



ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อ ชุมทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อการศึกษา
Microcontroller Lab for Education

ชื่อนักศึกษา	1. นางสาววัลยา ลำเต๊ะ	รหัสประจำตัว	46035279
	2. นายหมากอเน็ม แดสา	รหัสประจำตัว	46035290
	3. นายอดิศร ทับบุรี	รหัสประจำตัว	46035291
	4. นางสาวโฉมตรู ใจตระหนัก	รหัสประจำตัว	46035691

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม

อาจารย์ที่ปรึกษา อ.ปิยะ จิตธรรมมาภิรมย์

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อ.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์

คณะกรรมการสอบปริญญาโท	ลายมือชื่อ
1. อ.อมรชัย ชัยชนะ	
2. อ.ปิยะ จิตธรรมมาภิรมย์	
3. อ.สุรพงษ์ สิริพงษ์ดี	
4. อ.พิชญ์สินี มะโน	
5. อ.วรวิทย์ สมหา	

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันพุธที่ 27 เมษายน พ.ศ. 2548 เวลา 9.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.311 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.สุรสิทธิ์ ราตรี)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....



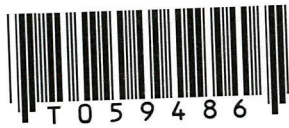
<BT4720182>

ชุมทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อการศึกษา

ปริญญานิพนธ์

ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อการศึกษา

MICROCONTROLLER LAB FOR EDUCATION



นางสาววัลยา	ท่าเตี๊ยะ
นายหมาดกอเจิม	แดสา
นายอดิศร	ทับบุรี
นางสาวโฉมตรู	ใจตระหนัก

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

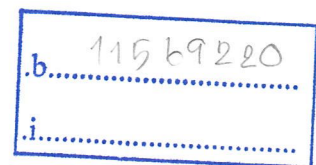
ปีการศึกษา 2547

๖/๗

๖๔๔๕ ๖

๑๕๕๗

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 59486
วัน,เดือน,ปี..... - 6 ส.ย. 2549



ปริญญานิพนธ์

เรื่อง ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อการศึกษา

Microcontroller Lab for Education

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51
2. เพื่อออกแบบโครงสร้างชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51
3. เพื่อสร้างชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51
4. เพื่อทำการทดลองและทดสอบการใช้งานชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51
5. เพื่อนำชุดทดลองไปใช้งานจริง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รับความรู้เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51
2. ได้วงจรที่ได้ทำการออกแบบชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51
3. ได้ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51
4. ได้ผลการทดลองในการทดสอบการใช้งานชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51
5. ได้ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ที่สำเร็จรูปที่สามารถนำไปใช้งานจริงได้

ชื่อหัวข้อ	ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อการศึกษา	
นักศึกษา	นางสาววัลยา	ลำเต๊ะ
	นายหมาคอกเนียม	แตสา
	นายอดิศร	ทับนุรี
	นางสาวโณมตรู	ใจตระหนัก
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ปิยะ	จิตรธรรมมาภิรมย์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ปิยะ	ศุภวราสุวัฒน์
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม	
ปีการศึกษา	2547	

บทคัดย่อ

ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการสร้างชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อการศึกษา เพื่อช่วยในการเรียนรู้ในเรื่องการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ซึ่งจะเน้นในเรื่องของใบงานการทดลองและชุดทดลองที่มีความหลากหลาย โดยจะมีชุดทดลองตั้งแต่ชุดทดลองขั้นพื้นฐานเช่น แอลอีดี แอลอีดี 7 ส่วน จอแสดงผลแบบผลึกเหลว อุปกรณ์เซ็นเซอร์แสง สี อุณหภูมิ ดีซีมอเตอร์ สเต็ปป์มอเตอร์ เป็นต้น จนถึงระดับขั้นการนำเอาชุดทดลองแต่ละชุดมาประกอบรวมกันเป็นชิ้นงานในขั้นประยุกต์ได้อีกในระดับหนึ่ง

II

Thesis Title	Microcontroller Lab for Education	
Students	Mrs. Wanlaya	Latae
	Mr. Mardkochem	Daesa
	Mr. Adisorn	Tabburi
	Mrs. Chomtroo	Jaitranak
Advisor	Mr. Piya	Jitthammapirom
Co-Advisor	Mr. Piya	Supawarasuwat
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education	
Program in	Telecommunication Engineering	
Academic Year	2004	

ABSTRACT

The thesis presents construction of Microcontroller Lab for Education which helps to learn about MCS-51 microcontroller programming. This program writing emphasis about worksheet and experiment board that there are several. Basic experiment board consists of LED, 7-Segment, LCD, Sensor device, Light, Color, Temperature, DC motor, Stepping motor etc. Each basic experiment board is included to become applied experiment board.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ดีนั้น เนื่องมาจากความร่วมมือร่วมใจของสมาชิกภายในกลุ่มทุกท่าน คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ปิยะ จิตธรรมมาภิรมย์ อาจารย์ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์ และอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่านเป็นอย่างมากที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและให้คำแนะนำในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ตลอดจนจนถึงข้อมูลและอุปกรณ์ที่เป็นประโยชน์ต่อการทดลองโครงการ และในการจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบคุณห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ และสำนักหอสมุดกลางที่ช่วยอำนวยความสะดวกและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการค้นคว้าข้อมูล

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และผู้มีพระคุณสำหรับพวกเราที่ได้ให้การสนับสนุนทุกสิ่งทุกอย่างทางด้านการศึกษาดลอดมาจนถึงปัจจุบัน และสุดท้ายต้องขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่เป็นกำลังใจให้เสมอมา

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญรูป	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 ชัดความสามารถของโครงการ	1
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 กล่าวนำ	3
2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	3
2.2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	3
2.2.2 การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม	6
2.2.3 การติดต่อกับ 8255	10
2.3 อุปกรณ์แสดงผลทางแสง	16
2.3.1 แอลอีดี	16
2.3.2 แอลอีดี 7 ส่วน	17
2.3.3 จอแสดงผลแบบผลึกเหลว	20
2.4 อุปกรณ์เซ็นเซอร์	24
2.4.1 โฟโต้ทรานซิสเตอร์	24
2.4.2 แอลอีดีอินฟาเรด	26
2.4.3 ไอซีสร้างฐานเวลาจริงหรือรีลไทม์คล็อก	27
2.5 ดีซีมอเตอร์	32
2.5.1 หลักการทำงานของดีซีมอเตอร์	32

