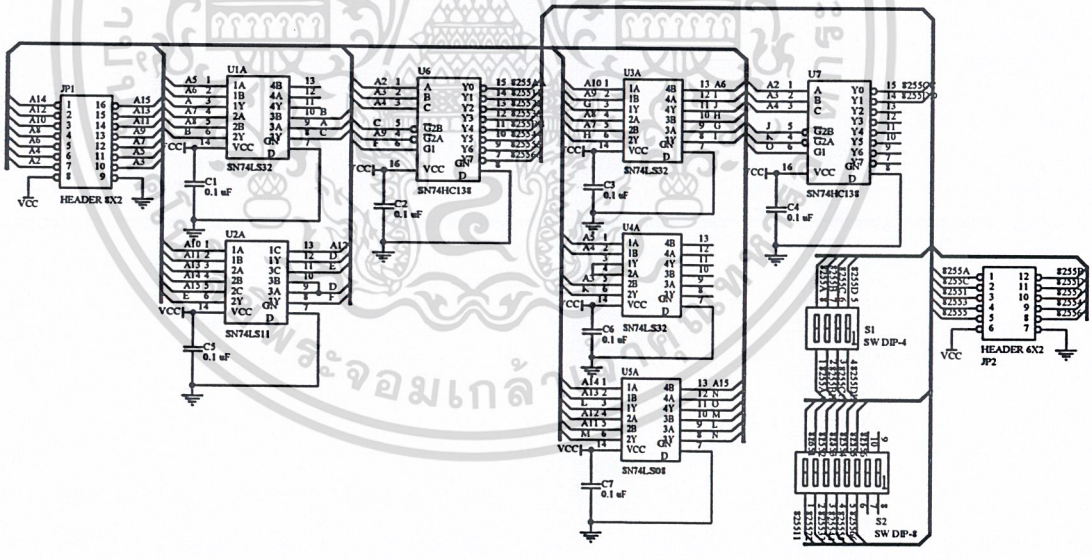


รูปที่ ข.31 ลายวงจรพิมพ์ ด้านบนโมดูลแหล่งจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

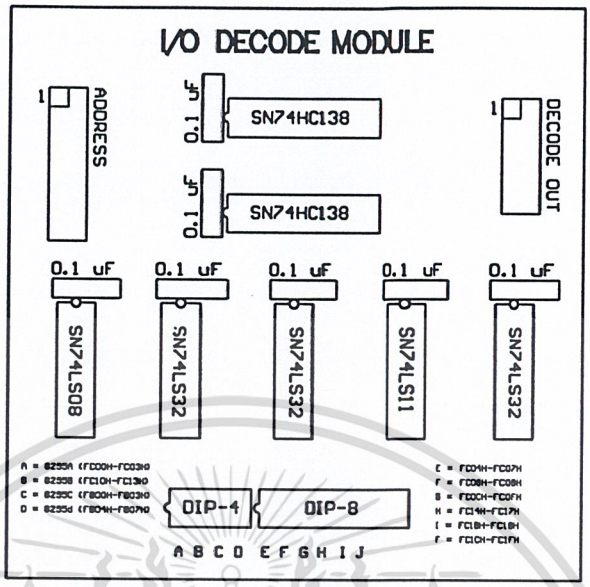


รูปที่ ข.32 ลายวงจรพิมพ์ ด้านล่างโมดูลแหล่งจ่ายไฟ

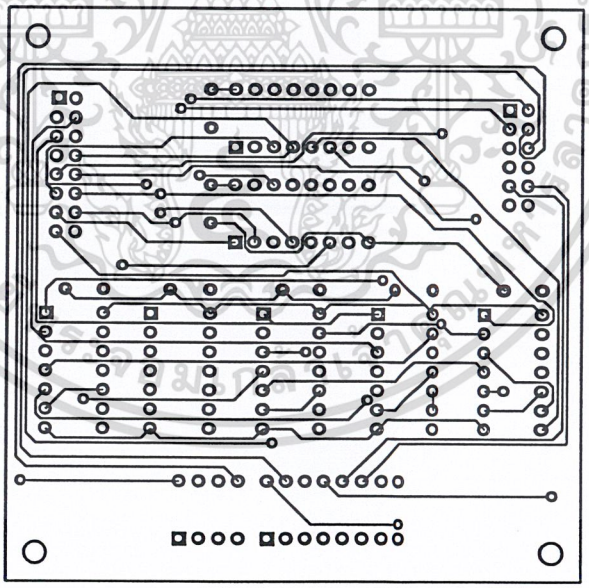


รูปที่ ข.33 วงจรโมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

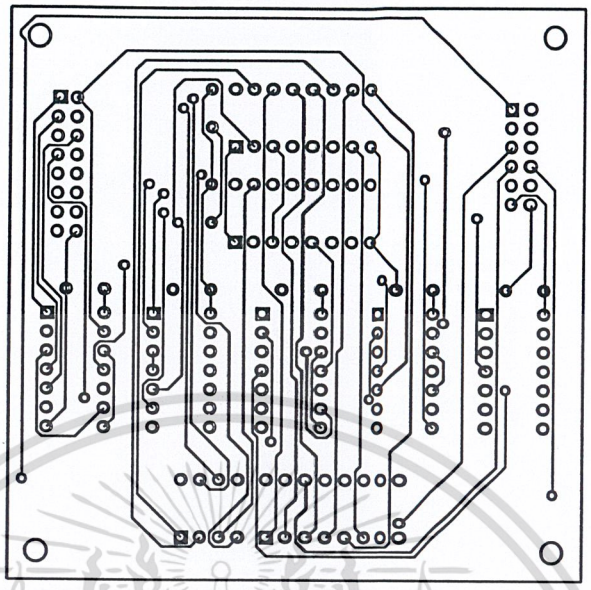


รูปที่ ข.34 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต

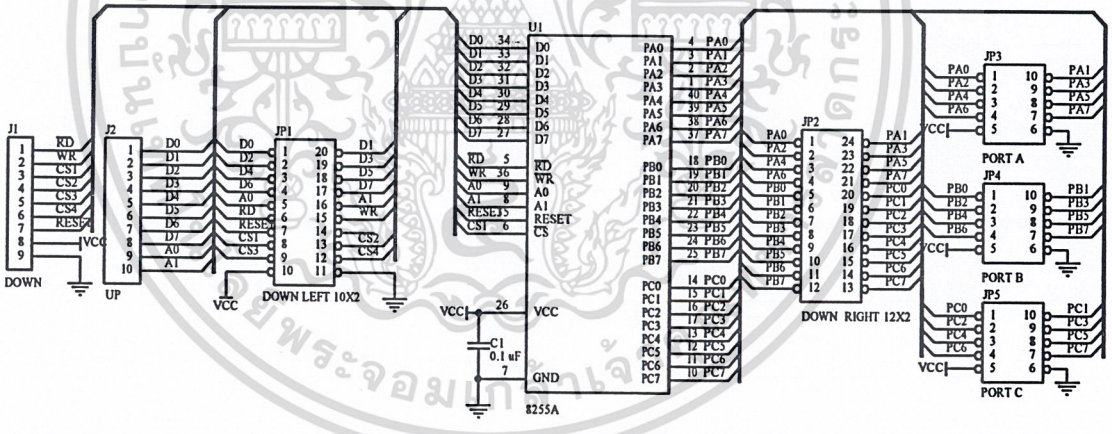


รูปที่ ข.35 ลายวงจรพิมพ์ด้านบนโมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

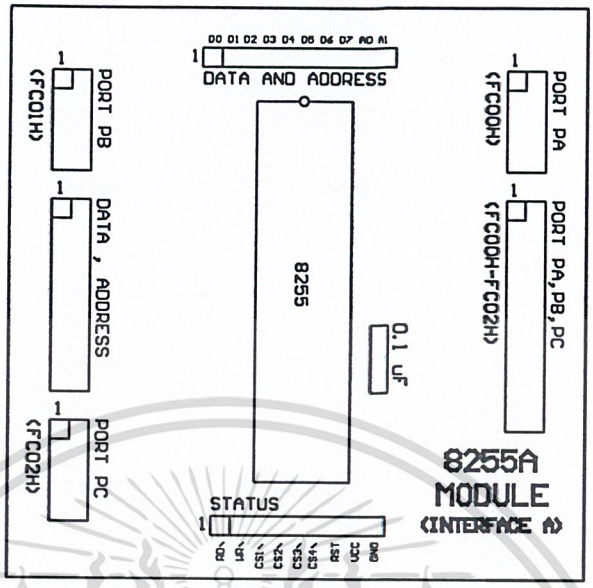


รูปที่ ข.36 ลายวงจรพิมพ์ด้านล่างโมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต

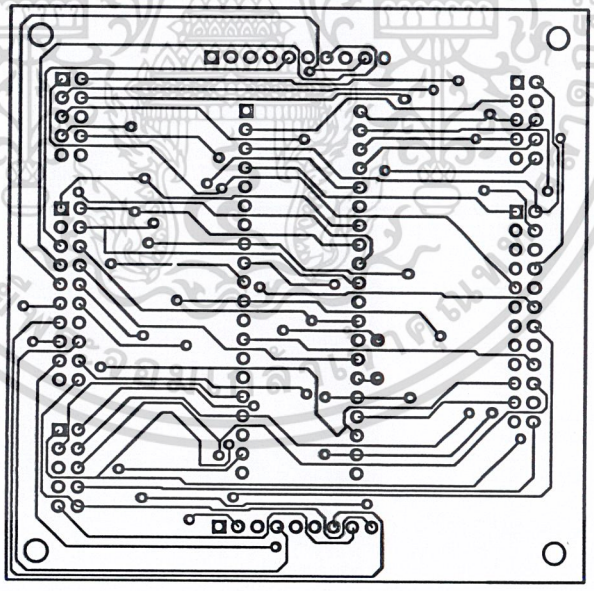


รูปที่ ข.37 วงจรโมดูล 8255A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

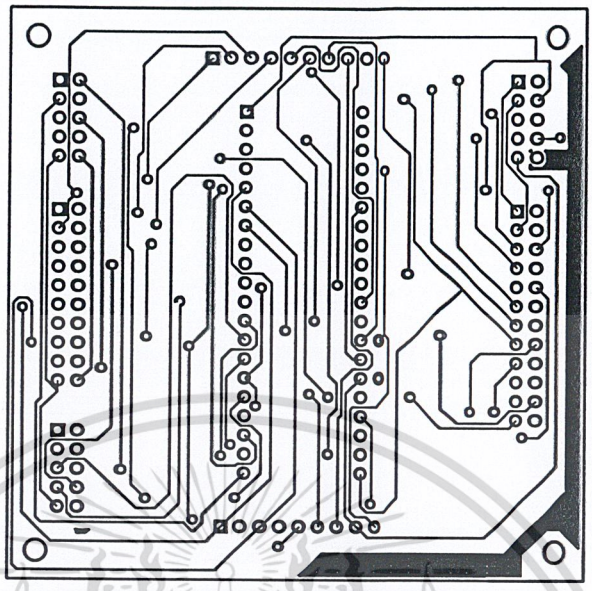


รูปที่ ข.38 ลายอุปกรณ์ ด้านบน โมดูล 8255A

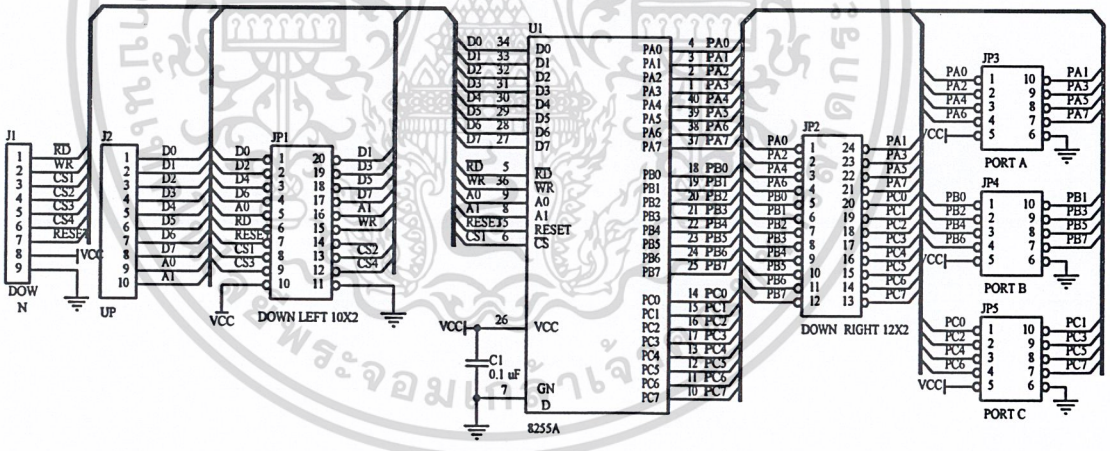


รูปที่ ข.39 ลายวงจรพิมพ์ด้านบน โมดูล 8255A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

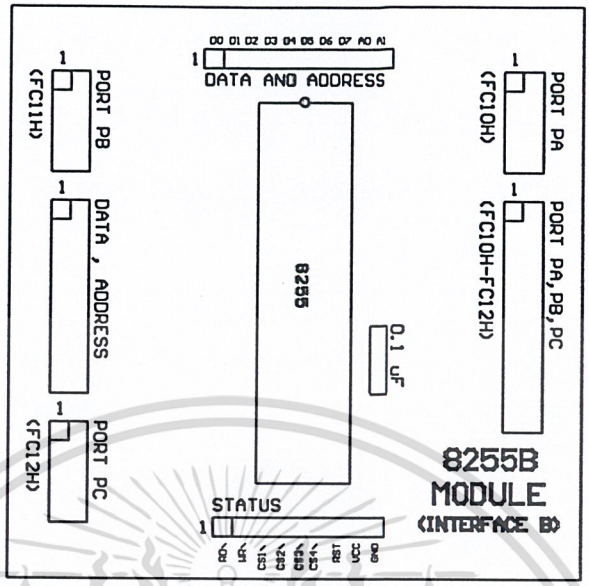


รูปที่ ข.40 ลายวงจรพิมพ์ด้านล่าง โมดูล 8255A

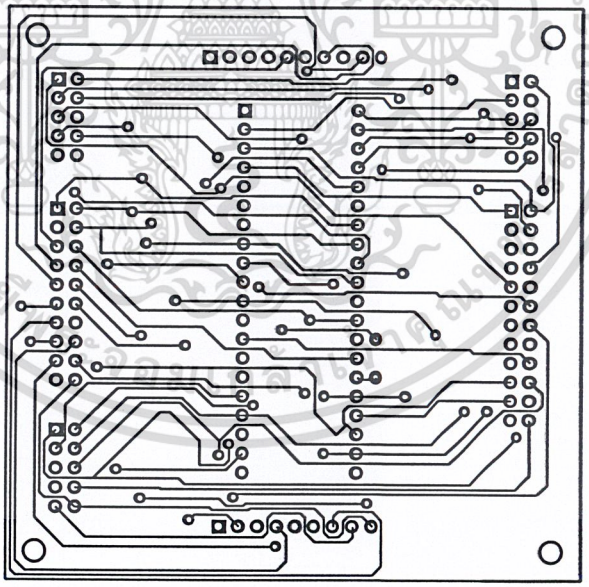


รูปที่ ข.41 วงจร โมดูล 8255B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

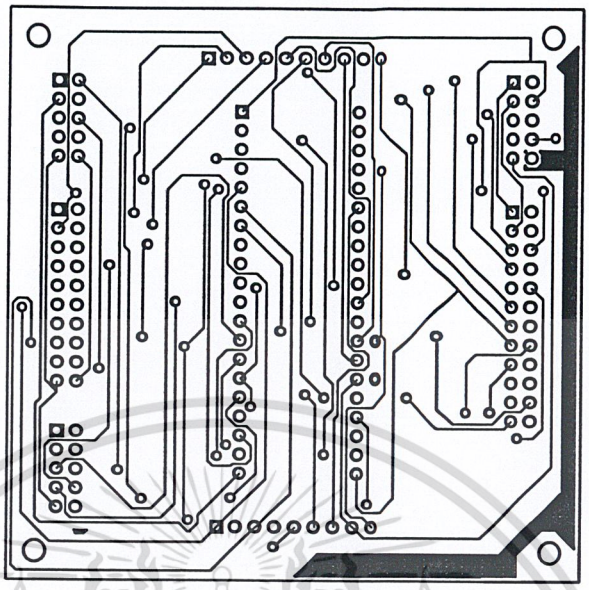


รูปที่ ข.42 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูล 8255B

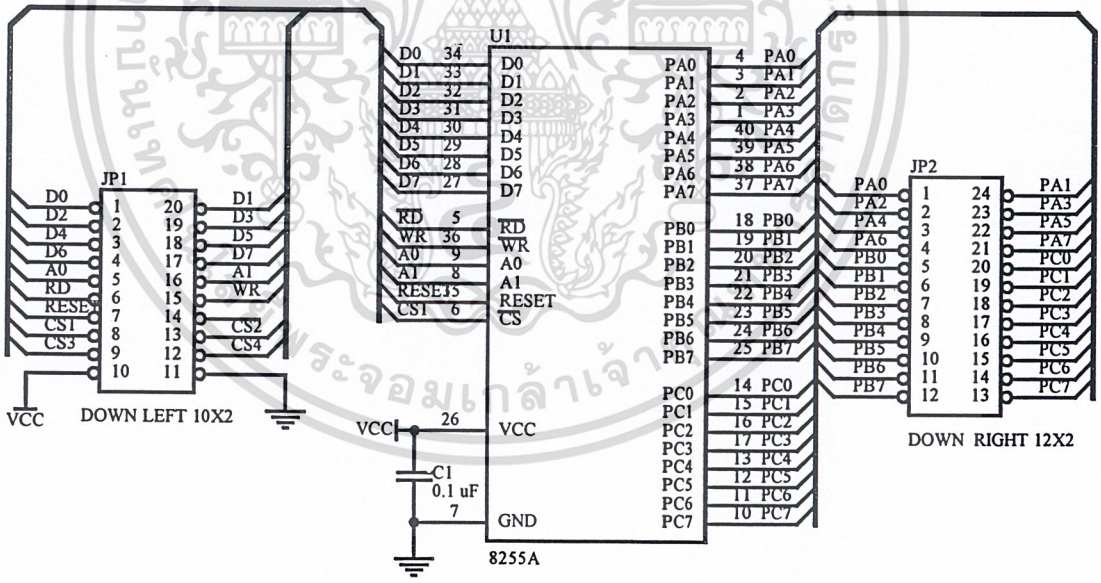


รูปที่ ข.43 ลายวงจรพิมพ์ด้านบนโมดูล 8255B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

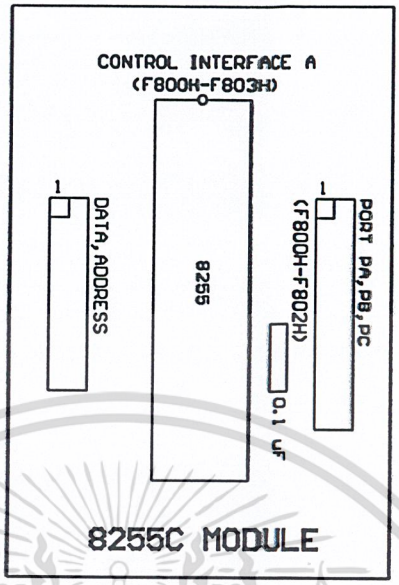


รูปที่ ข.44 ลายวงจรพิมพ์ด้านล่าง โมดูล 8255B

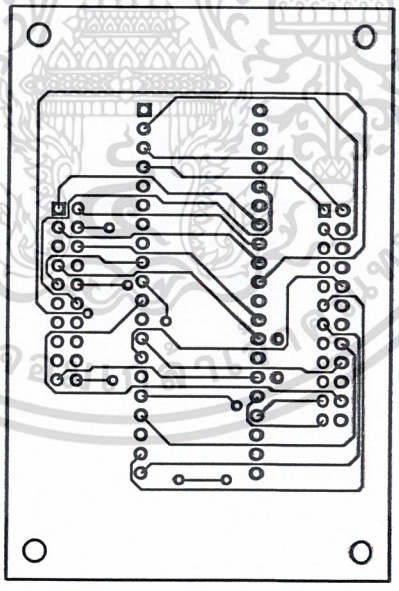


รูปที่ ข.45 วงจร โมดูล 8255C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