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.5.2 การแยกประเภทของดีซีมอเตอร์	33
2.6 สเต็ปป์มอเตอร์	33
2.7 การสอนแบบฝึกปฏิบัติ	36
2.7.1 ความหมายของการสอนแบบฝึกปฏิบัติ	36
2.7.2 จุดมุ่งหมายของการสอนแบบฝึกปฏิบัติ	36
2.7.3 องค์ประกอบของการฝึกปฏิบัติ	36
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	38
3.1 กล่าวนำ	40
3.2 การออกแบบและการสร้างแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	40
3.3 การออกแบบและการสร้างแผงวงจรเชื่อมต่อ	41
3.3.1 การออกแบบแผงวงจรแอลอีดีแบบแอนดรูม	41
3.3.2 การออกแบบแผงวงจรแอลอีดีแบบแคโทดร่วม	41
3.3.3 การออกแบบแผงวงจรแอลอีดีแบบคอตเมตริกซ์	42
3.3.4 การออกแบบแผงวงจรแอลอีดี 7 ส่วนแบบหลักเดี่ยว	44
3.3.5 การออกแบบแผงวงจรแอลอีดี 16 ส่วนแบบหลักเดี่ยว	45
3.3.6 การออกแบบแผงวงจรแอลอีดี 7 ส่วนแบบมัลติเพล็กซ์	46
3.3.7 การออกแบบแผงวงจรจอแสดงผลแบบผลึกเหลว	48
3.3.8 การออกแบบแผงวงจรเซ็นเซอร์แสง	48
3.3.9 การออกแบบแผงวงจรเซ็นเซอร์สี	49
3.3.10 การออกแบบแผงวงจรเซ็นเซอร์อุณหภูมิ	50
3.3.11 การออกแบบแผงวงจรสเต็ปป์มอเตอร์	51
3.3.12 การออกแบบแผงวงจรดีซีมอเตอร์	52
3.3.13 การออกแบบแผงวงจรสวิตช์	53
3.3.14 การออกแบบแผงวงจรคีย์สวิตช์	54
3.3.15 การออกแบบแผงวงจรเสียงเตือน	55

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.3.16 การออกแบบแผงวงจรรับสัญญาณรีโมท	55
3.3.17 การออกแบบแผงวงจรส่งสัญญาณแสง	56
3.3.18 การออกแบบแผงวงจรควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับ	57
3.3.19 การออกแบบแผงวงจรอักษรหมุน	58
3.3.20 การออกแบบแผงวงจรจับดีซีมอเตอร์ของหุ่นยนต์เดินตามเส้น	59
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	61
4.1 กล่าวนำ	61
4.2 การทดลองการทำงานของแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	61
4.2.1 การทดลองติดต่อกับคอมพิวเตอร์	61
4.2.2 การทดลองส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ต 8255 และพอร์ต P1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์	62
4.3 การทดลองการทำงานของแผงวงจรเชื่อมต่อ	63
4.3.1 แผงวงจรแอลอีดีแบบแอนดรูม	63
4.3.2 แผงวงจรแอลอีดีแบบแคโทดร่วม	64
4.3.3 แผงวงจรแอลอีดีแบบคอตเมตริกซ์	65
4.3.4 แผงวงจรแอลอีดี 7 ส่วนแบบหลักเดี่ยว	67
4.3.5 แผงวงจรแอลอีดี 16 ส่วนแบบหลักเดี่ยว	68
4.3.6 แผงวงจรแอลอีดี 7 ส่วนแบบมัลติเพล็กซ์	69
4.3.7 แผงวงจรจอแสดงผลแบบผลึกเหลว	71
4.3.8 แผงวงจรเซ็นเซอร์แสง	74
4.3.9 แผงวงจรเซ็นเซอร์สี	78
4.3.10 แผงวงจรเซ็นเซอร์อุณหภูมิ	79
4.3.11 แผงวงจรดีซีมอเตอร์	83
4.3.12 แผงวงจรสเต็ปมอเตอร์	84
4.3.13 แผงวงจรสวิตช์	86
4.3.14 แผงวงจรคีย์สวิตช์	89
4.3.15 แผงวงจรเสียงเตือน	92

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.3.16 แผงวงจรรับสัญญาณรีโมท	93
4.3.17 แผงวงจรส่งสัญญาณแสง	93
4.3.18 แผงวงจรควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับ	93
4.3.19 แผงวงจรอักษรหมุน	95
4.3.20 แผงวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ของหุ่นยนต์เดินตามเส้น	99
บทที่ 5 บทสรุป	100
5.1 สรุป	100
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข	100
5.3 แนวทางการพัฒนา	101
บรรณานุกรม	102
ภาคผนวก ก รูปแผงทดลอง	103
ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	115
ประวัติผู้แต่ง	141

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 บิตต่างๆ ของรีจิสเตอร์ SCON	9
2.2 โหมดต่างๆ ของการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม	9
2.3 ตำแหน่งพอร์ตหรือรีจิสเตอร์ต่างๆ ของ 8255	13
2.4 การทำงานของ 8255 เมื่อสัญญาณ RD และ WR เป็นค่าต่างๆ	14
2.5 ตำแหน่งขาที่จะต่อกับพอร์ต	19
2.6 ข้อมูลการแสดงผล 0-9 ของ แอลอีดี 7 ส่วนแบบแคโทดร่วม	19
2.7 ขาสัญญาณต่างๆ ที่ใช้ในการติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์	23
2.8 การเลือกความถี่ของสัญญาณสี่เหลี่ยมที่ออกจากขา SQW OUT	29
2.9 การกระตุ้นแบบหนึ่งเฟส	34
2.10 การกระตุ้นแบบสองเฟส	35
2.11 การกระตุ้นแบบครึ่งสเต็ป	35
3.1 ข้อมูลเลขฐานสิบหกที่ใช้ในการเลือกแอลอีดี 7 ส่วน	46

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	4
2.2 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม	7
2.3 บิตต่างๆ ของข้อมูลที่ส่งแบบอนุกรม	7
2.4 การรับส่งข้อมูลระหว่างรีจิสเตอร์กับบัสภายใน	8
2.5 ผังการทำงานภายในไอซีเบอร์ 8255	11
2.6 ขาสัญญาณต่างๆ ของไอซีเบอร์ 8255	12
2.7 รายละเอียดแต่ละบิตของรีจิสเตอร์ควบคุมของ 8255	15
2.8 การกำหนดเอาต์พุตให้กับ 8255	15
2.9 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของแอลอีดี	16
2.10 การทำงานของแอลอีดี	17
2.11 รูปร่างและการกำหนดชื่อเซกเมนต์ต่างๆ ของแอลอีดี 7 ส่วน	18
2.12 แผนภาพการทำงานของ โมดูลจอแสดงผลแบบผลึกเหลวแบบอักษร	22
2.13 การจ่ายไบอัสและการทำงานของ โฟโตทรานซิสเตอร์	25
2.14 การจัดขาของไอซี DS1307 ไอซีสร้างฐานเวลาจริง (RTC)	27
2.15 โครงสร้างภายในของไอซีรีลไทม์คล็อกเบอร์ DS1307	29
2.16 รูปแบบของข้อมูลสำหรับติดต่อกับ DS1307 ในโหมดการเขียนข้อมูล	30
2.17 รูปแบบของข้อมูลสำหรับติดต่อกับ DS1307 ในโหมดการอ่านข้อมูล	30
2.18 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับไอซีรีลไทม์คล็อก DS1307	31
2.19 การเกิดแรงบิดในตัวดีซีมอเตอร์	33
2.20 โครงสร้างสเต็ปปีงมอเตอร์	34
3.1 แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	40
3.2 วงจรแอลอีดีแบบแอนโคร่วม	41
3.3 วงจรแอลอีดีแบบแคโทดร่วม	42
3.4 วงจรแอลอีดีแบบคอตเมตริกซ์	43
3.5 วงจรแอลอีดี 7 ส่วนแบบหลักเดียว	44
3.6 วงจรแอลอีดี 16 ส่วนแบบหลักเดียว	45
3.7 วงจรแอลอีดี 7 ส่วนแบบมัลติเพล็กซ์	47