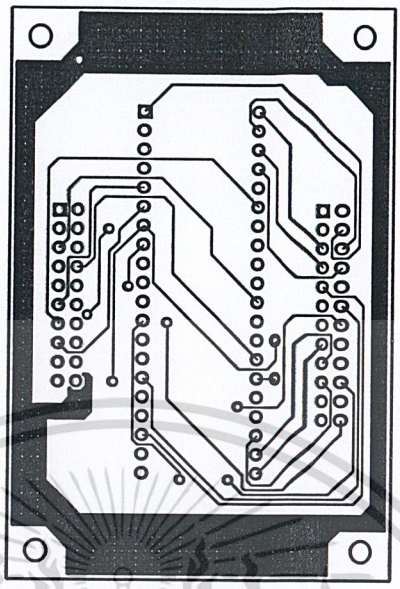


รูปที่ ข.46 ลายอุปกรณ์ ด้านบน โมดูล 8255C

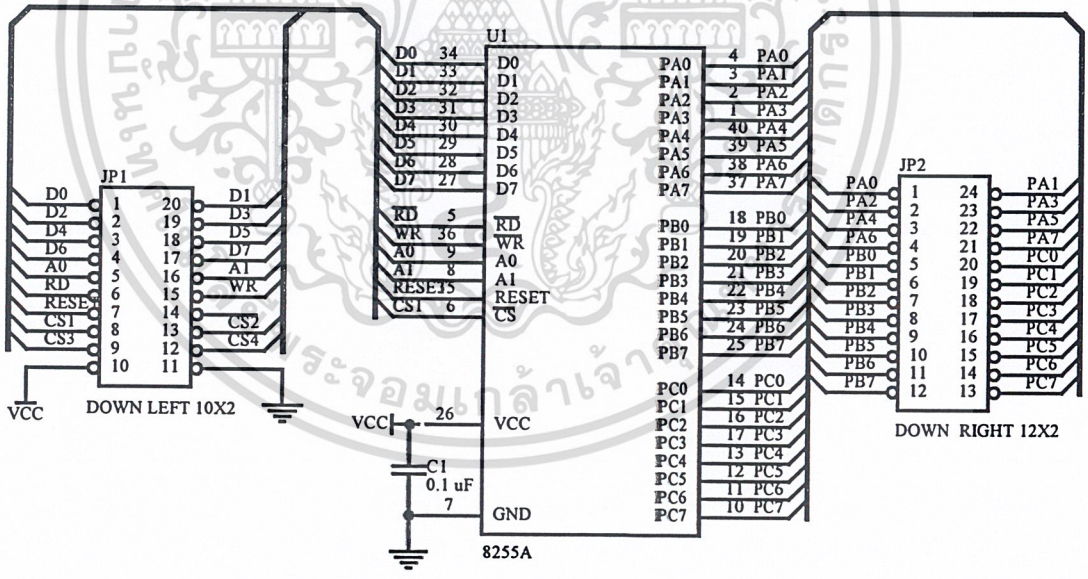


รูปที่ ข.47 ลายวงจรพิมพ์ด้านบน โมดูล 8255C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

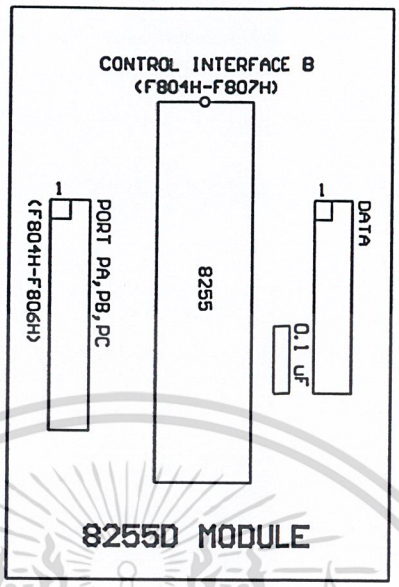


รูปที่ ข.48 ลายวงจรพิมพ์ด้านล่าง โมดูล 8255C

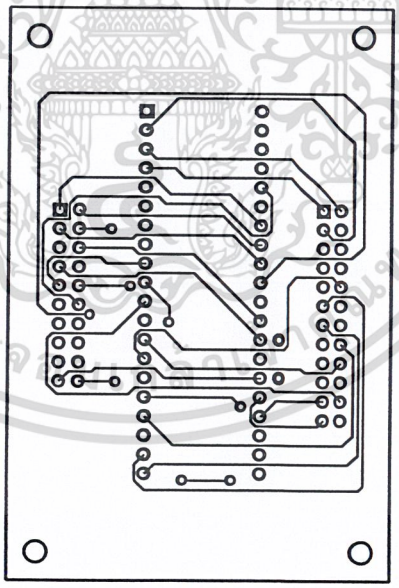


รูปที่ ข.49 วงจร โมดูล 8255D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

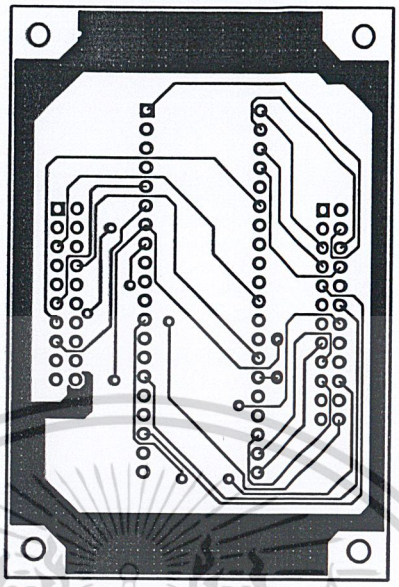


รูปที่ ข.50 ลายอุปกรณ์ ด้านบน โมดูล 8255D

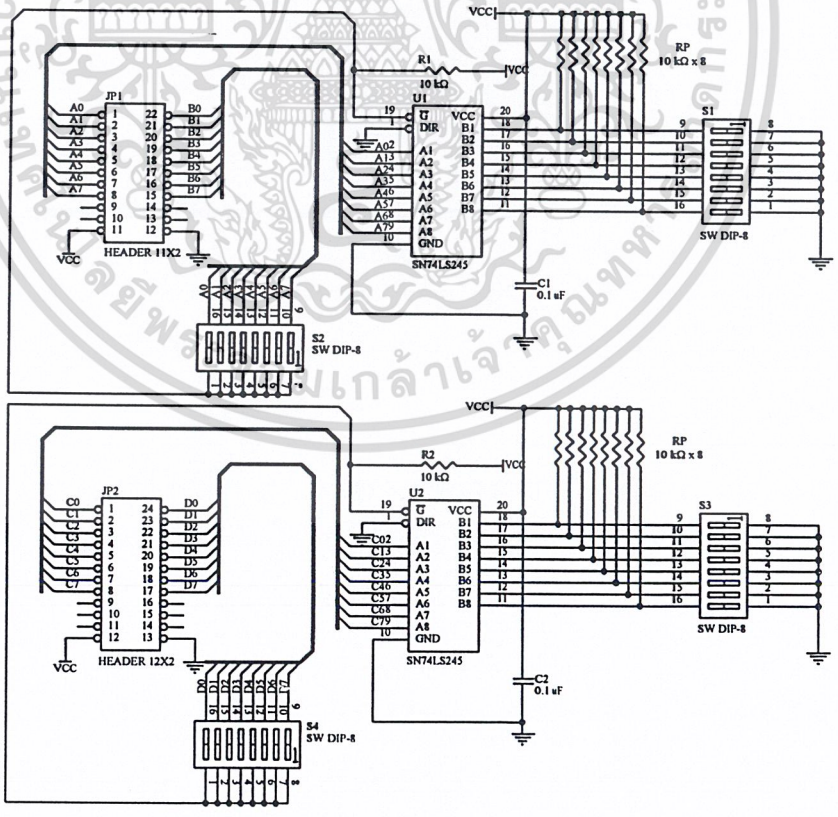


รูปที่ ข.51 ลายวงจรพิมพ์ด้านบน โมดูล 8255D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

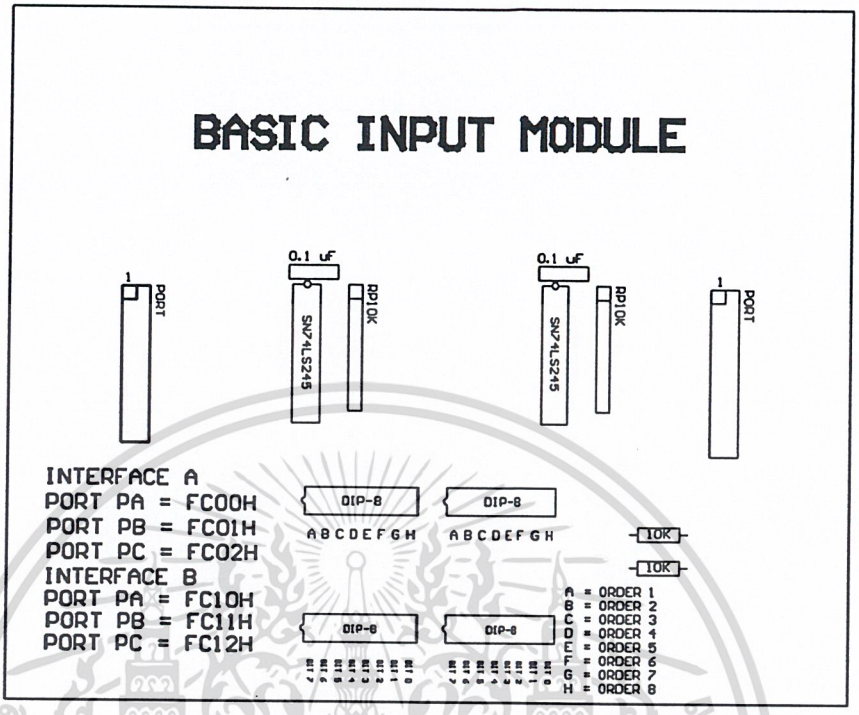


รูปที่ ข.52 ลายวงจรพิมพ์ด้านล่าง โมดูล 8255D

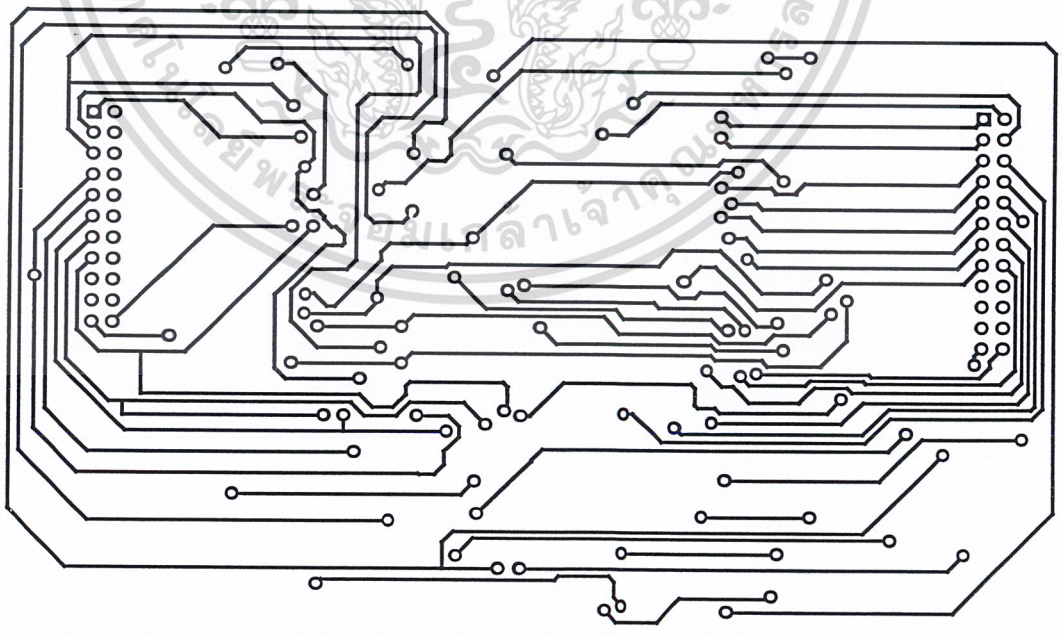


รูปที่ ข.53 วงจรโมดูลเบสิกอินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

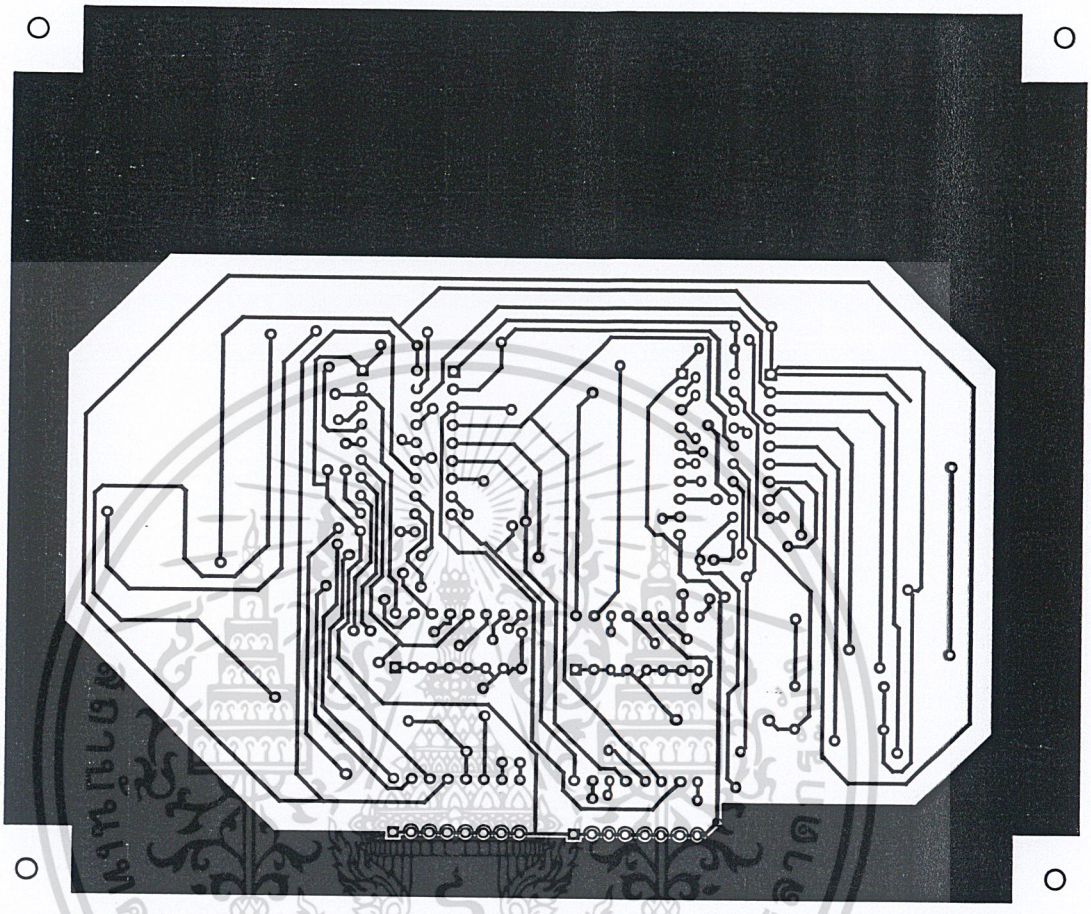


รูปที่ ข.54 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูลเบสิกอินพุต



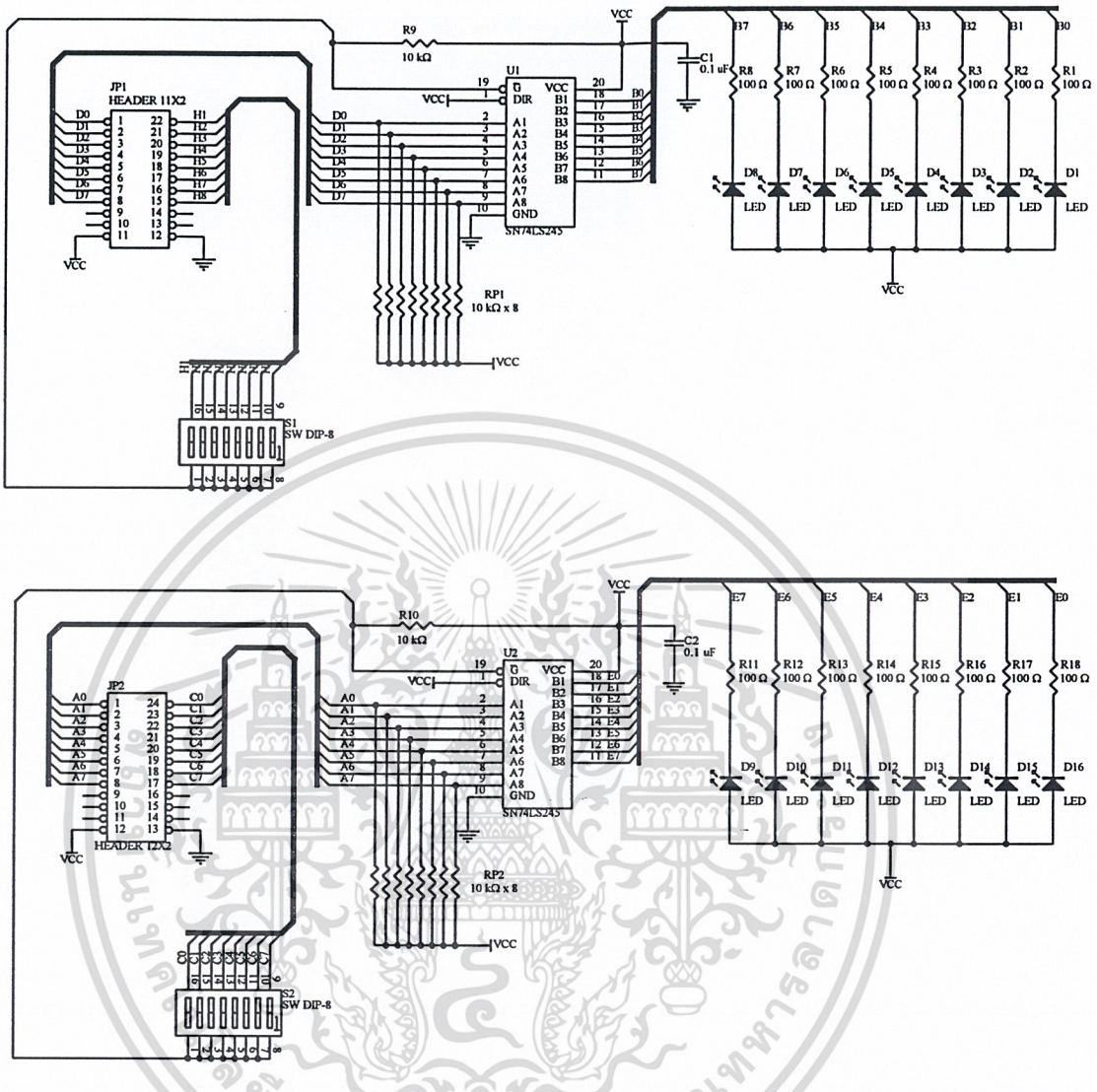
รูปที่ ข.55 ลายวงจรพิมพ์ ด้านบนโมดูลเบสิกอินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



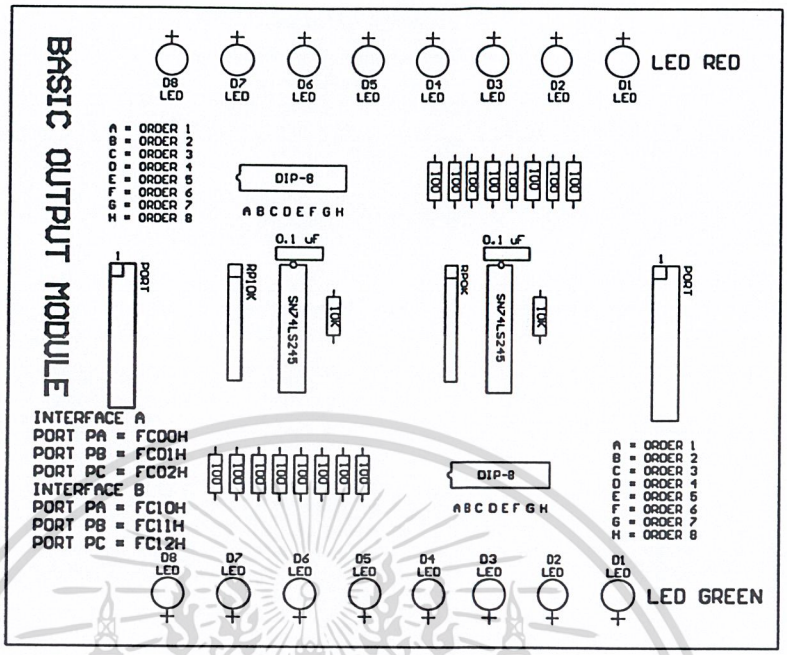
รูปที่ ข.56 ลายวงจรพิมพ์ ด้านล่าง โมดูลเบสิกอินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