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.8 วงจรจอแสดงผลแบบผลึกเหลว	48
3.9 วงจรเซ็นเซอร์แสง	49
3.10 วงจรเซ็นเซอร์สี	50
3.11 วงจรเซ็นเซอร์อุณหภูมิ	51
3.12 วงจรสแต็ปปีงมอเตอร์	52
3.13 วงจรดีซีมอเตอร์	53
3.14 วงจรสวิตช์	53
3.15 วงจรคีย์สวิตช์	54
3.16 วงจรเสียงเตือน	55
3.17 วงจรรับสัญญาณรีโมท	56
3.18 วงจรส่งสัญญาณแสง	57
3.19 วงจรควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับ	58
3.20 วงจรอักษรหมุน	59
3.21 วงจรจับดีซีมอเตอร์ของหุ่นยนต์เดินตามเส้น	60
4.1 การติดต่อกับ Hyper Terminal	62
4.2 โปรแกรมการทดลองแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	62
4.2 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	63
4.3 โปรแกรมการทดลองแผงวงจรแอลอีดีแบบแอนโดรุ่ม	64
4.4 โปรแกรมการทดลองแผงวงจรแอลอีดีแบบแคโทดรุ่ม	65
4.5 โปรแกรมการทดลองแผงวงจรแอลอีดีแบบคอตเมตริกซ์	66
4.6 โปรแกรมการทดลองแผงวงจรแอลอีดี 7 ส่วนแบบหลักเดียว	67
4.6 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรแอลอีดี 7 ส่วนแบบหลักเดียว	68
4.7 โปรแกรมการทดลองแผงวงจรแอลอีดี 16 ส่วนแบบหลักเดียว	68
4.7 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรแอลอีดี 16 ส่วนแบบหลักเดียว	69
4.8 โปรแกรมการทดลองแผงวงจรแอลอีดี 7 ส่วนแบบมัลติเพล็กซ์	70
4.9 โปรแกรมการทดลองแผงวงจรจอแสดงผลแบบผลึกเหลว	71
4.9 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรจอแสดงผลแบบผลึกเหลว	72

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.9 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรจอแสดงผลแบบผลึกเหลว	73
4.9 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรจอแสดงผลแบบผลึกเหลว	74
4.10 โปรแกรมการทดลองแผงวงจรเซ็นเซอร์แสง	74
4.10 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรเซ็นเซอร์แสง	75
4.10 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรเซ็นเซอร์แสง	76
4.10 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรเซ็นเซอร์แสง	77
4.11 โปรแกรมการทดลองแผงวงจรเซ็นเซอร์สี	78
4.12 โปรแกรมการทดลองแผงวงจรเซ็นเซอร์อุณหภูมิ	79
4.12 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรเซ็นเซอร์อุณหภูมิ	80
4.12 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรเซ็นเซอร์อุณหภูมิ	81
4.12 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรเซ็นเซอร์อุณหภูมิ	82
4.12 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรเซ็นเซอร์อุณหภูมิ	83
4.13 โปรแกรมการทดลองแผงวงจรดีซีมอเตอร์	83
4.13 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรดีซีมอเตอร์	84
4.14 โปรแกรมการทดลองแผงวงจรสเต็ปมอเตอร์	85
4.14 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรสเต็ปมอเตอร์	86
4.15 โปรแกรมการทดลองแผงวงจรสวิตช์	86
4.15 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรสวิตช์	87
4.15 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรสวิตช์	88
4.16 โปรแกรมการทดลองแผงวงจรรีเลย์สวิตช์	89
4.16 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรรีเลย์สวิตช์	90
4.16 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรรีเลย์สวิตช์	91
4.16 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรรีเลย์สวิตช์	92
4.17 โปรแกรมการทดลองแผงวงจรเสียงเตือน	92
4.18 โปรแกรมการทดลองแผงวงจรควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับ	93
4.18 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับ	94
4.18 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับ	95

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.19 โปรแกรมการทดลองแผงวงจรอักษรหมุน	96
4.19 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรอักษรหมุน	97
4.19 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรอักษรหมุน	98
4.19 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรอักษรหมุน	99
ก.1 แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	103
ก.2 แผงวงจรแอลอีดีแบบแอนโนคร่วม	103
ก.3 แผงวงจรแอลอีดีแบบแคโทคร่วม	104
ก.4 แผงวงจรแอลอีดีแบบคอตเมตริกซ์	104
ก.5 แผงวงจรแอลอีดี 7 ส่วนแบบหลักเดี่ยว	105
ก.6 แผงวงจรแอลอีดี 16 ส่วนแบบหลักเดี่ยว	105
ก.7 แผงวงจรแอลอีดี 7 ส่วนแบบมัลติเพล็กซ์	106
ก.8 แผงวงจรจอแสดงผลแบบผลึกเหลว	106
ก.9 แผงวงจรเซ็นเซอร์แสง	107
ก.10 แผงวงจรเซ็นเซอร์สี	107
ก.11 แผงวงจรเซ็นเซอร์อุณหภูมิ	108
ก.12 แผงวงจรตีปิ้งมอเตอร์	108
ก.13 แผงวงจรตีซีมอเตอร์	109
ก.14 แผงวงจรสวิทช์	109
ก.15 แผงวงจรคีย์สวิทช์	110
ก.16 แผงวงจรเสียงเตือน	110
ก.17 แผงวงจรรับสัญญาณรีโมท	111
ก.18 แผงวงจรส่งสัญญาณแสง	111
ก.19 แผงวงจรควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับ	112
ก.20 แผงวงจรอักษรหมุน	112
ก.21 แผงวงจรขับตีซีมอเตอร์ของหุ่นยนต์เดินตามเส้น	113
ข.1 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	115
ข.2 แผ่วงจรพิมพ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 (ด้านหลัง)	116

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ข.3 แผ่นวงจรพิมพ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 (ด้านหน้า)	116
ข.4 วงจรแอลอีดีแบบแอนโตร่วม	117
ข.5 แผ่นวงจรพิมพ์แอลอีดีแบบแอนโตร่วม	117
ข.6 วงจรแอลอีดีแบบแคโทคร่วม	118
ข.7 แผ่นวงจรพิมพ์แอลอีดีแบบแคโทคร่วม	118
ข.8 วงจรแอลอีดีแบบคอตเมตริกซ์	119
ข.9 แผ่นวงจรพิมพ์แอลอีดีแบบคอตเมตริกซ์ (ด้านหลัง)	120
ข.10 แผ่นวงจรพิมพ์แอลอีดีแบบคอตเมตริกซ์ (ด้านหน้า)	120
ข.11 วงจรแอลอีดี 7 ส่วนแบบหลักเดียว	121
ข.12 แผ่นวงจรพิมพ์แอลอีดี 7 ส่วนแบบหลักเดียว	121
ข.13 วงจรแอลอีดี 16 ส่วนแบบหลักเดียว	122
ข.14 แผ่นวงจรพิมพ์แอลอีดี 16 ส่วนแบบหลักเดียว	122
ข.15 วงจรแอลอีดี 7 ส่วนแบบมัลติเพล็กซ์	123
ข.16 แผ่นวงจรพิมพ์แอลอีดี 7 ส่วนแบบมัลติเพล็กซ์ (ด้านหลัง)	123
ข.17 แผ่นวงจรพิมพ์แอลอีดี 7 ส่วนแบบมัลติเพล็กซ์ (ด้านหน้า)	124
ข.18 วงจรจอแสดงผลแบบผลึกเหลว	124
ข.19 แผ่นวงจรพิมพ์จอแสดงผลแบบผลึกเหลว	125
ข.20 วงจรเซ็นเซอร์แสง	125
ข.21 แผ่นวงจรพิมพ์เซ็นเซอร์แสง (ก) ภาครับ (ข) ภาคส่ง	126
ข.22 วงจรเซ็นเซอร์สี	126
ข.23 แผ่นวงจรพิมพ์เซ็นเซอร์สี	127
ข.24 วงจรเซ็นเซอร์อุณหภูมิ	127
ข.25 แผ่นวงจรพิมพ์เซ็นเซอร์อุณหภูมิ	128
ข.26 วงจรสแต็ปปีงมอเตอร์	128
ข.27 แผ่นวงจรพิมพ์สแต็ปปีงมอเตอร์	129
ข.28 วงจรดีซีมอเตอร์	129
ข.29 แผ่นวงจรพิมพ์ดีซีมอเตอร์	130

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ข.30 วงจรสวิตช์	130
ข.31 แผ่นวงจรพิมพ์สวิตช์	131
ข.32 วงจรคีย์สวิตช์	131
ข.33 แผ่นวงจรพิมพ์คีย์สวิตช์	132
ข.34 วงจรเสียงเตือน	132
ข.35 แผ่นวงจรพิมพ์เสียงเตือน	133
ข.36 วงจรรับสัญญาณรีโมท	133
ข.37 แผ่นวงจรพิมพ์รับสัญญาณรีโมท	134
ข.38 วงจรส่งสัญญาณแสง	134
ข.39 แผ่นวงจรพิมพ์การส่งสัญญาณแสง	135
ข.40 วงจรควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับ	135
ข.41 แผ่นวงจรพิมพ์ควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับ	136
ข.42 วงจรอักษรหมุน	137
ข.43 แผ่นวงจรพิมพ์อักษรหมุน	138
ข.44 วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ของหุ่นยนต์เดินตามเส้น	139
ข.45 แผ่นวงจรพิมพ์ชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ของหุ่นยนต์เดินตามเส้น	139

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ปัจจุบันวิวัฒนาการทางด้านเทคโนโลยีทางการศึกษา ได้พัฒนาอย่างรวดเร็วในการศึกษาใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์และการประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ นั้นยังไม่สามารถสื่อให้ผู้เรียนได้เห็นถึงการประยุกต์ใช้งานจริงได้

ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงได้สร้างชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ขึ้นมา เพื่อให้ผู้ที่สนใจศึกษาการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ในด้านต่างๆ โดยจะมีการประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆ ดังนี้ แอลอีดี แอลอีดี 7 ส่วน จอแสดงผลแบบผลึกเหลว เซ็นเซอร์แสง เซ็นเซอร์สี เซ็นเซอร์อุณหภูมิ ดีซีมอเตอร์ สเต็ปป์มอเตอร์ หุ่นยนต์เดินตามเส้น นาฬิกาอุณหภูมิและควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า ระบบรักษาความปลอดภัยในบ้าน เครื่องสร้างตัวอักษรด้วยการหมุน ซึ่งจะมีลักษณะเป็นใบงานการทดลองประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ต่างๆ

โดยคณะผู้จัดทำได้ออกแบบการเรียนรู้ในแต่ละใบงานอย่างเป็นระบบ ซึ่งสามารถทำความเข้าใจได้ง่ายและเห็นถึงการนำไปใช้งานจริงโดยจะเรียงลำดับจากง่ายไปยาก

1.2 ขีดความสามารถของโครงการ

โครงการนี้มีขีดความสามารถดังนี้

1. เป็นแผงวงจรที่สามารถเชื่อมต่อรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง
2. เป็นแผงวงจรที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นตัวควบคุม
3. มีแผงวงจรเชื่อมต่อภายนอกแผงวงจรควบคุมดังนี้
 - 3.1) แผงวงจรการแสดงผลโดยใช้แอลอีดี แอลอีดี 7 ส่วน จอแสดงผลแบบผลึกเหลว
 - 3.2) แผงวงจรเซ็นเซอร์ด้วยแสง สี อุณหภูมิ
 - 3.3) แผงวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ สเต็ปป์มอเตอร์
4. ชุดโครงสร้างที่สามารถนำเอาแผงวงจรควบคุมและแผงวงจรเชื่อมต่อภายนอกมาประกอบกันเป็นชิ้นงาน
 5. ใบงานการทดลอง 12 ใบงาน
 - 5.1) ใบงานที่ 1 การใช้ MCS-51 ควบคุมการแสดงผลของแอลอีดี