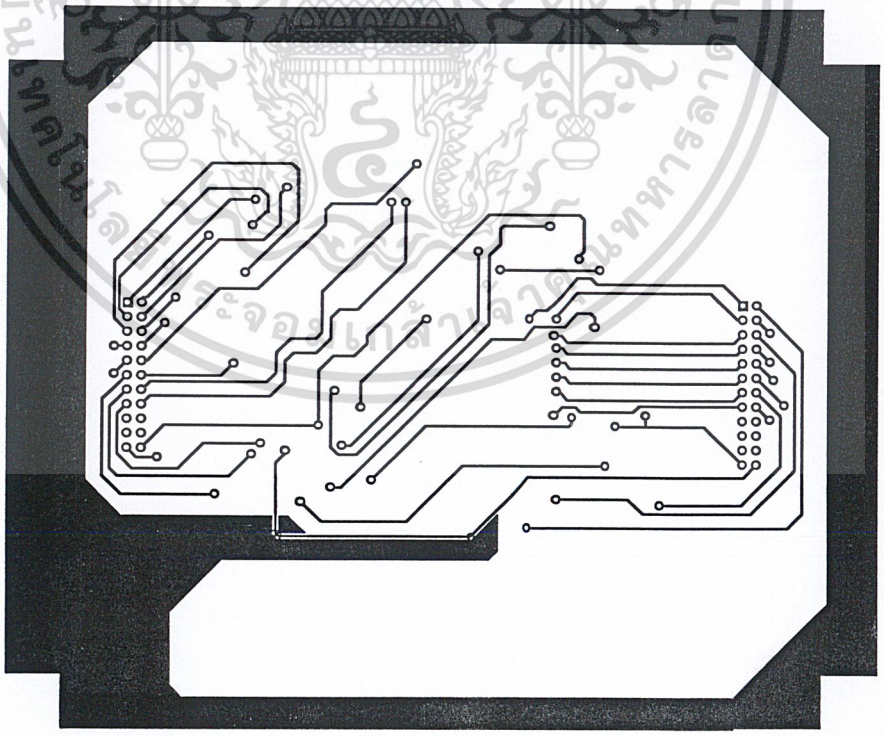


รูปที่ ข.57 วงจรโมดูลเบสิกเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

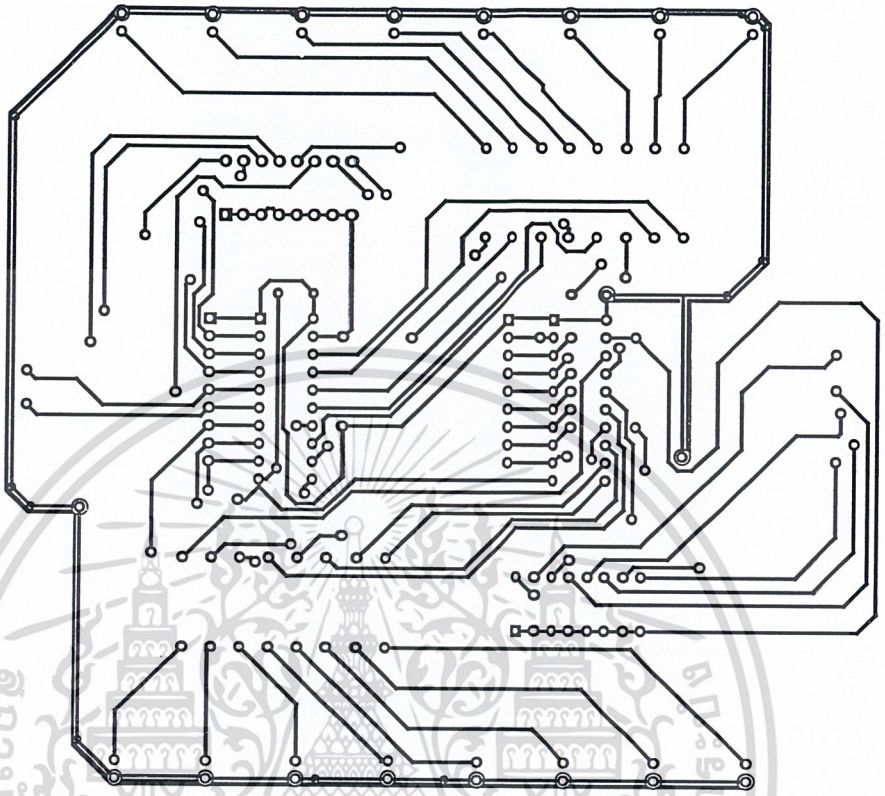


รูปที่ ข.58 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูลเบสิกเอาต์พุต



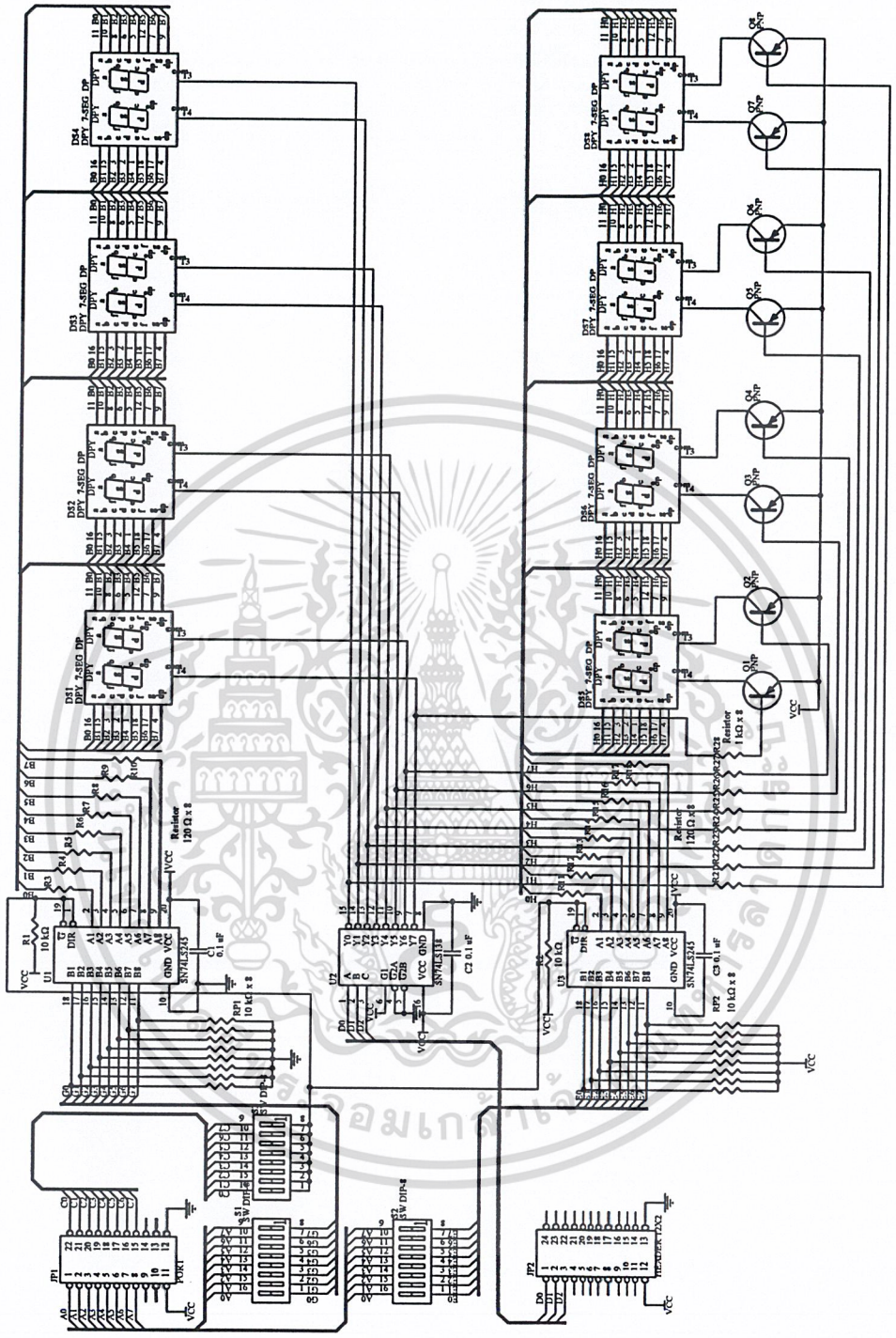
รูปที่ ข.59 ลายวงจรพิมพ์ ด้านบนโมดูลเบสิกเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



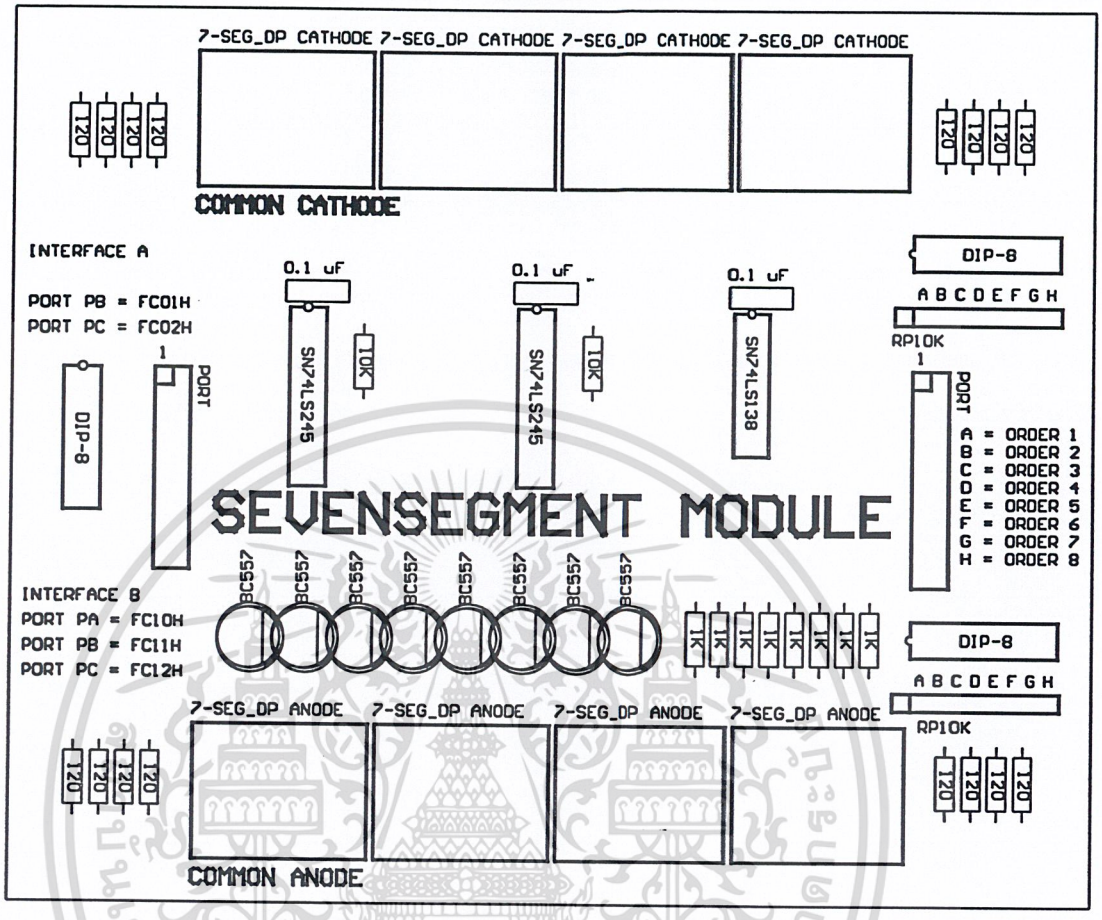
รูปที่ ข.60 ลายวงจรพิมพ์ ด้านล่างโมดูลเบสิกเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



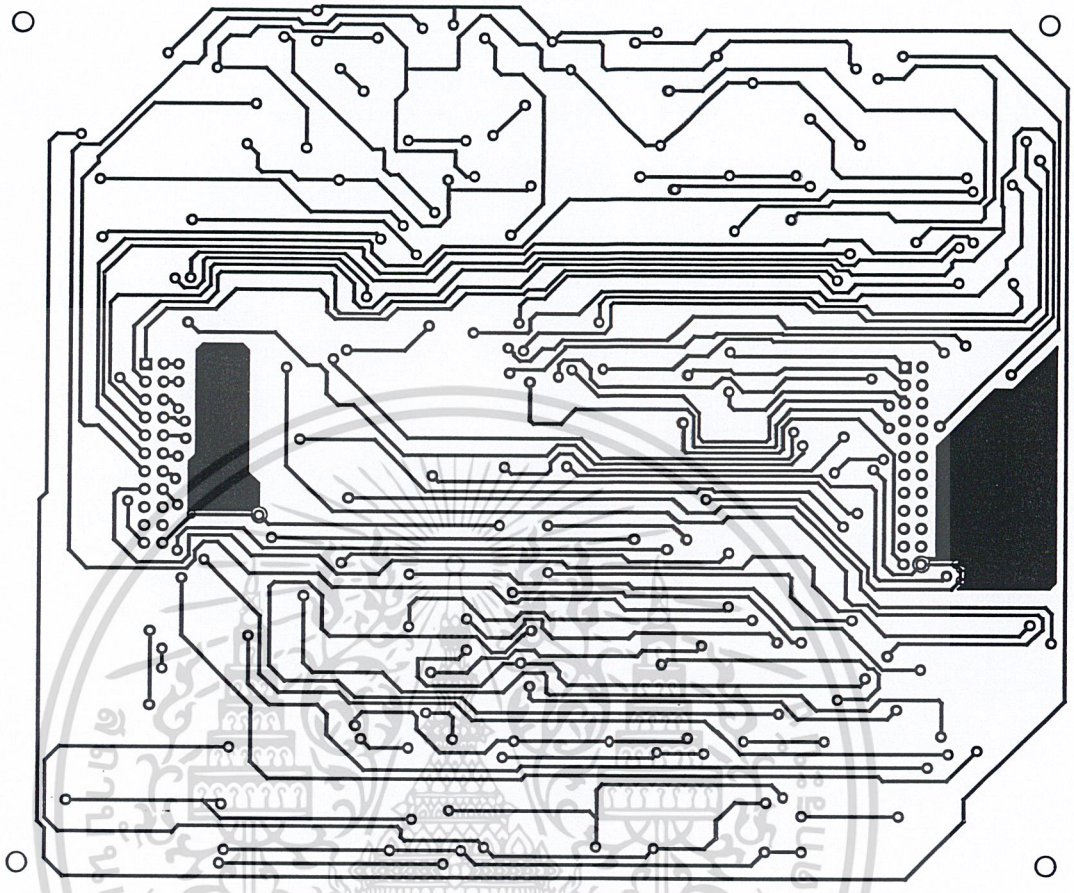
รูปที่ ข.61 วงจรโมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



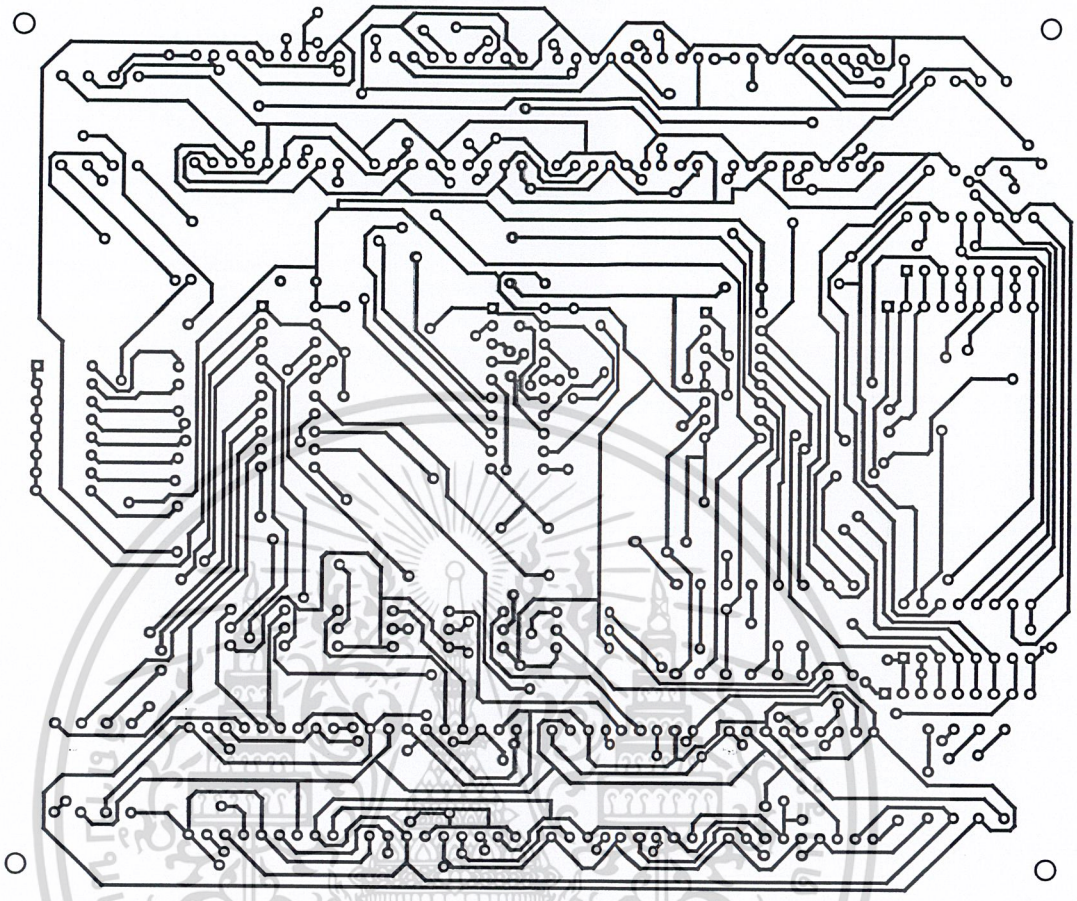
รูปที่ ข.62 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



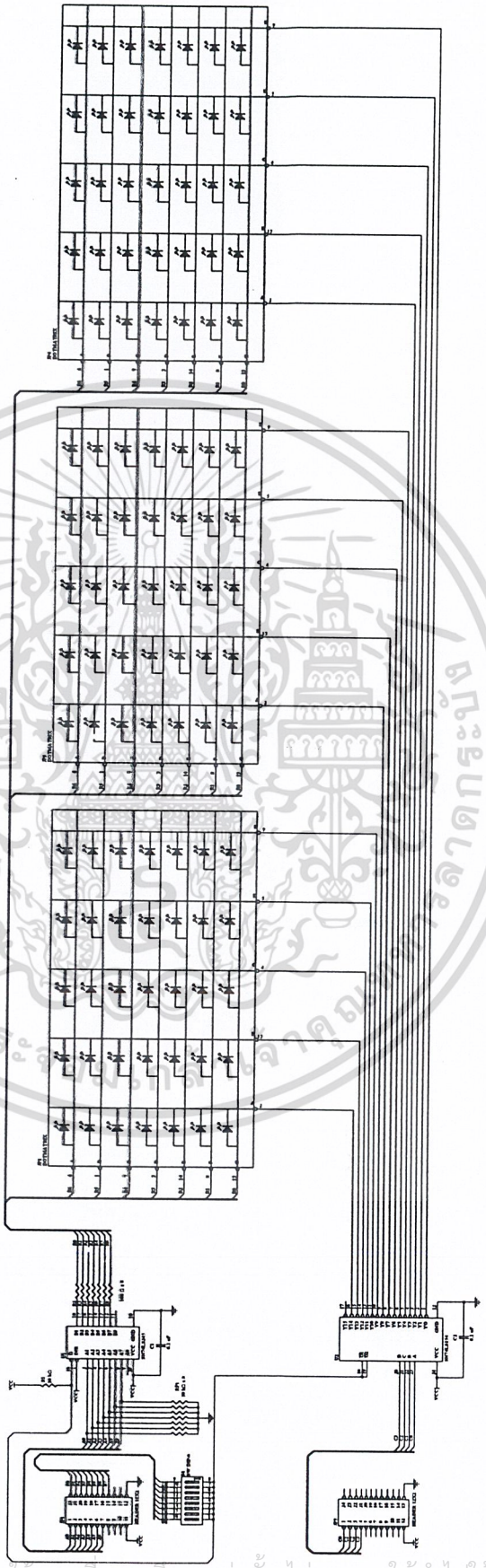
รูปที่ ข.63 ลายวงจรพิมพ์ ด้านบนโมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



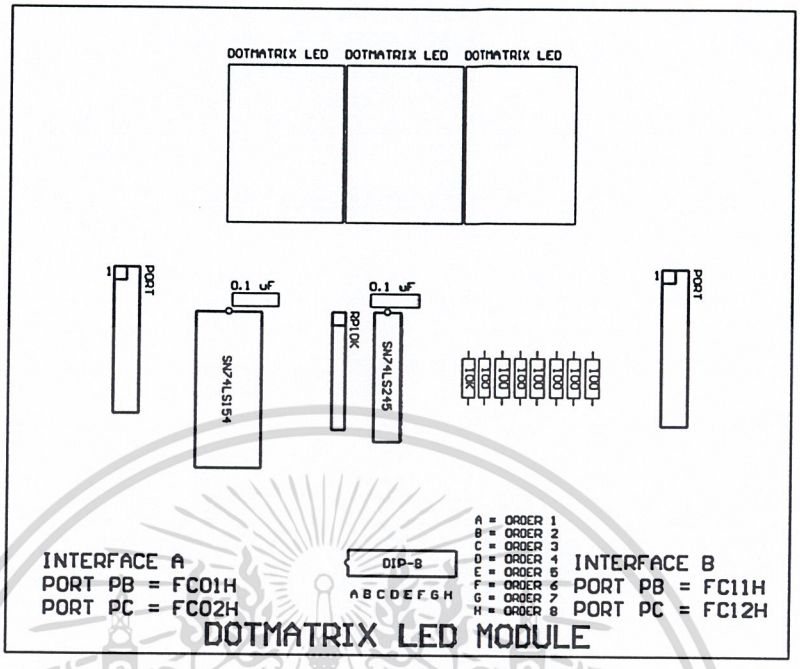
รูปที่ ข.64 ลายวงจรพิมพ์ ด้านล่าง โมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