- 5.2) ใบงานที่ 2 การใช้ MCS-51 ควบคุมการแสดงผลของแอลอีดี 7 ส่วน
- 5.3) ใบงานที่ 3 การใช้ MCS-51 ควบคุมการแสดงผลของจอแสดงผลแบบพลิกเหลว
- 5.4) ใบงานที่ 4 การใช้ MCS-51 รับข้อมูลจากวงจรเซ็นเซอร์ด้วยแสงแล้วแสดงผล
- 5.5) ใบงานที่ 5 การใช้ MCS-51 รับข้อมูลจากวงจรเซ็นเซอร์ด้วยสีแล้วแสดงผล
- 5.6) ใบงานที่ 6 การใช้ MCS-51 รับข้อมูลจากวงจรเซ็นเซอร์ด้วยอุณหภูมิแล้วแสดงผล
- 5.7) ใบงานที่ 7 การใช้ MCS-51 ควบคุมการหมุนของสเต็ปปีงมอเตอร์
- 5.8) ใบงานที่ 8 การใช้ MCS-51 ควบคุมการหมุนของดีซีมอเตอร์
- 5.9) ใบงานที่ 9 การใช้ MCS-51 ควบคุมให้หุ่นยนต์เดินตามเส้น
- 5.10) ใบงานที่ 10 นาฬิกาควบคุมอุณหภูมิและควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า
- 5.11) ใบงานที่ 11 ระบบรักษาความปลอดภัยในบ้าน
- 5.12) ใบงานที่ 12 เครื่องสร้างตัวอักษรด้วยการหมุน

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปฏิญาณนิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อสะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าใจ ในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปฏิญาณนิพนธ์ จิตความสามารถของโครงการ และเนื้อหาในบทต่างๆ โดยสังเขป

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการประกอบด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 อุปกรณ์แสดงผลทางแสง อุปกรณ์เซ็นเซอร์ ดีซีมอเตอร์ สเต็ปปีงมอเตอร์

บทที่ 3 กล่าวถึงเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ การสร้าง และหลักการทำงานของวงจรอินเตอร์เฟสต่างๆ เช่น วงจรแสดงผล วงจรเซ็นเซอร์ วงจรควบคุมดีซีมอเตอร์ เป็นต้น

บทที่ 4 ประกอบด้วยการทดลองและผลการทดลองในส่วนของชุดทดลองและโปรแกรม

บทที่ 5 เป็นการสรุปผลการทำงานของโครงการ ปัญหาที่เกิดขึ้น และแนวทางในการแก้ไข รวมทั้งแนวทางการพัฒนา

ภาคผนวก ก แสดงภาพแผงวงจรทดลอง แผงวงจรอินเตอร์เฟส

ภาคผนวก ข ประกอบด้วยรายละเอียดของวงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 กล่าวนำ

เนื้อหาของปริญญาานิพนธ์ในบทนี้เป็นทฤษฎีและหลักการที่จะนำมาใช้ประกอบการสร้างโครงการโดยประกอบด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 อุปกรณ์แสดงผลทางแสง อุปกรณ์เซ็นเซอร์ ดีซีมอเตอร์ สเต็ปมอเตอร์

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51

2.2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ได้ถูกคิดค้น พัฒนา และผลิตโดยบริษัทอินเทล เพื่อใช้ในงานควบคุมต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นงานควบคุมขนาดเล็กจนถึงงานควบคุมขนาดใหญ่ที่มีความซับซ้อนพอสมควร จากข้อดีของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีการนำวงจรพื้นฐานต่างๆ มารวมไว้ภายในชิปตัวเดียวกัน ทำให้วงจรควบคุมที่สร้างขึ้นมีขนาดเล็ก มีความสะดวก และคล่องตัวสูง จึงเป็นที่นิยมและแพร่หลายอย่างมาก ทำให้ในปัจจุบันมีไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีมาตรฐานเดียวกันมีสถาปัตยกรรมพื้นฐานที่เหมือนกันสามารถใช้งานแทนกันได้ จะต่างกันเพียงขนาดของหน่วยความจำภายในและหน่วยการทำงานภายในเท่านั้น

1) คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

- 1.1) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้หน่วยประมวลผลกลางขนาด 8 บิต
- 1.2) หน่วยความจำโปรแกรมภายในมีหลายขนาดขึ้นอยู่กับเบอร์ไอซี โดยมีทั้งแบบรอม อีพรอม และแบบแฟลช
- 1.3) หน่วยความจำข้อมูลภายในเป็นแบบแรมในบางเบอร์มีหน่วยความจำอีอีพรอมเพิ่มเติม
- 1.4) อีพีแรมของหน่วยความจำโปรแกรมได้ถึง 64 กิโลไบต์
- 1.5) อีพีแรมของหน่วยความจำข้อมูลได้ถึง 64 กิโลไบต์
- 1.6) หน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลทำงานแยกจากกัน
- 1.7) มีพอร์ตรับหรือส่งข้อมูลได้ 2 ทิศทาง จำนวน 4 พอร์ต พอร์ตละ 8 บิต หรือใช้งานเป็นพอร์ตขนาด 1 บิต รวมทั้งหมด 32 บิต ทำงานแยกกันอย่างอิสระ
- 1.8) มีวงจรนับ/จับเวลา ขนาด 16 บิต 2 ชุด ทำงานได้ 4 รูปแบบ

1.9) มีพอร์ตการสื่อสารอนุกรมรับส่งข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน สามารถเลือกรูปแบบการส่งได้ 4 รูปแบบ

1.10) รับสัญญาณอินเทอร์รัพต์ได้ 6 แหล่ง กระโดดไปทำงานตอบสนองได้ 5 ตำแหน่ง

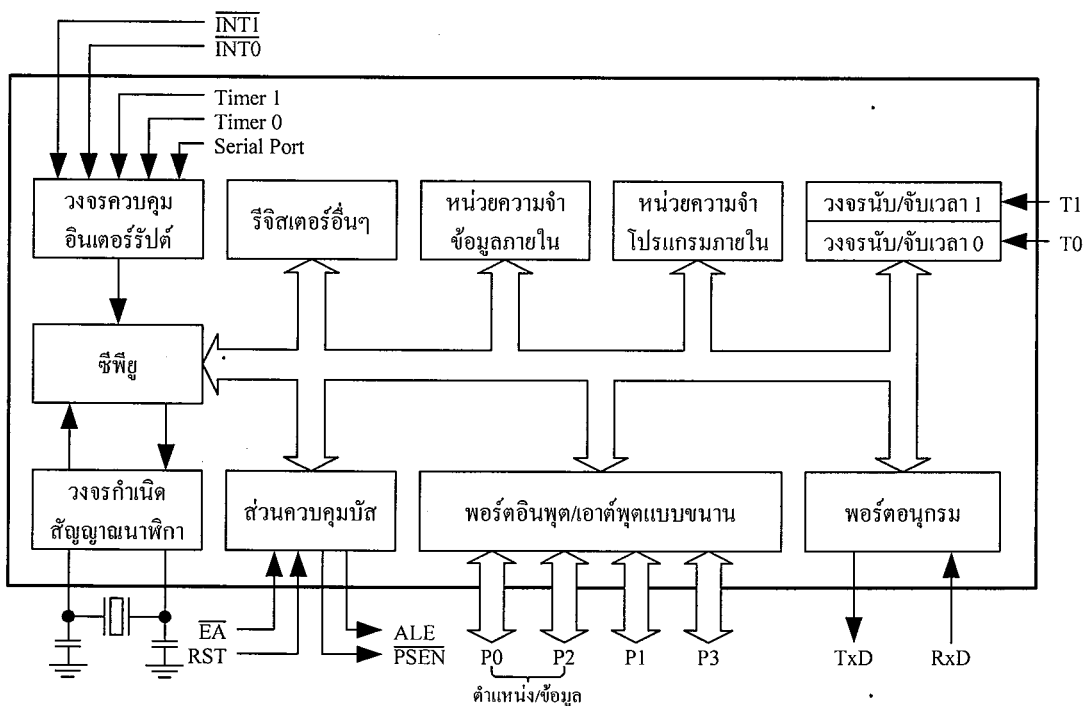
1.11) มีวงจรกำเนิตสัญญาณนาฬิกาอยู่ใน

1.12) ประมวลผลข้อมูลได้ทั้งแบบ 1 บิต และ 8 บิต

ในปัจจุบันไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ได้มีผู้ผลิตออกมาจำหน่ายมากมายในการใช้งานสามารถเลือกใช้ได้ตามความต้องการและความเหมาะสม ซึ่งมีส่วนที่แตกต่างกันบางส่วนคือ ส่วนหน่วยความจำข้อมูลภายใน หน่วยความจำโปรแกรมภายใน จำนวนของวงจรรีบ/จับเวลา เป็นต้น

2) โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะประกอบขึ้นด้วยเทคนิคต่างๆ เช่น AND, OR, NOT ซึ่งเกิดเหล่านี้จะนำเอาออกมาแบบให้มีหน้าที่การทำงานต่างๆ เช่น วงจรบวกเลข วงจรเลื่อนข้อมูล วงจรถอดรหัสคำสั่ง และวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา เป็นต้น



รูปที่ 2.1 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ในรูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ ดังนี้

2.1) หน่วยประมวลผลกลาง

ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนประมวลผลทางคณิตศาสตร์และลอจิก (Arithmetic Logic Unit : ALU) และส่วนควบคุม (Control Unit : CU) ในส่วนประมวลผลทางคณิตศาสตร์และลอจิกจะทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูลเช่น การบวก ลบ คูณ หรือการหารข้อมูล แล้วนำผลลัพธ์ไปเก็บไว้ในหน่วยความจำที่ต้องการ ในส่วนควบคุมจะทำหน้าที่สร้างสัญญาณควบคุมในการติดต่อกับส่วนอื่นๆ สัญญาณที่สร้างจากวงจรควบคุมได้แก่ สัญญาณสำหรับการติดต่อกับหน่วยความจำ สัญญาณติดต่อกับอุปกรณ์รับข้อมูลเข้าหรือส่งข้อมูลออกรวมทั้งส่วนควบคุมการขัดจังหวะและส่วนควบคุมบัสด้วย ซึ่งซีพียูจะทำการสร้างสัญญาณควบคุมโดยการถอดรหัสคำสั่งที่ได้กำหนดไว้และสัญญาณที่สร้างขึ้นมาจะอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกาที่สร้างจากวงจรถ่ายสัญญาณนาฬิกาเพื่อให้ทุกๆ ส่วนทำงานประสานกันอย่างถูกต้อง

2.2) หน่วยความจำ

มีไว้สำหรับจัดจำข้อมูล ซึ่งในการนำข้อมูลเข้าและออกจากหน่วยความจำ จำเป็นต้องรู้ตำแหน่งของหน่วยความจำในการนำข้อมูลเข้าไปเก็บในหน่วยความจำเรียกว่า “การเขียนข้อมูล” และการนำข้อมูลออกจากหน่วยความจำเรียกว่า “การอ่านข้อมูล” ในไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ข้อมูลในแต่ละตำแหน่งจะมีขนาด 8 บิต ดังนั้นในแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจะสามารถเก็บข้อมูลซึ่งมีค่าระหว่าง 0000000_2 ถึง 1111111_2 หรือ 00_{16} ถึง $0FF_{16}$ ในการติดต่อกับหน่วยความจำจะต้องมีสัญญาณ 3 กลุ่มคือ

1. ตำแหน่งที่ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำ ซึ่ง MCS-51 สามารถติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลได้สูงสุดชนิดละ 65,536 ตำแหน่ง (64 กิโลไบต์) ดังนั้นการอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำจะต้องใช้สายสัญญาณกำหนดตำแหน่ง 16 เส้น (2^{16} เท่ากับ 65,536)

2. ข้อมูลที่อ่านหรือเขียนกับหน่วยความจำในตำแหน่งที่เราต้องการ

3. สัญญาณควบคุมที่จะส่งไปยังหน่วยความจำเพื่อบอกกับหน่วยความจำว่าต้องการเขียนหรืออ่านข้อมูล ซึ่งวงจรถอดรหัสคำสั่งจะทำการสร้างสัญญาณควบคุมจากคำสั่งที่อ่านเข้ามาจากหน่วยความจำโปรแกรม

2.3) อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต เป็นส่วนที่ใช้นำข้อมูลเข้าหรือส่งข้อมูลออกจาก MCS-51 ทำให้สามารถติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้ อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต ได้แก่

1. พอร์ตอินพุต/เอาต์พุต แบบขนานมีทั้งหมด 4 พอร์ตใช้สำหรับรับส่งข้อมูลซึ่งเป็นสัญญาณดิจิทัลเข้าหรือออกจาก MCS-51 โดยแต่ละพอร์ตจะรับส่งข้อมูลได้ 8 บิต มีพอร์ต P0, P1, P2 และ P3 บางพอร์ตจะใช้งานมากกว่า 1 หน้าที

2. วงจรนับ/จับเวลา ทำงานได้ 2 หน้าทีคือ เป็นวงจรรนับหรือจับเวลาเมื่อเป็นวงจรรนับ จะทำการนับจำนวนรอบของสัญญาณนาฬิกาภายใน MCS-51 หรือจำนวนรอบของสัญญาณที่ต่ออยู่ภายนอกตัว MCS-51 ก็ได้ สามารถตั้งค่าเริ่มต้นของการนับและอ่านค่าการนับได้โดยซีพียู เมื่อเป็นวงจรถับเวลาจะใช้หลักการเดียวกับวงจรรนับเพียงแต่จะกำหนดค่าสูงสุดของการนับไว้ ซึ่งค่าสูงสุดของการนับจะคำนวณมาจากค่าเวลาที่ต้องการจับเวลานั้นเอง