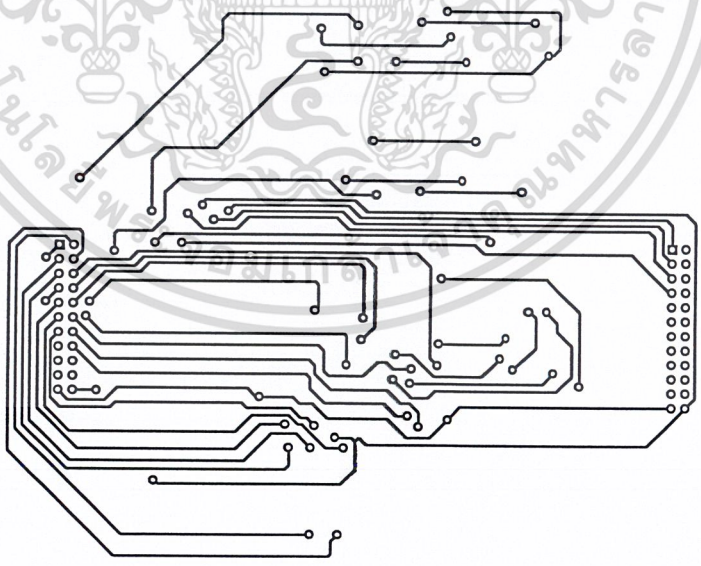


รูปที่ ข.65 วงจรโมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

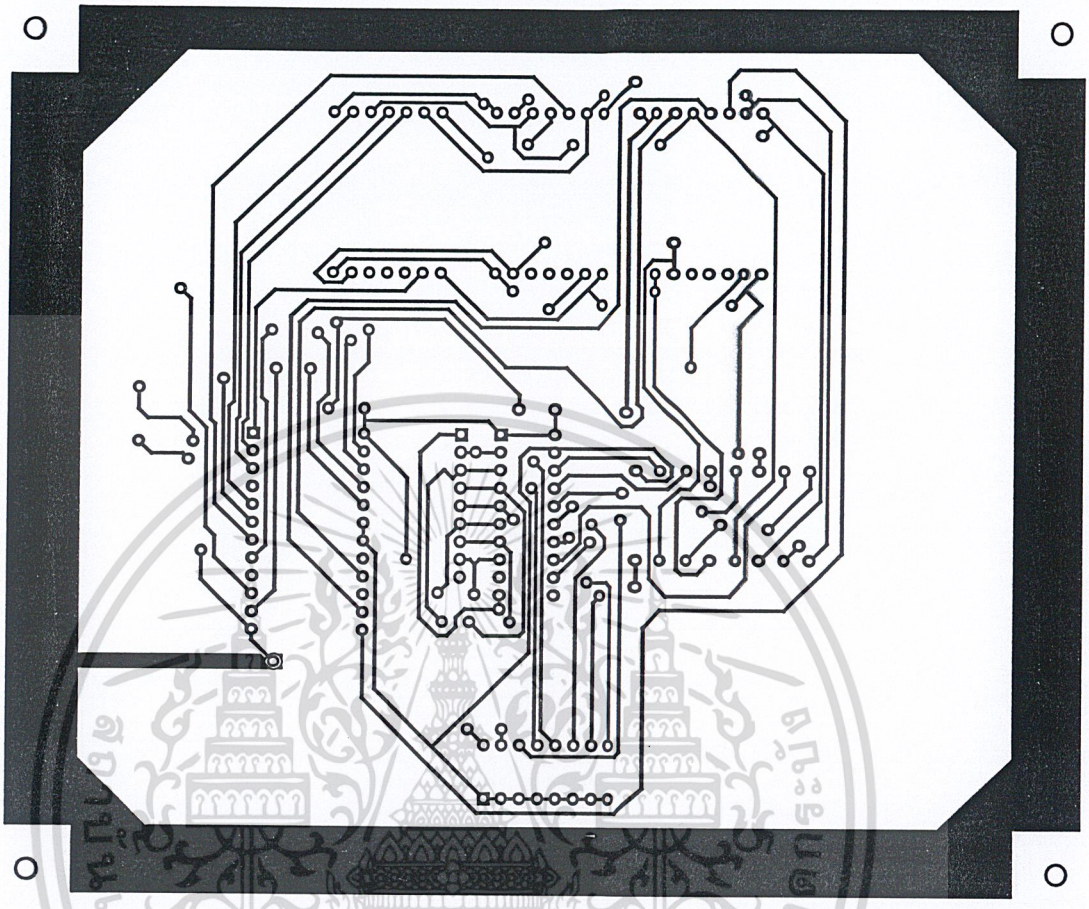


รูปที่ ข.66 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์

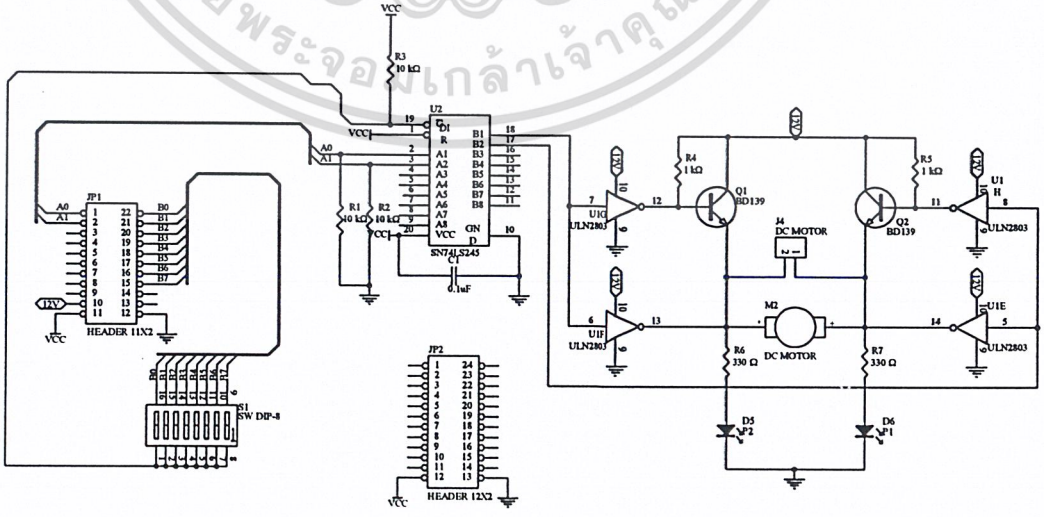


รูปที่ ข.67 ลายวงจรพิมพ์ ด้านบนโมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

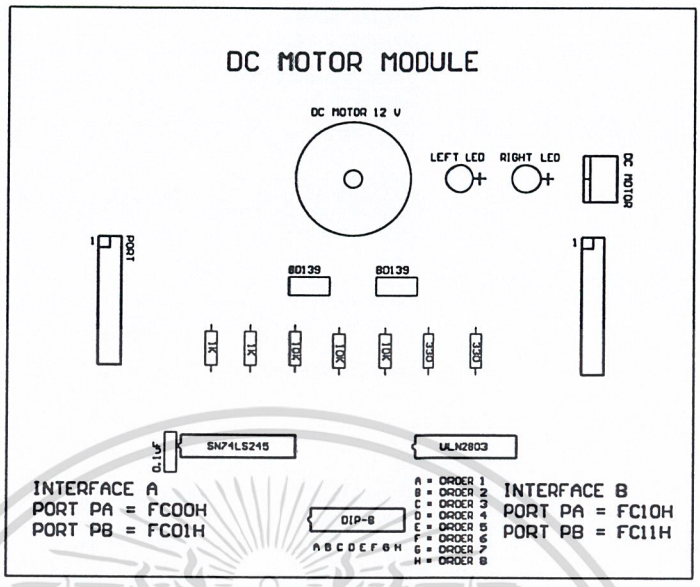


รูปที่ ข.68 ลายวงจรพิมพ์ ด้านล่าง โมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์

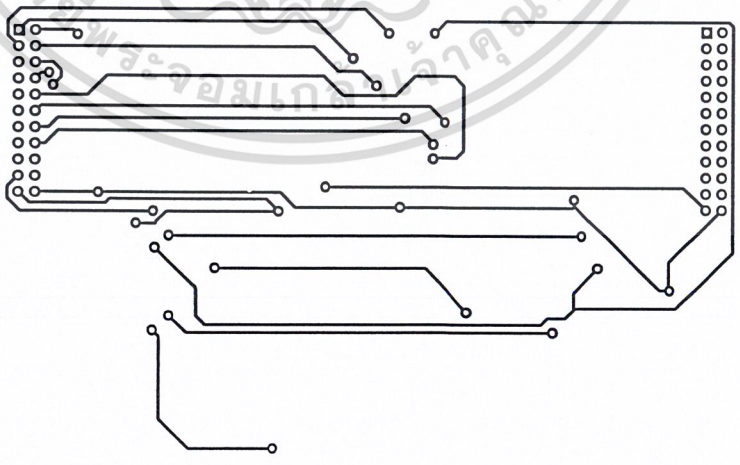


รูปที่ ข.69 วงจร โมดูลดีซีมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

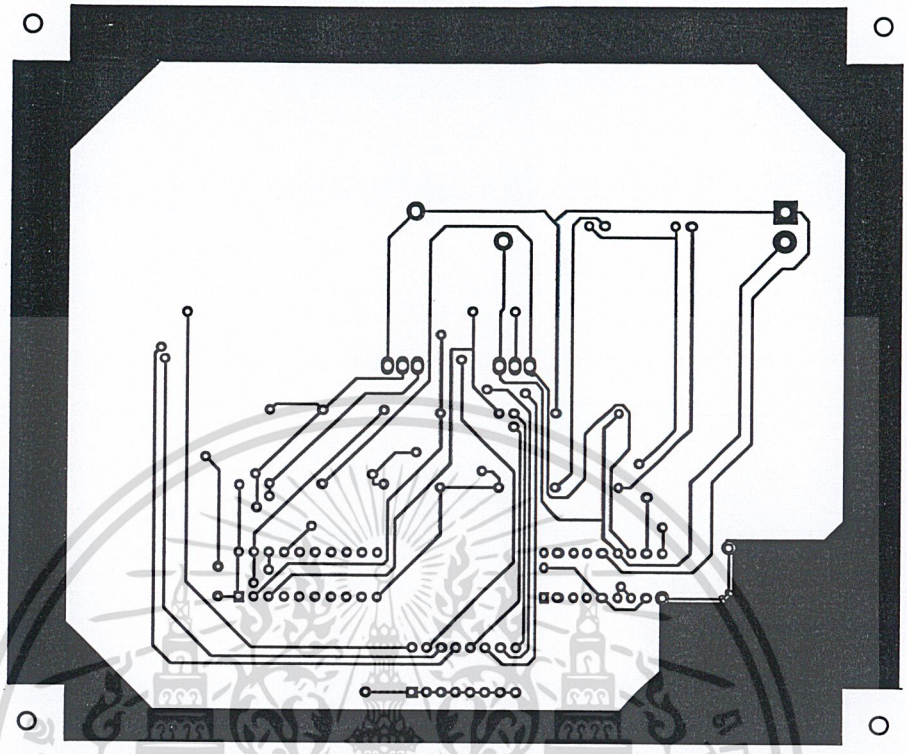


รูปที่ ข.70 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูลดีซีมอเตอร์

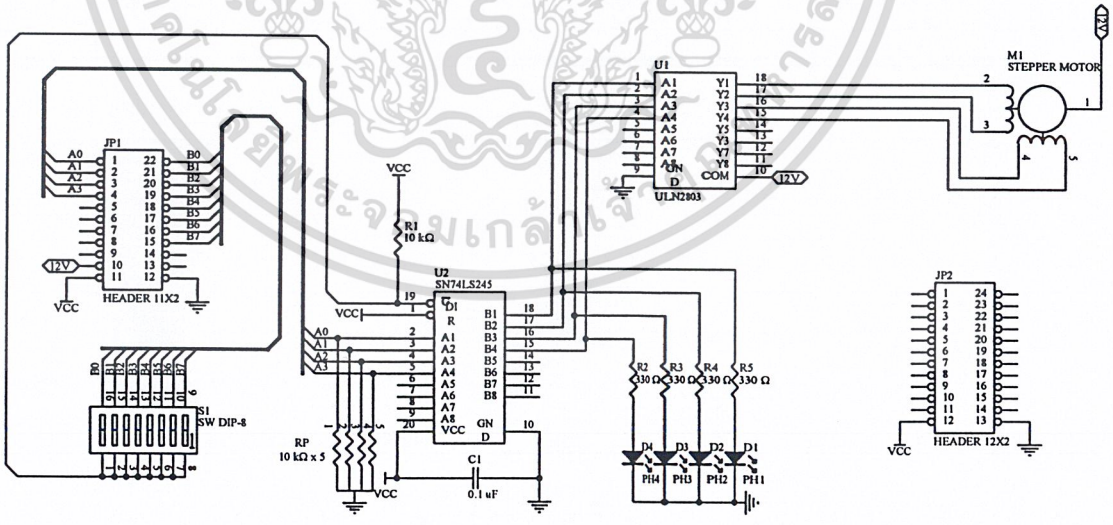


รูปที่ ข.71 ลายวงจรพิมพ์ ด้านบนโมดูลดีซีมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

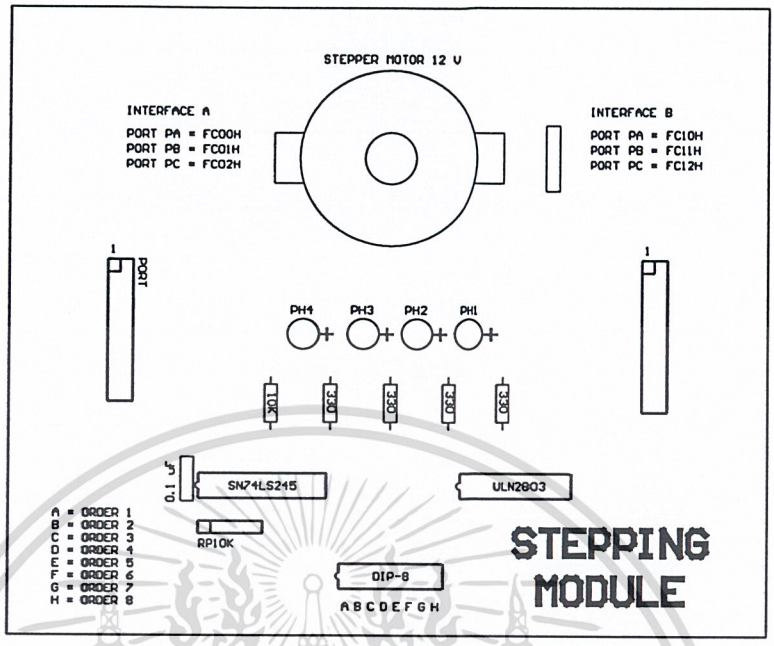


รูปที่ ข.72 ลายวงจรพิมพ์ ด้านล่างโมดูลดีซีมอเตอร์

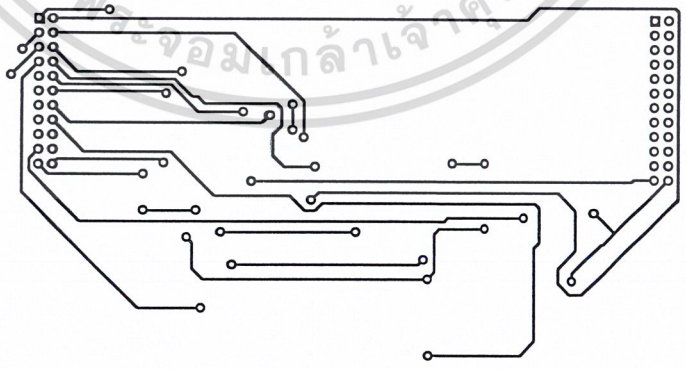


รูปที่ ข.73 วงจรโมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

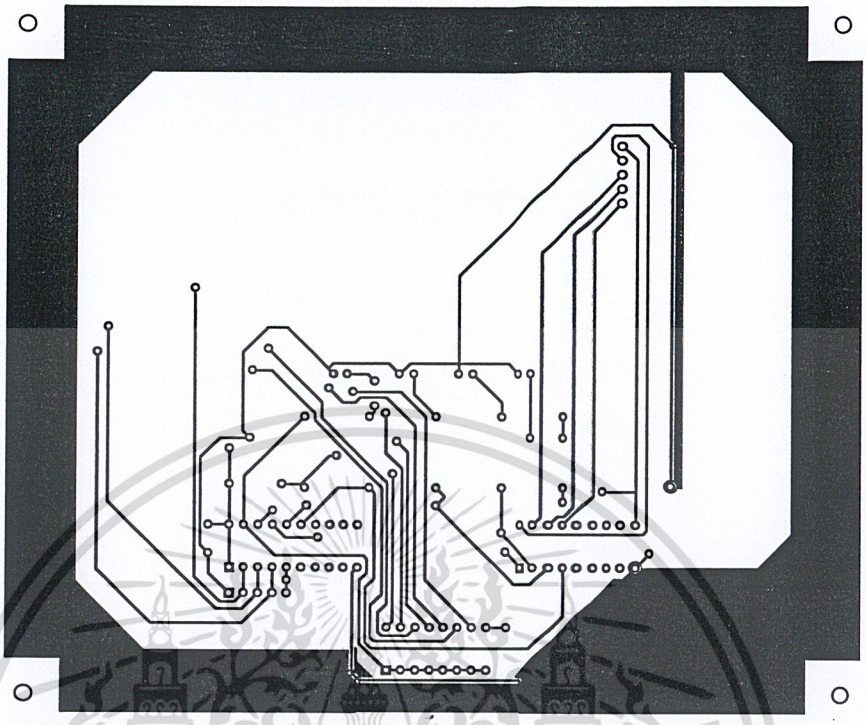


รูปที่ ข.74 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์

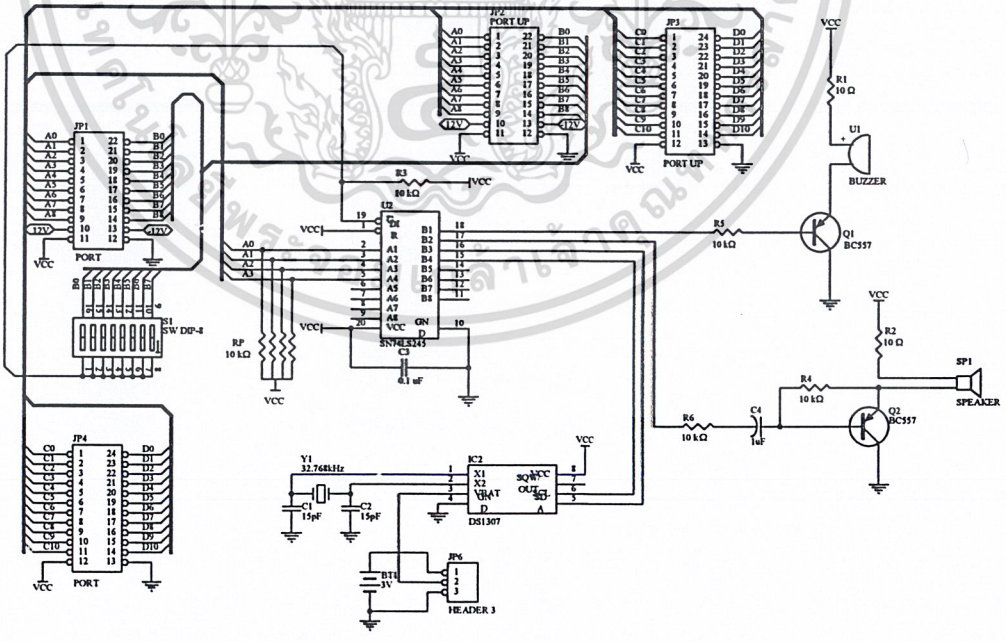


รูปที่ ข.75 ลายวงจรพิมพ์ ด้านบนโมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

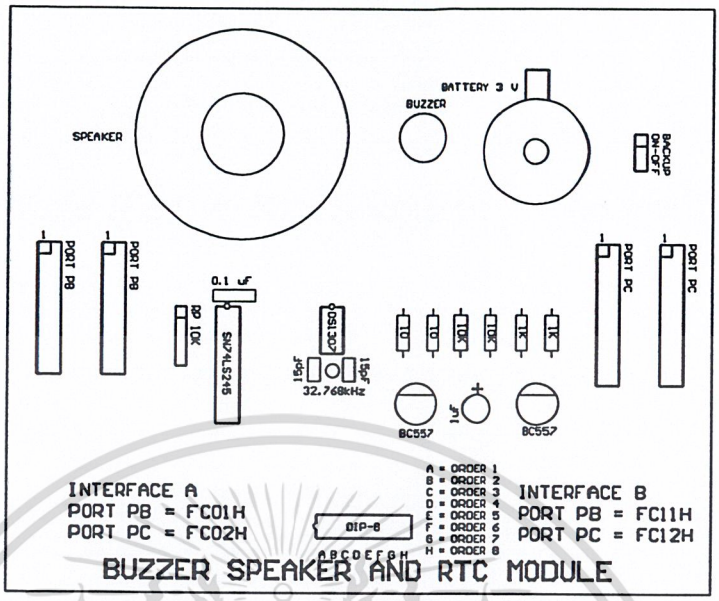


รูปที่ ข.76 ลายวงจรพิมพ์ ด้านล่าง โมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์

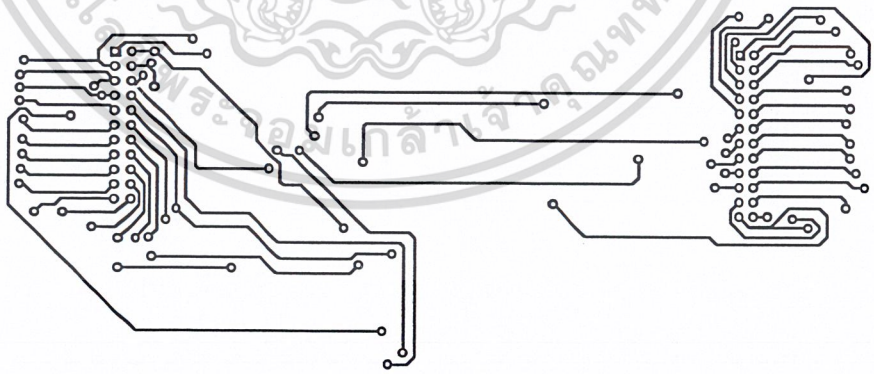


รูปที่ ข.77 วงจรโมดูลบัซเซอร์ ลำโพง และอาร์ทีซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

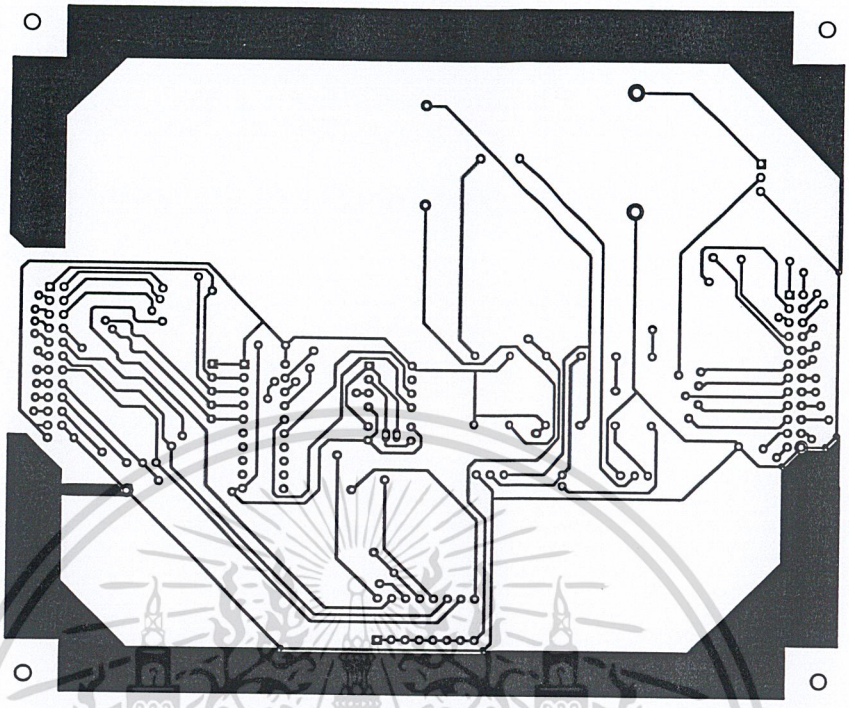


รูปที่ ข.78 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูลบัซเซอร์ ลำโพง และอาร์ทีซี

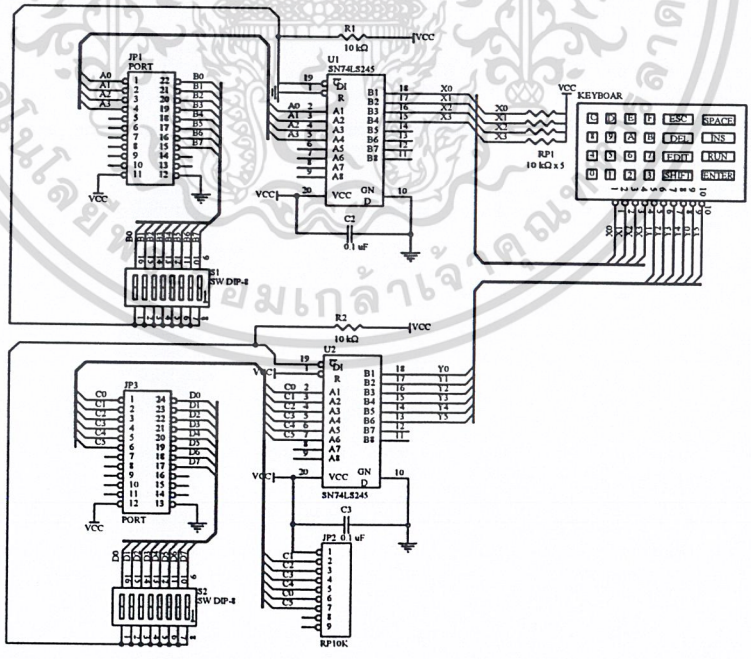


รูปที่ ข.79 ลายวงจรพิมพ์ ด้านบนโมดูลบัซเซอร์ ลำโพง และอาร์ทีซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

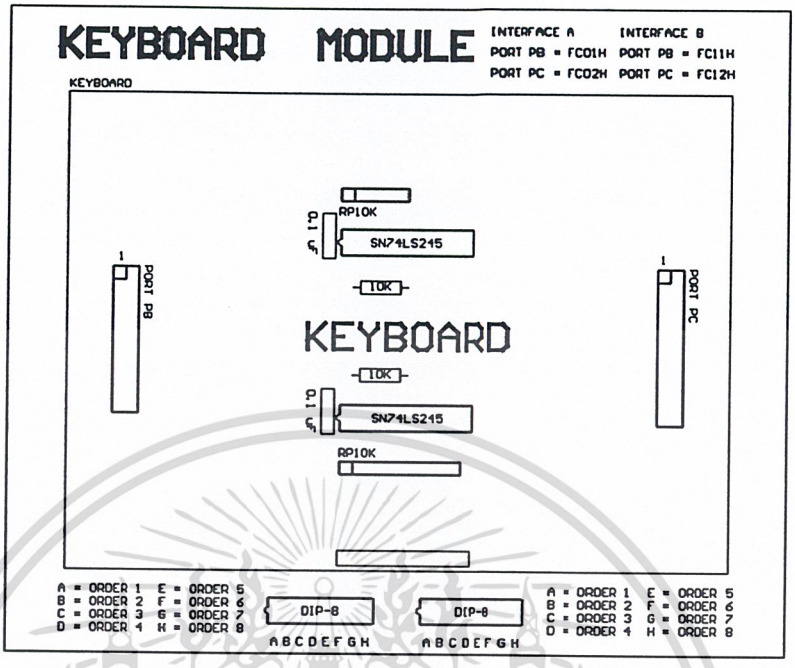


รูปที่ ข.80 ลายวงจรพิมพ์ ด้านล่างโมดูลบัซเซอร์ ลำโพง และอาร์ทีซี

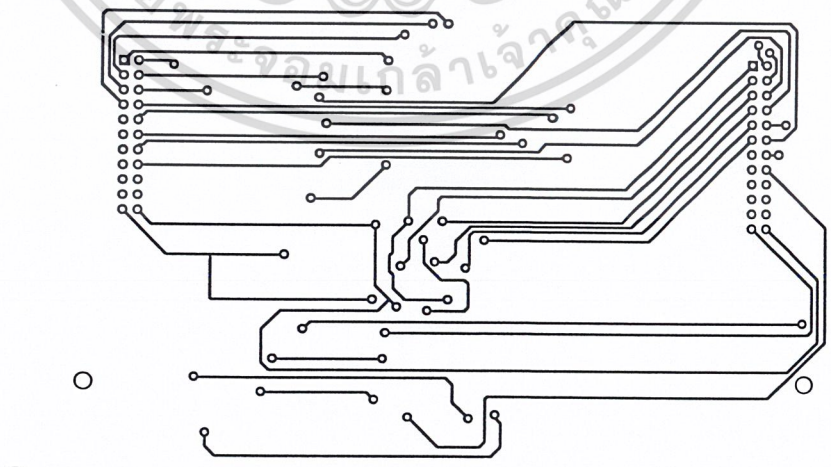


รูปที่ ข.81 วงจรโมดูลแป้นพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

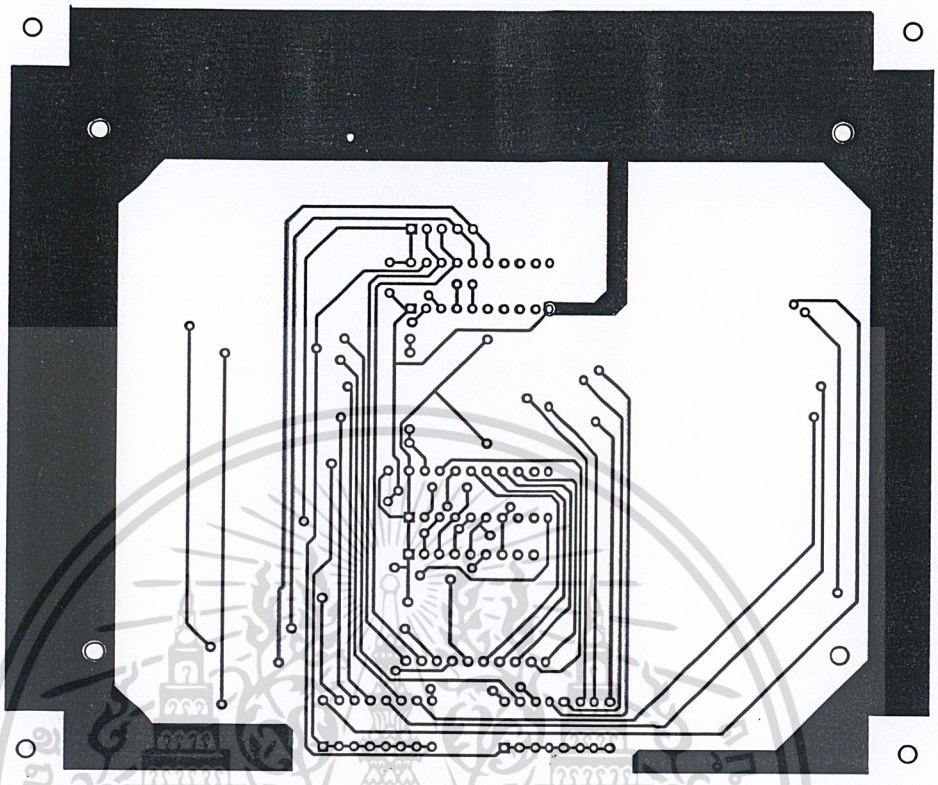


รูปที่ ข.82 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูลแป้นพิมพ์



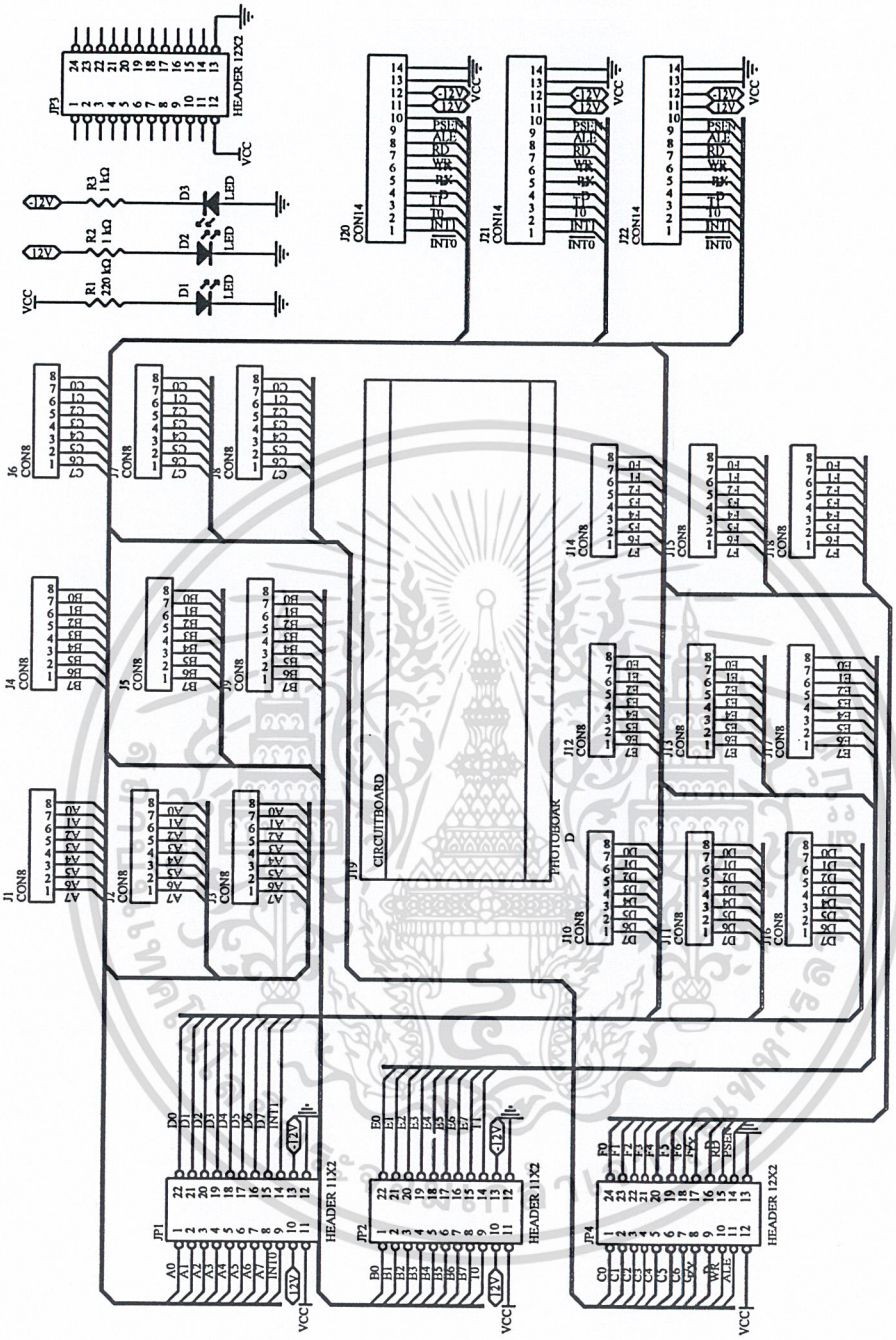
รูปที่ ข.83 ลายวงจรพิมพ์ ด้านบนโมดูลแป้นพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



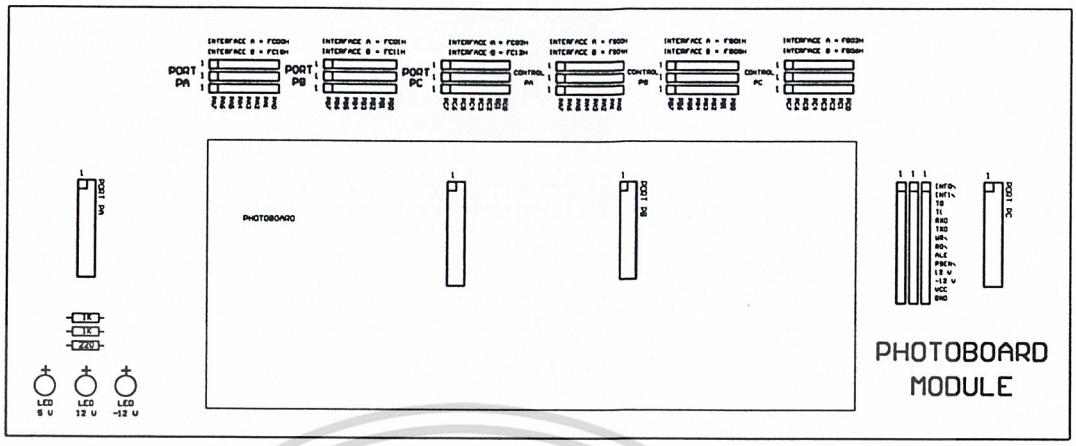
รูปที่ ข.84 ลายวงจรพิมพ์ ด้านล่าง โมดูลแป้นพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

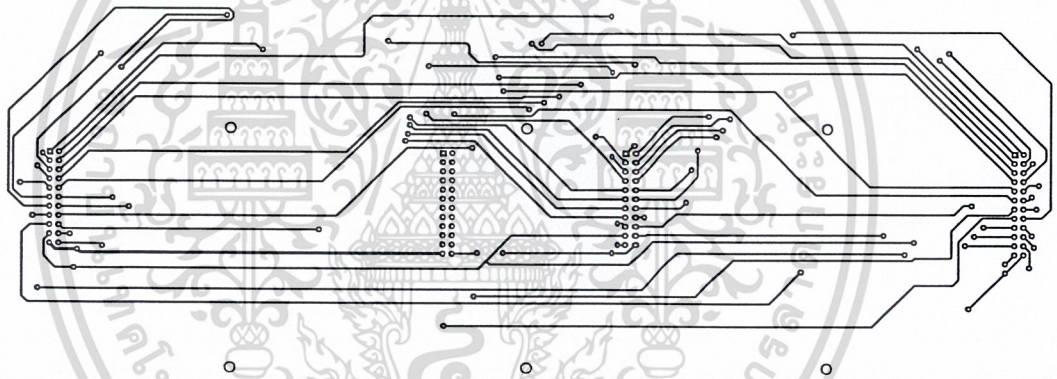


รูปที่ ข.85 วงจรโมดูลแผงต่อวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

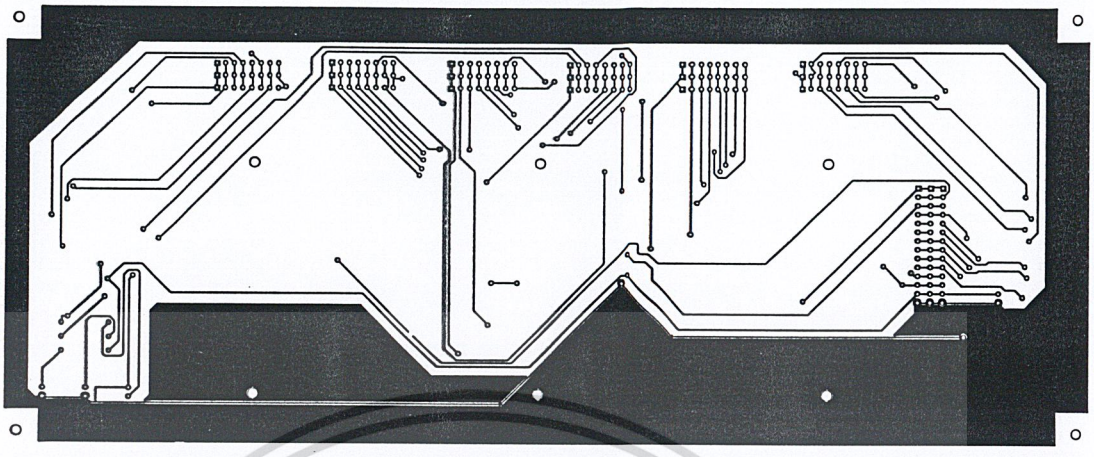


รูปที่ ข.86 ลายอุปกรณ์ ด้านบนโมดูลแผงต่อวงจร

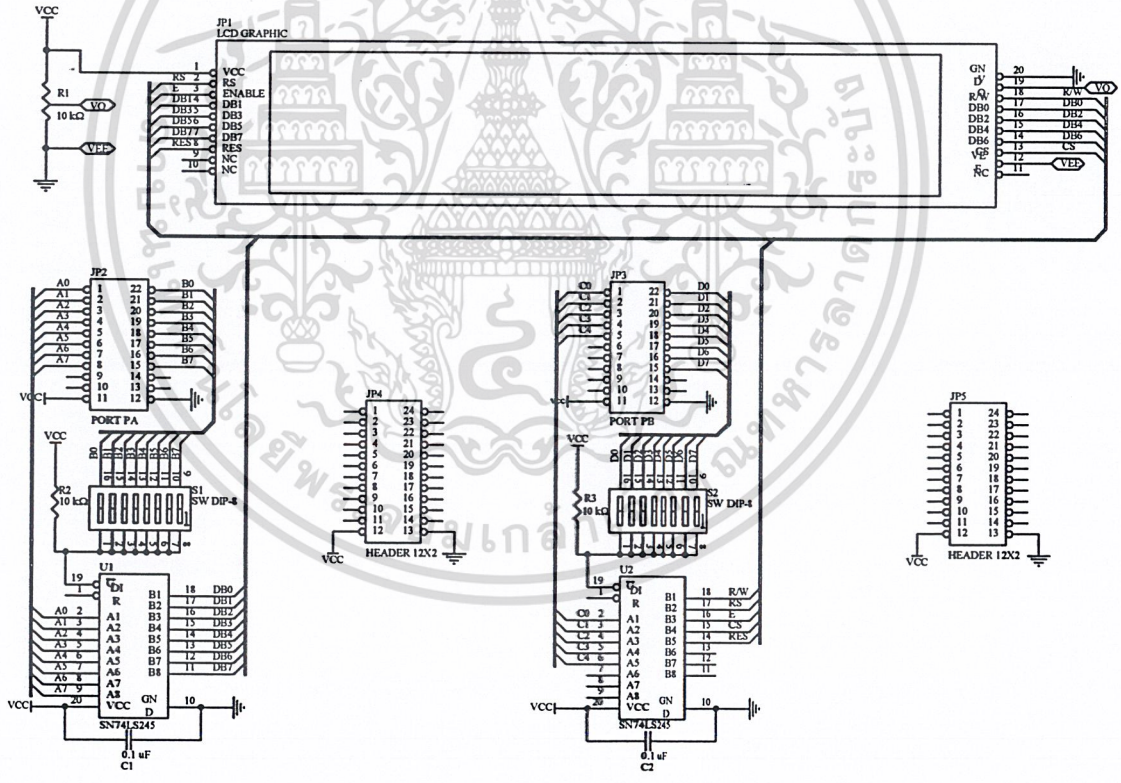


รูปที่ ข.87 ลายวงจรพิมพ์ ด้านบนโมดูลแผงต่อวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