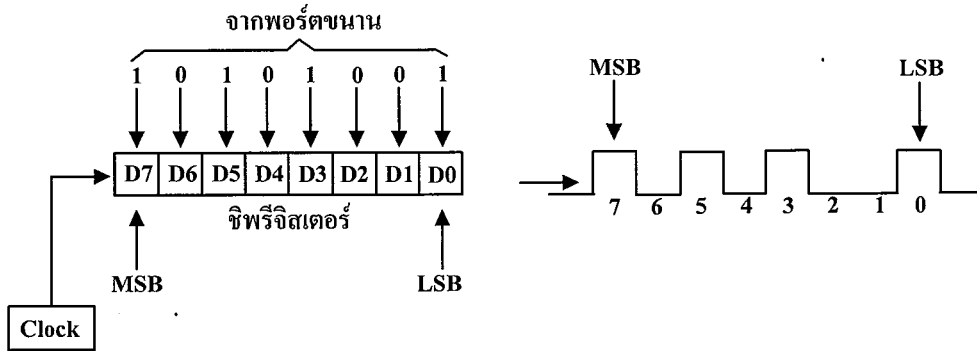
3. พอร์ตอนุกรม ซีพียูจะอ่านและเขียนข้อมูลกับพอร์ตอนุกรมโดยเป็นแบบ 8 บิต แต่ข้อมูลจะถูกส่งออกจาก MCS-51 เรียงไปที่ละบิตออกจากขา TXD และในการรับข้อมูลก็จะทำการรับเข้ามาที่ละบิตทางขา RXD แล้วจัดเรียงใหม่เป็น 8 บิต เพื่อให้ซีพียูอ่านไปใช้งานต่อไป

2.2.2 การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมคือ การรับส่งข้อมูลที่ละบิตจนครบ 1 ไบต์ ถ้าต้องการส่งข้อมูล 1 ไบต์คือ D0-D7 อาจจะส่งบิต D0 ออกไปก่อนแล้วตามด้วย D1 ไปเรื่อยๆ จนถึง D7 ข้อดีของการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมคือ เมื่อต้องการส่งข้อมูลเป็นระยะไกลๆ จะช่วยประหยัดสายสัญญาณเนื่องจากจะใช้สายสัญญาณอย่างน้อยเพียง 2 เส้นคือ สายสัญญาณกับสายกราวด์ ข้อเสียคือ การรับส่งข้อมูลจะใช้เวลานานเนื่องจากการส่งทีละบิต

1) รูปแบบของการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

เมื่อไมโครคอมพิวเตอร์ต้องการจะรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม ตัวไมโครคอมพิวเตอร์จะส่งข้อมูลออกไปทางพอร์ตแบบขนานก่อนจากนั้นจะมีอุปกรณ์มาต่อที่พอร์ตเพื่อแปลงข้อมูลแบบขนานให้เป็นแบบอนุกรมอีกทีหนึ่ง ตัวแปลงข้อมูลนี้อาจจะพิจารณาได้ง่ายๆ ว่าเป็น Shift Register ดังรูปที่ 2.2 เมื่อข้อมูลที่ส่งอยู่ใน Shift Register แล้วตัวสัญญาณนาฬิกาจะเป็นตัวกระตุ้นให้ข้อมูลบิตต่ำออกไปในเวลาแรก จากนั้นจะส่งข้อมูลบิตต่อไปตามออกมา จากรูปที่ 2.2 จะเป็นการส่งข้อมูล A9H ออกไป



รูปที่ 2.2 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม

สำหรับตัวรับข้อมูลแบบอนุกรมนั้น เมื่อตัวรับข้อมูลทำงานจะเป็นการรับเข้ามาใน Shift Register แล้วส่งข้อมูลให้ไมโครคอมพิวเตอร์แบบขนานอีกทีหนึ่ง การส่งข้อมูลแบบอนุกรมนั้น จะต้องมีการเพิ่มเติมข้อมูลบางอย่างเข้าไปเพื่อให้การรับส่งข้อมูลสามารถทำงานได้ถูกต้องมากขึ้น โดยมีการเติมค่าบิตต่างๆ ลงไปตามรูปที่ 2.3

Stop	P	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Start
------	---	----	----	----	----	----	----	----	----	-------

รูปที่ 2.3 บิตต่างๆ ของข้อมูลที่ส่งแบบอนุกรม

ถ้ามีการส่งข้อมูลแบบ 8 บิต จะต้องส่งบิตแรกออกไปก่อน เรียกว่าบิตเริ่มต้น (Start Bit) ถ้ามีการส่งข้อมูลหลายๆ ไบต์ออกมา บิตนี้จะเป็นตัวบอกว่ามีข้อมูลใหม่เข้ามาแล้ว โดยทั่วไป บิตเริ่มต้นมักมีระดับลอจิกเป็น “0” ต่อจากบิตเริ่มต้นจะเป็นข้อมูลบิต D0 ถึง D7 จากนั้นจะตามด้วย บิตตรวจสอบความถูกต้อง (Parity Bit) ถ้าข้อมูล 8 บิตที่ส่งออกมาจำนวนของบิตมีค่าเป็น “1” เป็นจำนวนคู่ บิตนี้จะมีค่าเป็น 0 แต่ถ้าจำนวนของบิตมีค่าเป็น “1” เป็นจำนวนคี่ บิตนี้จะมีค่าเป็น 1 จากนั้นข้อมูลที่ส่งออกไปจะตามด้วยบิตสิ้นสุดข้อมูล (Stop Bit) เพื่อเป็นการบอกว่าข้อมูลที่ส่งมา 8 บิต นั้นหมดแล้ว ตัวบิตสิ้นสุดข้อมูลอาจมีจำนวนมากกว่า 1 บิตก็ได้ เช่น 1 บิต 2 บิต

บิตตรวจสอบความถูกต้องจะมี 2 ลักษณะคือพาริตีคู่ (Even Parity) และพาริตีคี่ (Odd Parity) ซึ่งสามารถเลือกได้ ถ้าหากระบุเป็นพาริตีคู่หมายความว่าข้อมูลที่ส่งไปหรือไบต์นั้นมีจำนวนลอจิก “1” รวมกับพาริตีเป็นจำนวนคู่บิต ส่วนถ้าระบุเป็นพาริตีคี่ก็หมายความว่า จะมีจำนวนลอจิก “1” ของไบต์ข้อมูลที่ส่งไปรวมกับค่าบิตพาริตีเป็นจำนวนคี่บิต

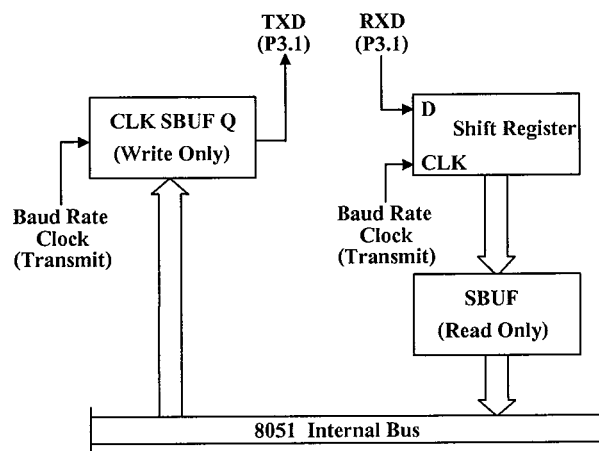
การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมนี้การกำหนดอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลจะบอกเป็น บิตต่อวินาที (Bit Per Second : BPS) ที่เรียกว่าอัตราบอดหรือบอดเรต (Baud Rate) โดยค่ามาตรฐาน ที่ใช้กันมีหลายค่าได้แก่ 110, 150, 300, 600, 1200, 4800, 9600 และ 19200 บิตต่อวินาที