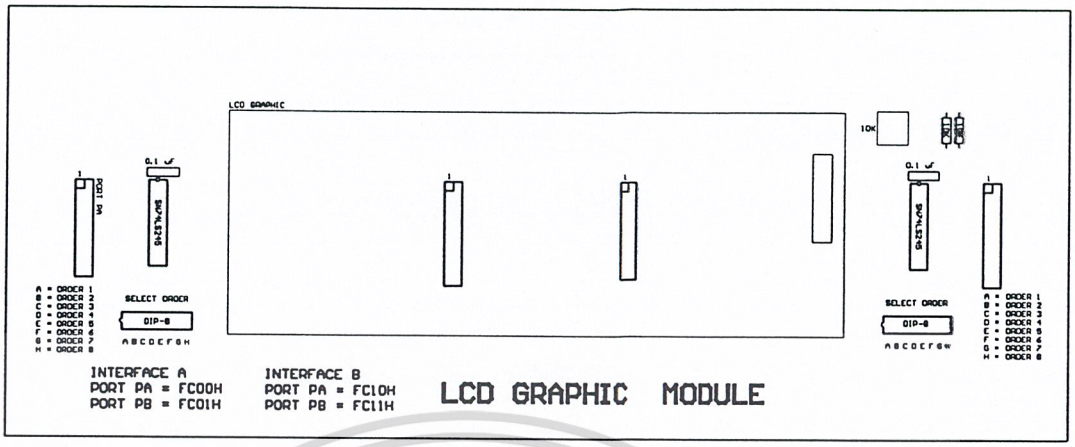


รูปที่ ข.88 ลายวงจรพิมพ์ ด้านล่างโมดูลแผงต่อวงจร

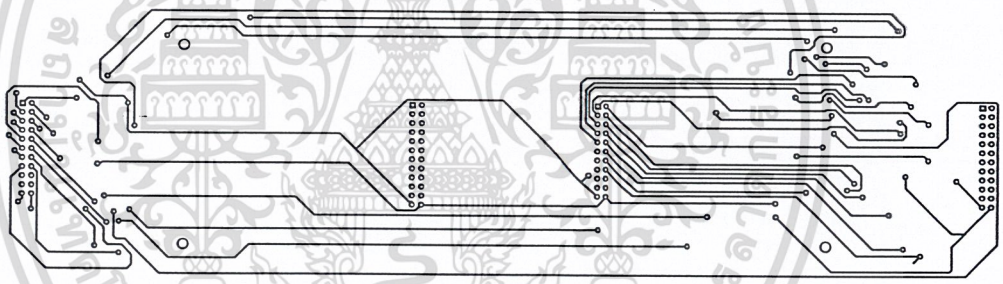


รูปที่ ข.89 วงจรโมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

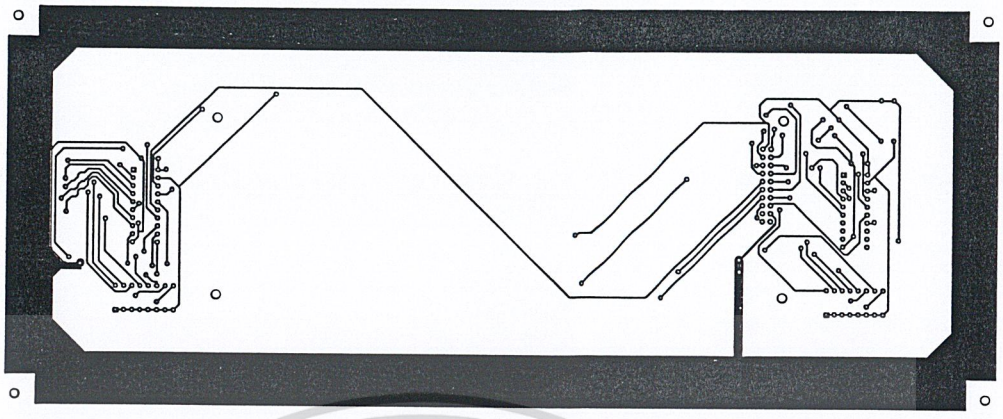


รูปที่ ข.90 ลายอุปกรณ์ ด้านบน โมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์



รูปที่ ข.91 ลายวงจรพิมพ์ ด้านบน โมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

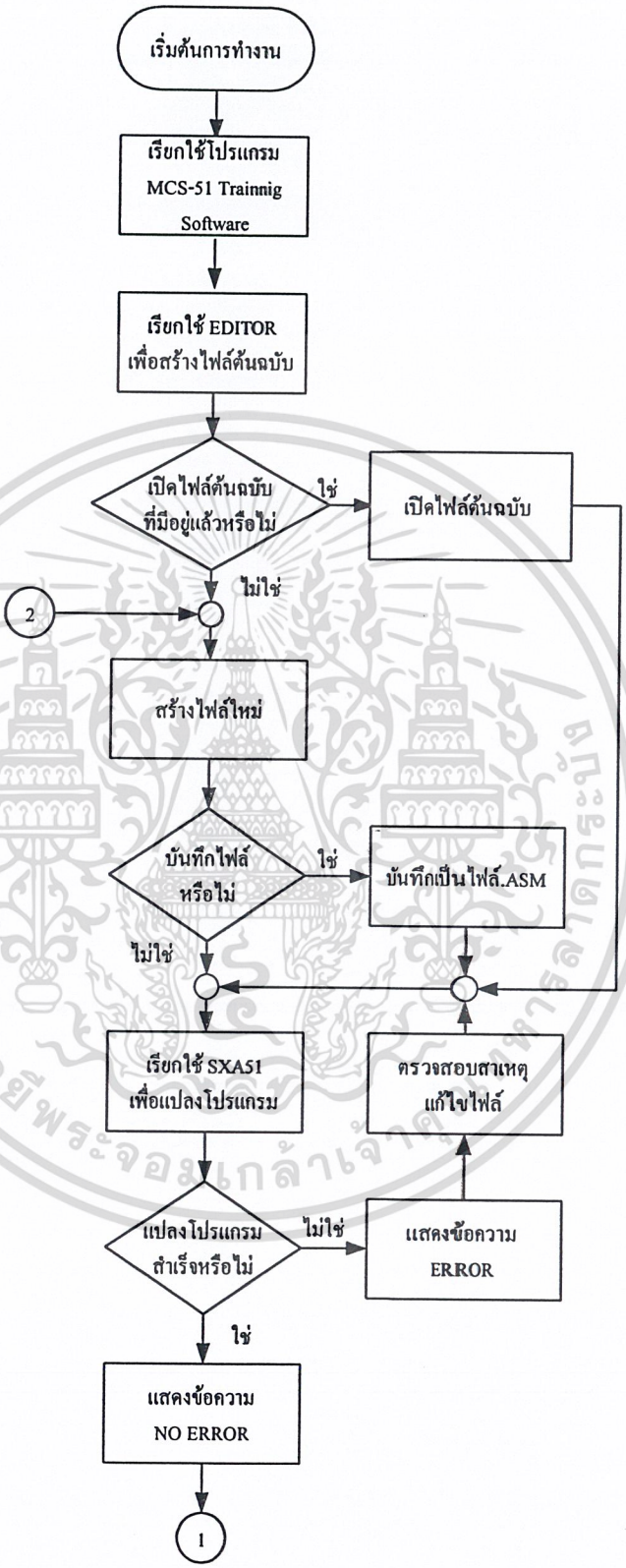


รูปที่ ข.92 ลายวงจรพิมพ์ ด้านล่าง โมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

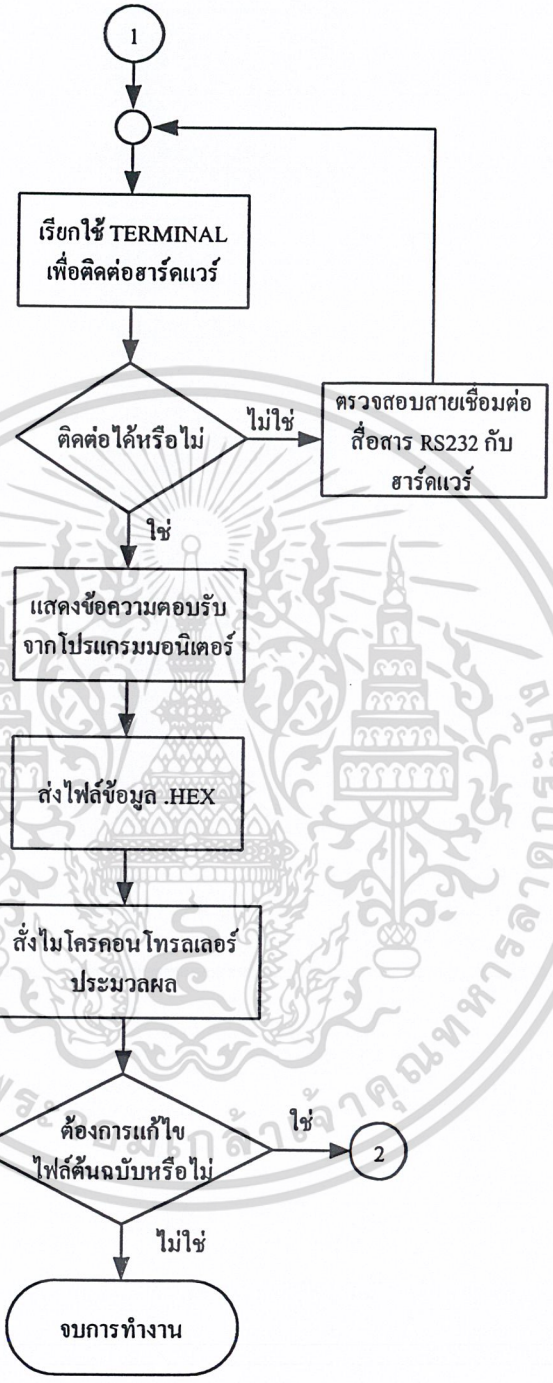
ภาคผนวก ค
ผังการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



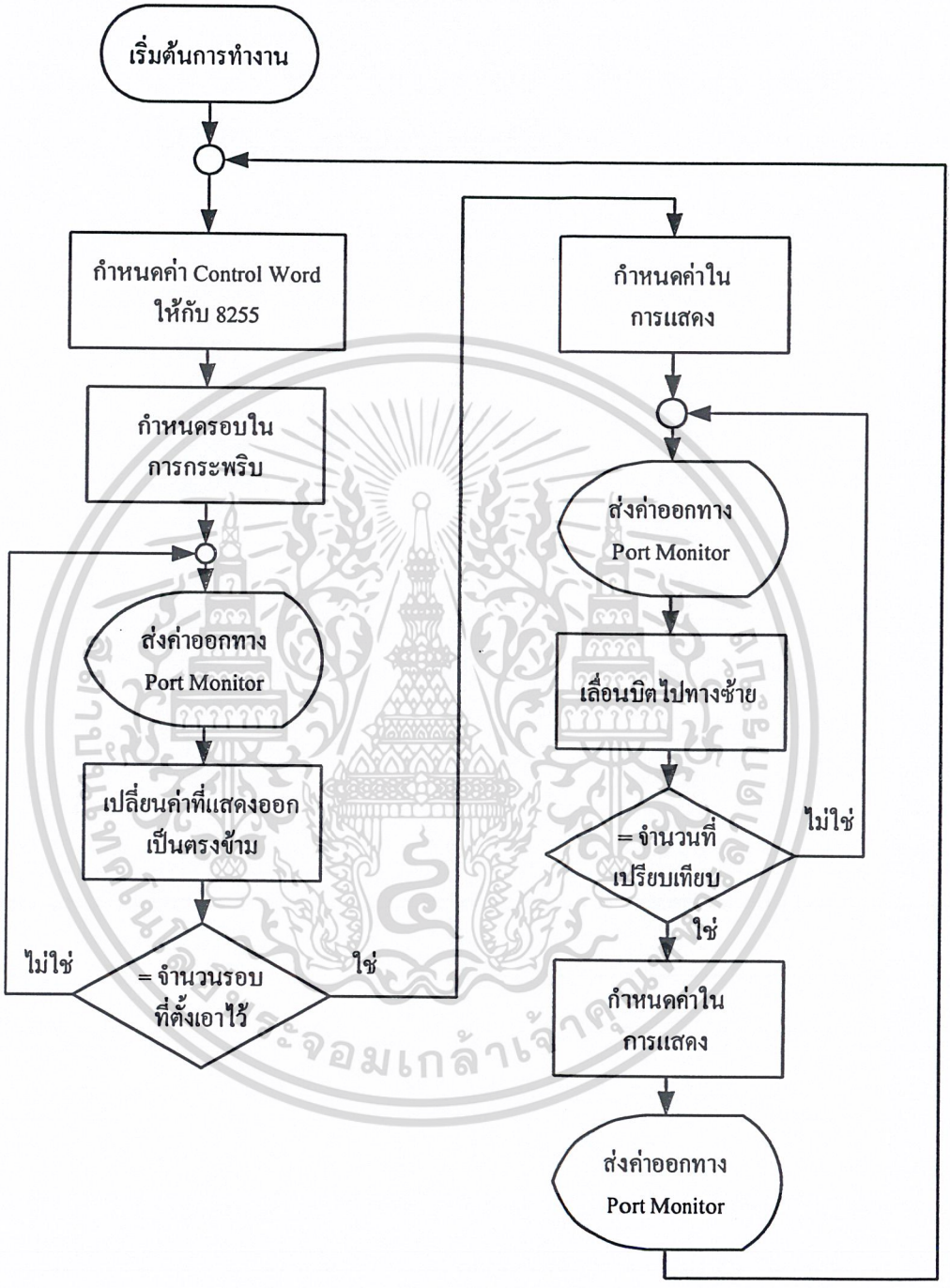
รูปที่ ค.1 ผังการทำงานหลักของโปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



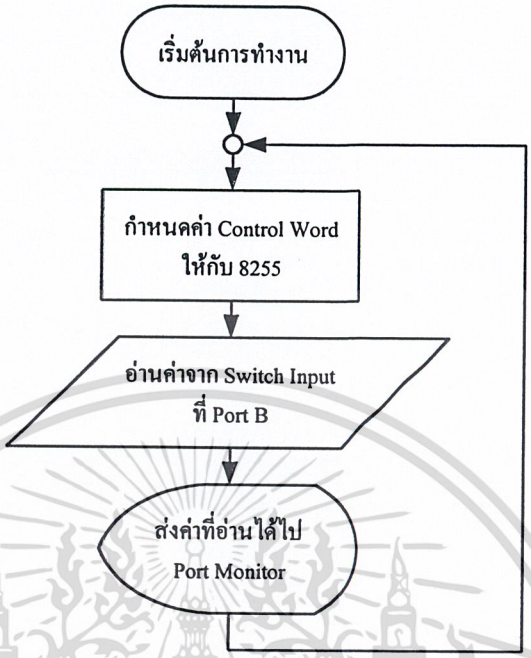
รูปที่ ค.2 ผังการทำงานย่อยของโปรแกรม Microcontroller MCS-51 Trainning Software

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

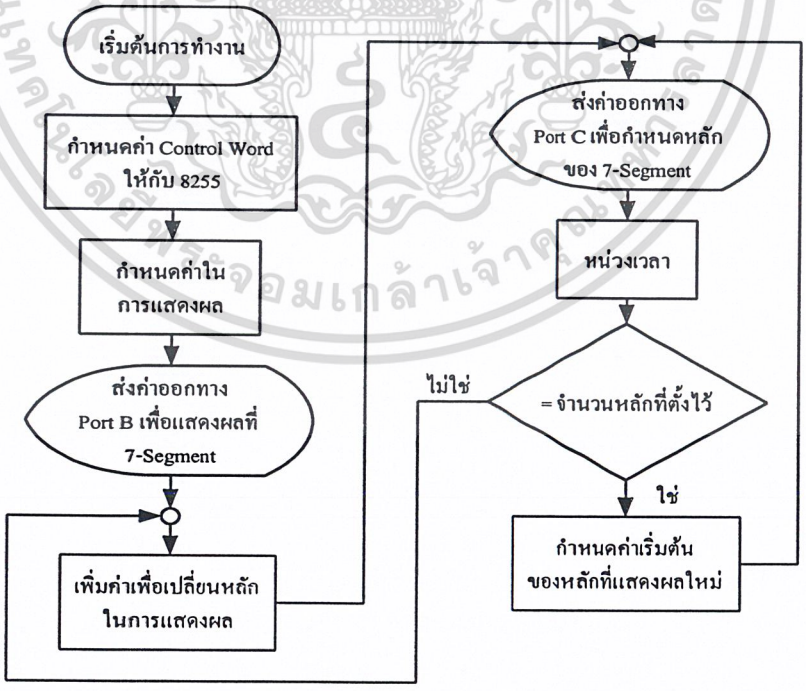


รูปที่ ค.3 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลเบสิกเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

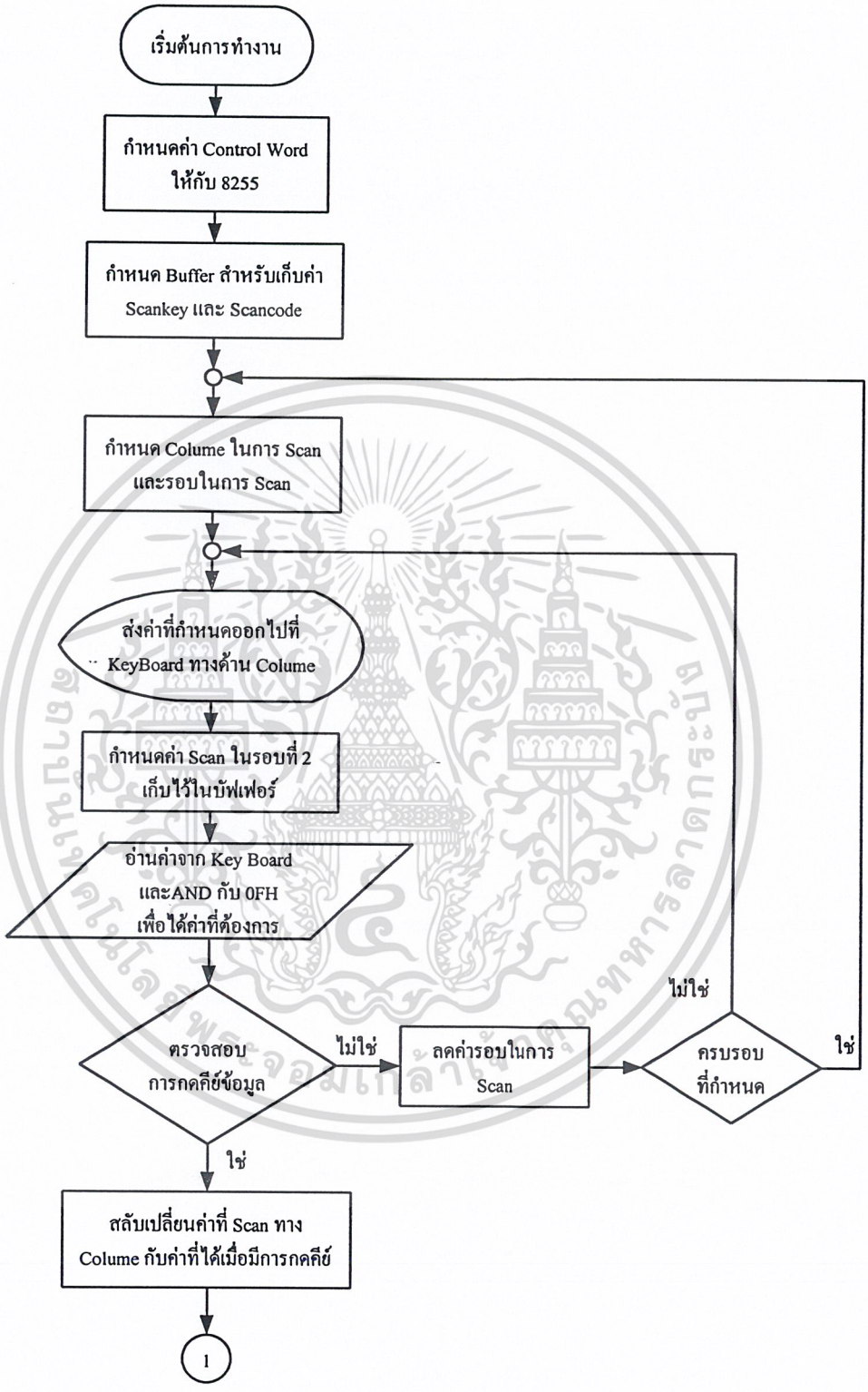


รูปที่ ค.4 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลเบสิกอินพุต



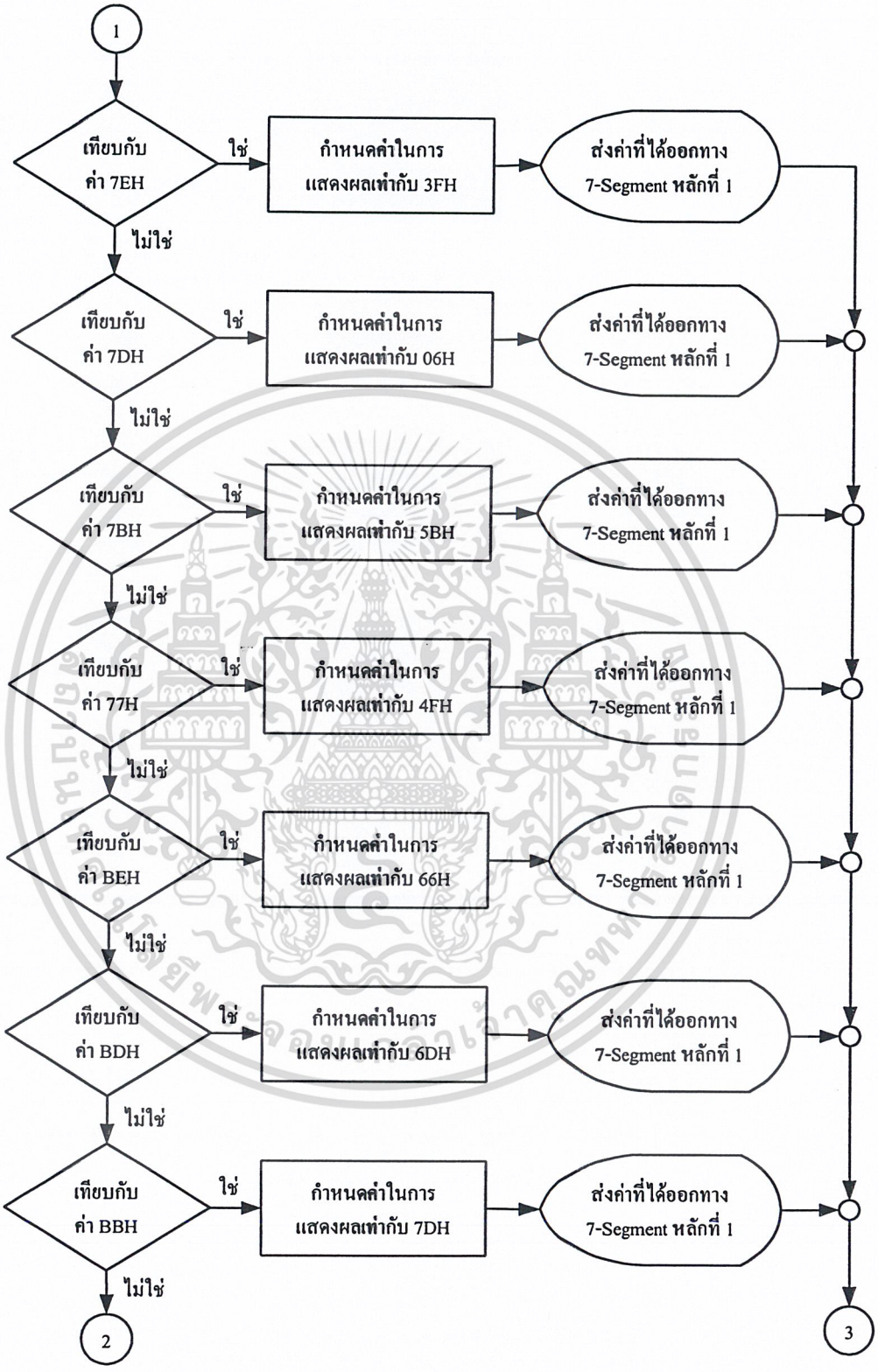
รูปที่ ค.5 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลส่วนแสดงผล 7 ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



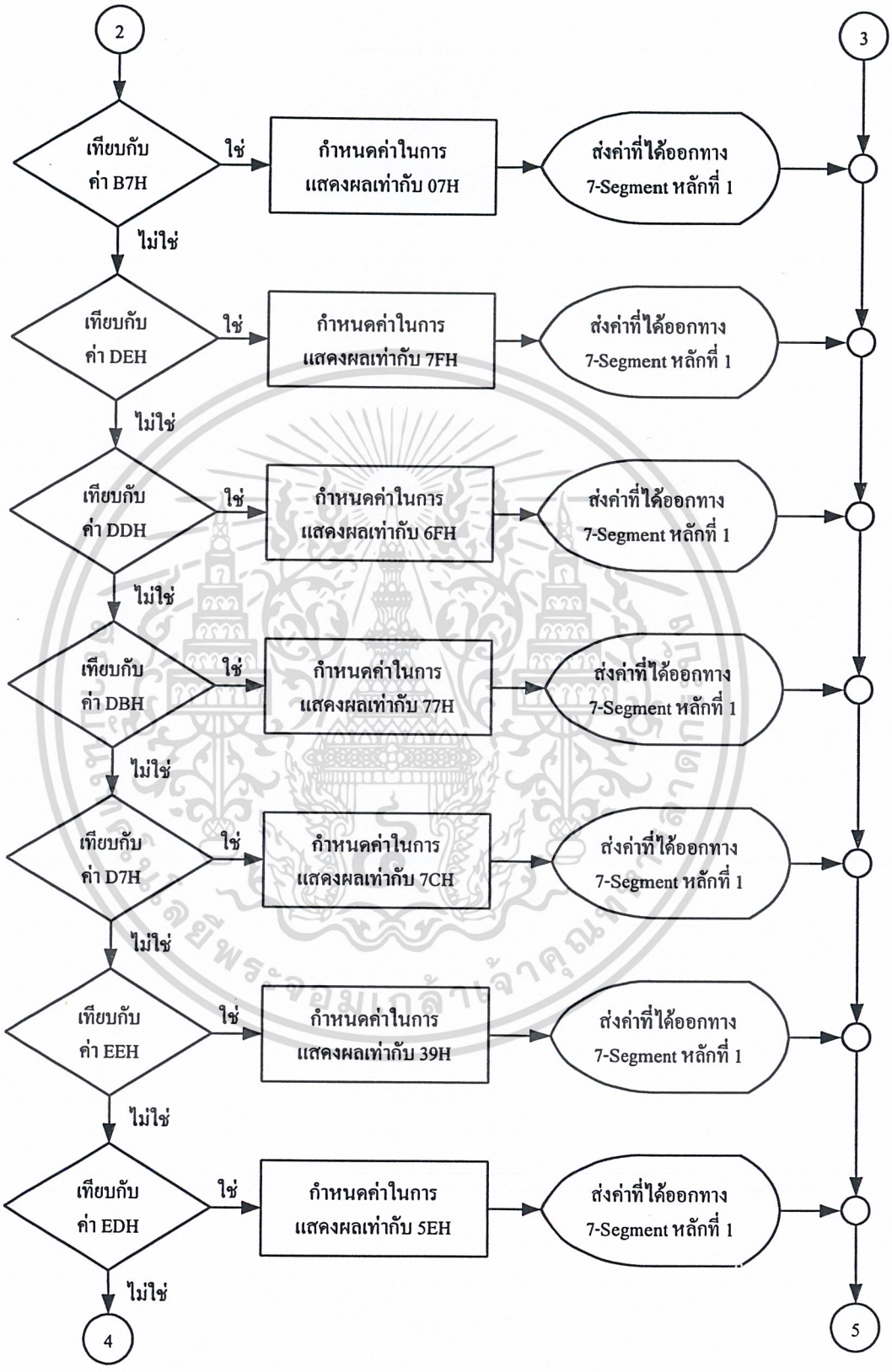
รูปที่ ค.6 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลแป้นพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



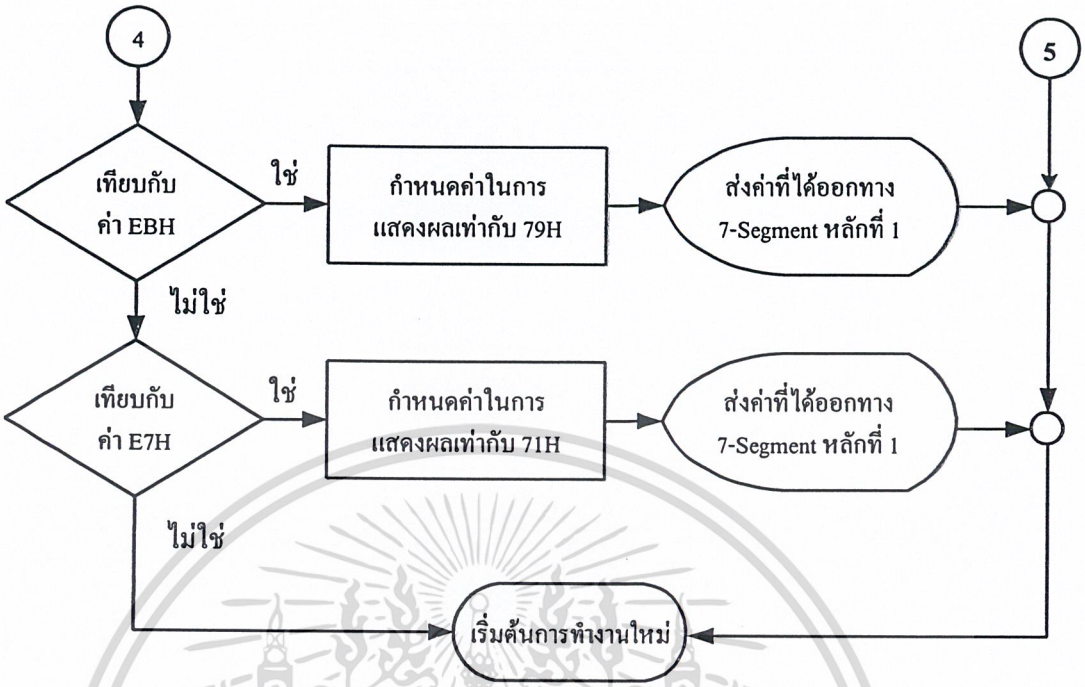
รูปที่ ค.6 (ต่อ) ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลแป้นพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



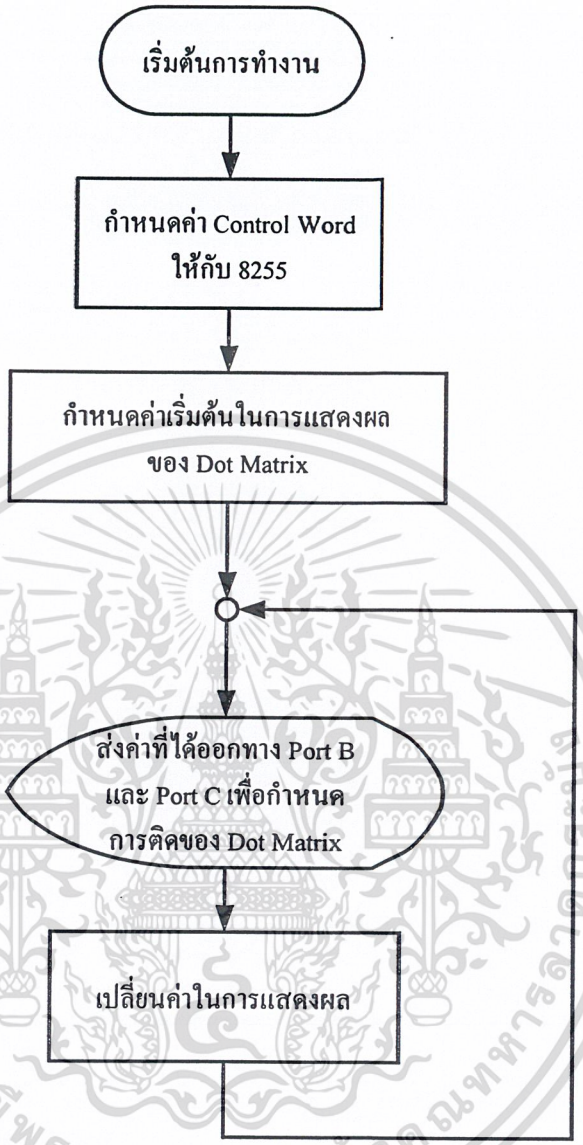
รูปที่ ค.6 (ต่อ) ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลแป้นพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



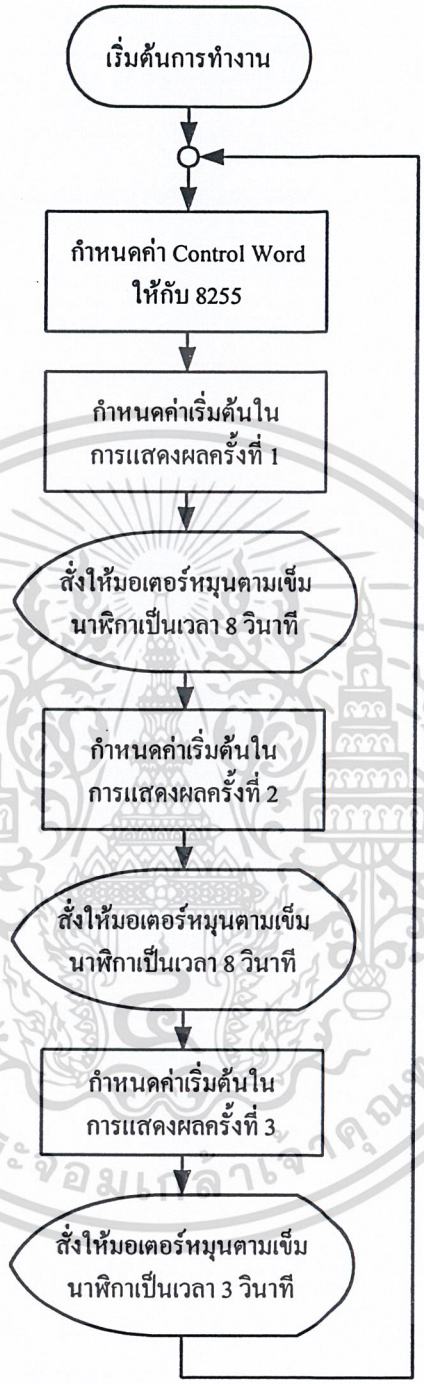
รูปที่ ค.6 (ต่อ) ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลแป้นพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



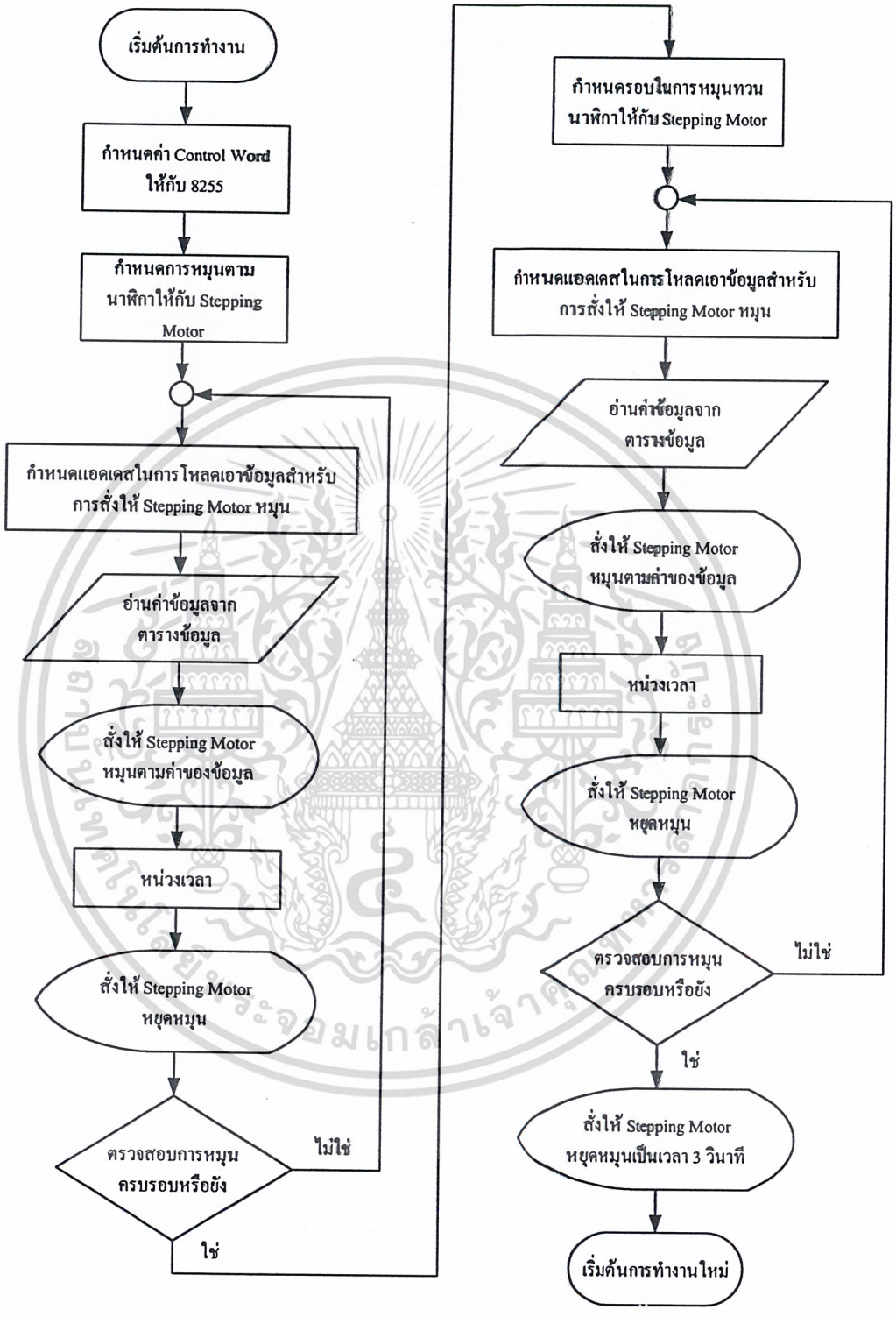
รูปที่ ค.7 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



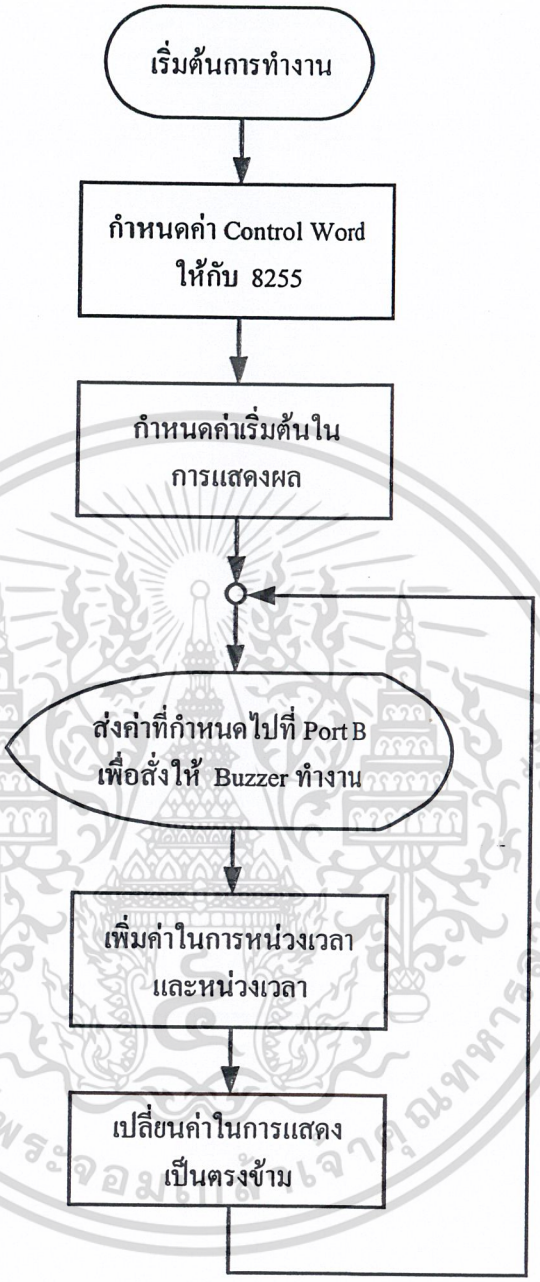
รูปที่ ค.8 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลดีซีมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



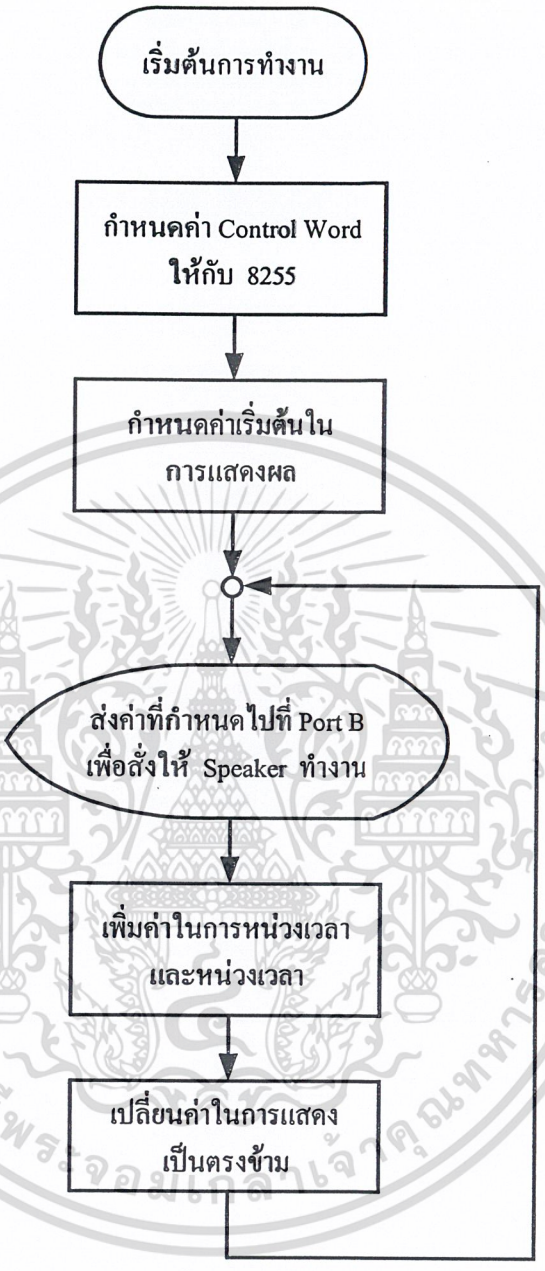
รูปที่ ค.9 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองสเต็ปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



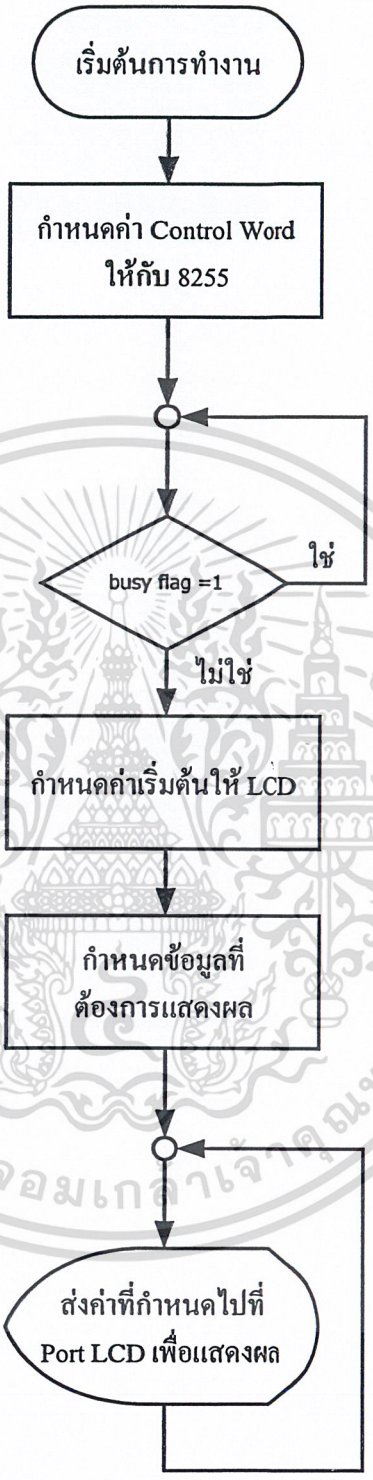
รูปที่ ค.10 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองบัซเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.11 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองลำโพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.12 ผังการทำงานของโปรแกรมทดลองโมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์

1. โมดูลไมโครคอนโทรลเลอร์

ตัวต้านทาน

RESISTOR PACK 9 ขา 10kΩ	1 ตัว

ตัวเก็บประจุ

30 pF	2 ตัว
0.1 μF	2 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

ไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C51	1 ตัว
ไอซี DS1232	1 ตัว

สวิตช์

สวิตช์ชนิดกดติดปล่อยดับ	2 ตัว

เฮดเดอร์

ขนาด 2x1 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว
ขนาด 3x1 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว
ขนาด 13x1 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว
ขนาด 12x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว
ขนาด 10x2 ขา ชนิดเพศผู้	4 ตัว

อื่นๆ

คริสตัล 11.0592 MHz	1 ตัว

2. โมดูล 8255A

ตัวเก็บประจุ

0.1 μF	1 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

ไอซี 8255	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฮดเดอร์

ขนาด 5x2 ขา ชนิดเพศผู้	3 ตัว
ขนาด 10x1 ขา ชนิดเพศเมีย	1 ตัว
ขนาด 9x1 ชนิดเพศเมีย	1 ตัว
ขนาด 10x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว
ขนาด 12x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว

3. โมดูล 8255B

ตัวเก็บประจุ

0.1 µF	1 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

ไอซี 8255	1 ตัว

เฮดเดอร์

ขนาด 5x2 ขา ชนิดเพศผู้	3 ตัว
ขนาด 10x1 ขา ชนิดเพศเมีย	1 ตัว
ขนาด 9x1 ชนิดเพศเมีย	1 ตัว
ขนาด 10x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว
ขนาด 12x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว

4. โมดูล 8255C

ตัวเก็บประจุ

0.1 µF	1 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

ไอซี 8255	1 ตัว

เฮดเดอร์

ขนาด 10x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว
ขนาด 12x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. โมดูล 8255D

ตัวเก็บประจุ

0.1 μF	1 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

ไอซี 8255	1 ตัว

เฮดเดอร์

ขนาด 10x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว
ขนาด 12x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว

6. โมดูลสำรองไฟเลี้ยงหน่วยความจำชั่วคราว

ตัวต้านทาน

10 MΩ	2 ตัว

ตัวเก็บประจุ

0.1 μF 50V	1 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

ไอซี MAX691	1 ตัว

เฮดเดอร์

ขนาด 3x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว
ขนาด 4x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว
ขนาด 3x1 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว

อื่นๆ

แบตเตอรี่ 3 V ชนิดกลม	1 ตัว
ที่ใส่แบตเตอรี่ขนาด 3V ชนิดกลม	1 ตัว
จั๊มเปอร์	1 ตัว

7. โมดูลถอดรหัสตำแหน่งหน่วยความจำ

ตัวเก็บประจุ

0.1 μF	2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

PAL16LB	1 ตัว
74LS138	2 ตัว

สวิตช์

ดิพสวิตช์ขนาด 8 บิต	1 ตัว

เฮดเดอร์

ขนาด 3x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว
ขนาด 6x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว

8. โมดูลหน่วยความจำชั่วคราว

ตัวต้านทาน

33 kΩ	1 ตัว

ตัวเก็บประจุ

0.1 μF	2 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

ไอซีแรม 62256	1 ตัว

เฮดเดอร์

ขนาด 3x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว
ขนาด 7x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว
ขนาด 9x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว
ขนาด 17x1 ขา ชนิดเพศเมีย	1 ตัว
ขนาด 13x1 ขา ชนิดเพศเมีย	1 ตัว

9. โมดูลหน่วยความจำถาวร

ตัวต้านทาน

33 kΩ	1 ตัว

ตัวเก็บประจุ

0.1 μF	2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

ไอซีรอม 27256	1 ตัว

เฮดเดอร์

ขนาด 3x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว
ขนาด 7x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว
ขนาด 9x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว
ขนาด 17x1 ขา ชนิดเพศเมีย	1 ตัว
ขนาด 13x1 ขา ชนิดเพศเมีย	1 ตัว

10. โมดูลติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

ตัวเก็บประจุ

10 µF 50V	3 ตัว
4.7 µF	2 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

ไอซี MAX232	1 ตัว

เฮดเดอร์

ขนาด 3x2 ขา ชนิดเพศผู้	2 ตัว
ขนาด 3x1 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว

อื่นๆ

LED สีแดง	1 ตัว
LED สีเขียว	1 ตัว

11. โมดูลแหล่งจ่ายไฟ

ตัวต้านทาน

220 Ω	3 ตัว

ตัวเก็บประจุ

0.1 µF 50V	5 ตัว
2200 µF 16V	2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

ไอซี 7805	1 ตัว
ไอซี 7812	1 ตัว
ไอซี 7912	1 ตัว
ไอซีบริดจ์	1 ตัว

เฮดเดอร์

ขนาด 3x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว
ขนาด 2x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว

อื่นๆ

คอนเน็คเตอร์ ขนาด 3 ช่อง	1 ตัว
คอนเน็คเตอร์ ขนาด 2 ช่อง	1 ตัว
เทอร์มินอล AC	1 ตัว
แผ่นระบายความร้อน	3 ตัว
LED สีเขียว	3 ตัว

12. โมดูลถอดรหัสตำแหน่งอุปกรณ์อินพุตเอาต์พุต

ตัวเก็บประจุ

0.1 μF	7 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

ไอซี 74LS138	2 ตัว
ไอซี 74LS08	1 ตัว
ไอซี 74LS32	3 ตัว
ไอซี 74LS11	1 ตัว

สวิตช์

ดิพสวิตช์ขนาด 4 บิต	1 ตัว
ดิพสวิตช์ขนาด 8 บิต	1 ตัว

เฮดเดอร์

ขนาด 8x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว
ขนาด 6x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. โมดูลแลตช์

ตัวเก็บประจุ

0.1 μF	1 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

ไอซี 74LS373	1 ตัว

เฮดเดอร์

ขนาด 4x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว
ขนาด 6x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว
ขนาด 8x1 ขา ชนิดเพศเมีย	1 ตัว
ขนาด 12x1 ขา ชนิดเพศเมีย	1 ตัว

14. โมดูลเบสิกอินพุต

ตัวต้านทาน

10 kΩ	2 ตัว
RESISTER PACK 9 ขา 10 kΩ	2 ตัว

ตัวเก็บประจุ

0.1 μF	2 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

ไอซี 74LS245	2 ตัว

สวิตช์

ดิพสวิตช์ขนาด 8 บิต	4 ตัว

เฮดเดอร์

ขนาด 11x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว
ขนาด 12x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15. โมดูลเบสิกเอาต์พุต

ตัวต้านทาน

100 Ω	16 ตัว
RESISTER PACK 9 ขา 10 kΩ	2 ตัว

ตัวเก็บประจุ

0.1 μF	2 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

ไอซี 74LS245	2 ตัว

สวิตช์

ดิพสวิตช์ขนาด 8 บิต	2 ตัว

เฮดเดอร์

ขนาด 11x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว
ขนาด 12x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว

อื่นๆ

LED สีเขียว	8 ตัว
LED สีแดง	8 ตัว

16. โมดูลแป้นพิมพ์

ตัวต้านทาน

10 kΩ	2 ตัว
RESISTER PACK 5 ขา 10 kΩ	2 ตัว

ตัวเก็บประจุ

0.1 μF	2 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

ไอซี 74LS245	2 ตัว

สวิตช์

ดิพสวิตช์ขนาด 8 บิต	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฮดเดอร์

ขนาด 11x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว
ขนาด 12x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว
ขนาด 10x1 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว

อื่นๆ

แป้นพิมพ์ขนาด 24 คีย์	1 ตัว

17. โมดูลจอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์

ตัวต้านทาน

10 kΩ	2 ตัว
ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ 10 kΩ	1 ตัว

ตัวเก็บประจุ

0.1 μF	2 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

ไอซี 74LS245	2 ตัว

สวิตช์

ดิพสวิตช์ขนาด 8 บิต	2 ตัว

เฮดเดอร์

ขนาด 11x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว
ขนาด 12x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว

อื่นๆ

จอแสดงผลผลึกเหลวแบบกราฟิกส์ ขนาด 240x64 จุด	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18. โมดูล บัซเซอร์, ลำโพง และ RTC

ตัวต้านทาน

10 Ω	2 ตัว
1 kΩ	2 ตัว
10 kΩ	2 ตัว
RESISTER PACK 5 ขา 10 kΩ	1 ตัว

ตัวเก็บประจุ

0.1 µF	2 ตัว
15 pF	2 ตัว
1 µF 50 V	1 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

ไอซี 74LS245	1 ตัว
ไอซี DS1307	1 ตัว
ทรานซิสเตอร์ BC557	2 ตัว

สวิตช์

ดิพสวิตช์ขนาด 8 บิต	2 ตัว

เฮดเดอร์

ขนาด 11x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว
ขนาด 12x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว
ขนาด 3x1 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว

อื่นๆ

บัซเซอร์	1 ตัว
ลำโพงเล็ก	1 ตัว
จั๊มเปอร์	1 ตัว
ที่ใส่แบตเตอรี่แบบกลมขนาด 3 V	1 ตัว
แบตเตอรี่แบบกลม 3 V	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19. โมดูลสเต็ปปิ้งมอเตอร์

ตัวต้านทาน

330 Ω	4 ตัว
10 kΩ	1 ตัว
RESISTER PACK 5 ขา 10 kΩ	1 ตัว

ตัวเก็บประจุ

0.1 μF	2 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

ไอซี 74LS245	1 ตัว
ไอซี ULN2803	1 ตัว

สวิตช์

ดิพสวิตช์ขนาด 8 บิต	1 ตัว

เฮดเดอร์

ขนาด 11x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว
ขนาด 12x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว
ขนาด 5x1 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว

อื่นๆ

สเต็ปปิ้งมอเตอร์ 12V	1 ตัว
LED สีเขียว	4 ตัว

20. โมดูลแผงต่อวงจร

ตัวต้านทาน

1 kΩ	3 ตัว

เฮดเดอร์

ขนาด 11x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว
ขนาด 12x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว
ขนาด 8x1 ขา ชนิดเพศผู้	18 ตัว
ขนาด 14x1 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อื่นๆ

แผงต่อวงจร	1 ตัว
LED สีเขียว	3 ตัว

21. โมดูลแอลอีดีดอตเมตริกซ์

ตัวต้านทาน

100 Ω	7 ตัว
10 kΩ	1 ตัว
RESISTER PACK 9 ขา 10 kΩ	1 ตัว

ตัวเก็บประจุ

0.1 μF	2 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

ไอซี 74LS154	1 ตัว
ไอซี 74LS245	1 ตัว

สวิตช์

ดิพสวิตช์ขนาด 8 บิต	1 ตัว

เฮดเดอร์

ขนาด 11x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว
ขนาด 12x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว

อื่นๆ

แอลอีดีดอตเมตริกซ์ ขนาด 5x7 จุด	3 ตัว

22. โมดูล ส่วนแสดงผล 7 ส่วน

ตัวต้านทาน

120 Ω	16 ตัว
1 kΩ	8 ตัว
RESISTER PACK 9 ขา 10 kΩ	2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวเก็บประจุ

0.1 μF	3 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

ทรานซิสเตอร์ BC557	8 ตัว
ไอซี 74LS138	1 ตัว
ไอซี 74LS245	2 ตัว

สวิตช์

ดิพสวิตช์ขนาด 8 บิต	3 ตัว

เฮดเดอร์

ขนาด 11x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว
ขนาด 12x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว

อื่นๆ

ส่วนแสดงผล 7 ส่วน แบบ 2 หลัก	8 ตัว
ฟิล์มปิดหน้าส่วนแสดงผล 7 ส่วน แบบ 8 หลัก สีแดง	2 ตัว

23. โมดูลดีซีมอเตอร์

ตัวต้านทาน

330 Ω	2 ตัว
10 kΩ	2 ตัว
1 kΩ	2 ตัว

ตัวเก็บประจุ

0.1 μF	1 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

ไอซี ULN2803	1 ตัว
ไอซี 74LS245	1 ตัว
ทรานซิสเตอร์ BD139	2 ตัว

สวิตช์

ดิพสวิตช์ขนาด 8 บิต	3 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฮดเดอร์

ขนาด 11x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว
ขนาด 12x2 ขา ชนิดเพศผู้	1 ตัว

อื่นๆ

DC มอเตอร์	1 ตัว
ใบพัด	1 ตัว
คอนเน็คเตอร์ แบบ 2 ช่อง	1 ตัว
LED สีเขียว	2 ตัว

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กฤษดา ใจเย็น และคณะ. **เรียนรู้และปฏิบัติการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตอนุกรม PC-Serial Port Interfacing text-lab manual.** กรุงเทพมหานคร: บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอร์เมนต์ จำกัด. ไม่ทราบปีที่พิมพ์

พ.อ เจนวิทย์ เหลืองอร่าม และ ปิยวิทย์ เหลืองอร่าม. **การเขียนโปรแกรม สำหรับ Applications ด้วย Visul Basic 6.** กรุงเทพมหานคร: บริษัทธรรมสาร จำกัด. 2543

โชติพันธุ์ หล่อเลิศสุนทร และ ฐิตะพันธุ์ หล่อเลิศสุนทร. **สอนเขียน Visal Basic 6.0 ให้เป็นโปรเจค.** กรุงเทพมหานคร: Soft Express & Publishing. 2543

ปรเมษฐ์ ประนยานันท์ และ ปิยพงศ์ เผ่าวนิช. **คู่มือประยุกต์การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.** กรุงเทพมหานคร: บริษัท เอช. เอ็น กรุ๊ป. 2536

ฝ่ายวิชาการคอมพิวเตอร์ SIAM. **พัฒนาโปรแกรมด้วย Viual BASIC.** กรุงเทพมหานคร: หจก. ไทยเจริญการพิมพ์. 2538

วรานันต์ วงศ์วิศว์. **รู้ลึก รู้จริง Microsoft Visual Basic for Applications.** กรุงเทพมหานคร: บริษัท เอส.พี.ซี บุ๊คส์. 2541

สมยศ จุณณะปิยะ. **การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51.** กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2536

สุนทร วิทูสุรพจน์. **การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051.** กรุงเทพมหานคร: บริษัท เอช.เอ็น กรุ๊ป. 2537

สุเจตน์ จันทรังษ์. **ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยว 8051.** กรุงเทพมหานคร: วิทยาลัยมหานคร. 2535

สัจจะ จรัสรุ่งรวีกร. **คู่มือการสร้างแอพพลิเคชั่นด้วย Visual Basic 6 BASIC & Advanced.** กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ อินโฟเพรส. 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายขจรศักดิ์ ศรมณี
วันเดือนปีเกิด	17 พฤศจิกายน 2523
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพฯ
ภูมิลำเนาเดิม	จังหวัดตรัง
ที่อยู่ปัจจุบัน	327/7 ตำบลทับเที่ยง อำเภอเมือง จังหวัดตรัง 92000
โทรศัพท์	0-1513-6339

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนเพชรรัตน์ ในพระอุปถัมภ์ฯ
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนวิเชียรมาตุ
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคตรัง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคตรัง
ปริญญาตรี	สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานที่ได้รับรางวัล	รองชนะเลิศการเขียนโปรแกรมภาษาปาสคาล ภาคใต้
ทุนการศึกษา	มูลนิธิอัตโถประกรณ์
คติพจน์	ไม่ยืมจมูกคนอื่นหายใจ ไม่ใช้ขาคนอื่นเดิน ไม่ทำให้คนอื่นเดือดร้อน และไม่พึ่งพายาเสพติด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายปรีดา มโนธรรม
วันเดือนปีเกิด	6 กันยายน 2522
สถานที่เกิด	จังหวัดตราด
ภูมิลำเนาเดิม	จังหวัดตราด
ที่อยู่ปัจจุบัน	12 หมู่ 3 ตำบลรั้วใหญ่ อำเภอเมือง
	จังหวัดสุพรรณบุรี 72000
โทรศัพท์	-
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนชุมชนวัดคลองใหญ่
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนคลองใหญ่วิทยาคม
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคตราด
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคตราด
	วิทยาเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นครราชสีมา
ปริญญาตรี	สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	ตนเป็นที่พึ่งแห่งตน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นางสาวมนชยา รักษาวงษ์
วันเดือนปีเกิด	13 กรกฎาคม 2519
สถานที่เกิด	จังหวัดลพบุรี
ภูมิลำเนาเดิม	จังหวัดลพบุรี
ที่อยู่ปัจจุบัน	67/185 แขวงทุ่งสองห้อง เขตหลักสี่
	จังหวัดกรุงเทพฯ 10210
โทรศัพท์	0-2969-5285

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดดอนโพธิ์
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนวัดดงตาล
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคลพบุรี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคลพบุรี
ปริญญาตรี	สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายสุภาพ ไหมรุณ
วันเดือนปีเกิด	10 ธันวาคม 2523
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพฯ
ภูมิลำเนาเดิม	จังหวัดกรุงเทพฯ
ที่อยู่ปัจจุบัน	177/7 หมู่ 3 ถนนอ่อนนุช เขตประเวศ แขวงประเวศ จังหวัดกรุงเทพฯ 10250
โทรศัพท์	0-2328-8670

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนศุภกรณ์วิทยา
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนเทพศิรินทร์ร่มเกล้า
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี
ปริญญาตรี	สาขาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้