ใน MCS-51 นั้นจะมีพอร์ตสำหรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมอยู่ในชิพโดยไม่ต้องต่อ อุปกรณ์ภายนอกเพิ่มและเป็นพอร์ตสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full-duplex) คือสามารถ รับส่งข้อมูลได้ 2 ทิศทางในเวลาเดียวกัน การควบคุมการใช้งานของพอร์ตอนุกรมของ MCS-51 นี้ สามารถโปรแกรมให้ทำงานรูปแบบต่างๆ ได้ 4 ประเภทหรือ 4 โหมดการทำงานโดยโปรแกรมผ่านทาง รีจิสเตอร์ SCON โดยโหมด 0 จะเป็นการสื่อสารแบบซิงโครนัสหรือแบบเข้าจังหวะเวลา ส่วนโหมด 1, 2 และ 3 เป็นการสื่อสารแบบอะซิงโครนัสหรือแบบไม่เข้าจังหวะเวลา การส่งข้อมูล แบบอนุกรมนั้น ความเร็วของการส่งจะมีค่าเป็น บิตต่อวินาทีเรียกว่า บอดเรต

2) MCS-51 กับการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 นั้น ภายในชิพ MCS-51 จะมี UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) อยู่ในตัวพอร์ตอนุกรมของ MCS-51 จะใช้ขา TXD และ RXD ในการรับส่งข้อมูล โดยขาทั้ง 2 จะอยู่ในพอร์ต 3 คือ P3.1 หรือขา 11 เป็น TXD และ P3.0 หรือขา 10 เป็น RXD พอร์ตอนุกรมของ MCS-51 สามารถทำงานแบบฟูลดูเพล็กซ์ ได้คือ สามารถส่งและรับข้อมูลในเวลาเดียวกันได้โดยในการรับและส่งข้อมูลจะมีบัฟเฟอร์สำหรับ เก็บข้อมูลให้ใช้

รีจิสเตอร์ที่สำคัญในการส่งข้อมูลคือ SBUF (Serial Port Buffer) และ SCON (Serial Port-Control Register) ซึ่งเป็นรีจิสเตอร์ที่อยู่ใน Special Function Register โดยรีจิสเตอร์ SBUF จะอยู่ใน ตำแหน่ง 99H ใน SBUF จะประกอบด้วยบัฟเฟอร์ 2 ตัวสำหรับส่งและรับข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การรับส่งข้อมูลระหว่างรีจิสเตอร์กับบัคภายใน

สำหรับ SCON ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่ง 98H จะเป็นรีจิสเตอร์ที่สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ รีจิสเตอร์นี้จะทำหน้าที่ควบคุมและบอกสถานะต่างๆ ของการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

3) SCON

MCS-51 มีโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรมหลายโหมด ซึ่งสามารถโปรแกรมโหมดการทำงานได้โดยเขียนข้อมูลไปยังรีจิสเตอร์ SCON ความหมายของแต่ละบิตแสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 บิตต่างๆ ของรีจิสเตอร์ SCON

บิต	ชื่อ	ตำแหน่ง	ความหมาย
SCON.7	SM0	9FH	บิตเลือกโหมดการทำงานบิต 0
SCON.6	SM1	9EH	บิตเลือกโหมดการทำงานบิต 1
SCON.5	SM2	9DH	บิตเลือกโหมดการทำงานบิต 2
SCON.4	REN	9CH	บิตแฟลคกำหนดยอมให้มีการรับข้อมูล
SCON.3	TB8	9BH	ค่าของบิต 9 สำหรับการส่งข้อมูลในโหมด 2 และ 3 สามารถ Set และ Clear ได้โดยซอฟต์แวร์
SCON.2	RB8	9AH	ค่าของบิต 9 เมื่อรับข้อมูลเข้ามา
SCON.1	TI	99H	บิตแฟลคแสดงการอินเตอร์รัพท์ภายหลังการส่งข้อมูลออกไปได้จะ Set เมื่อข้อมูลออกไปหมดแล้วและสามารถ Clear ได้ด้วยซอฟต์แวร์
SCON.0	RI	98H	แฟลคแสดงการอินเตอร์รัพท์ภายหลังรับข้อมูลเข้ามาสามารถ Clear ได้ด้วยซอฟต์แวร์

ตารางที่ 2.2 โหมดต่างๆ ของการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

SM0	SM1	MODE	ความหมาย	บอดเรต
0	0	0	Shift Register	เปลี่ยนแปลงไม่ได้ (Oscillator Frequency $\div 12$)
0	1	1	8 – bit UART	สามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยการกำหนดจาก Timer
1	0	2	9 – bit UART	เปลี่ยนแปลงไม่ได้ (Oscillator Frequency $\div 32$)
1	1	3	9 – bit UART	สามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยการกำหนดจาก Timer

ก่อนที่จะใช้พอร์ตอนุกรมจะต้องโปรแกรมให้กับ SCON ก่อนเพื่อกำหนดโหมดการทำงาน และลักษณะต่างๆ เช่น

```
MOV     SCON, #01010010B
```

เป็นการกำหนดให้พอร์ตอนุกรมทำงานในโหมด 1 และอินาเบิลให้มีการรับข้อมูลพร้อมกับการกำหนดให้ TI (Interrupt Flag) เป็น 1 ในการส่งข้อมูลทุกโหมดสามารถทำได้โดยเขียนข้อมูลไปยัง SBUF เมื่อข้อมูลถูกส่งไปแล้วบิต TI จะถูกเซตเป็น “1” ในการส่งข้อมูลจะต้องคอยตรวจสอบบิต TI เพราะว่าถ้า TI ยังไม่เป็น “1” แสดงว่าข้อมูลยังส่งไปไม่หมด ถ้าหากมีการเขียนข้อมูลไปต่อก็ให้ไปยัง SBUF จะทำให้เกิดข้อผิดพลาดขึ้น สำหรับการรับข้อมูลบิต REN (Receiver Enable Bit) จะต้องเซตให้เป็น “1” ยกเว้นโหมด 0 เพื่ออนุญาตให้รับข้อมูลได้ เมื่อข้อมูลรับเข้ามาเรียบร้อยแล้ว บิต RI (Receiver Interrupt Bit) จะถูกเซตเป็น “1”

2.2.3 การติดต่อกับ 8255

การเพิ่มอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตของ MCS-51 นั้น สามารถใช้ไอซีเบอร์ 8255 ซึ่งเป็นทั้งอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตภายในตัวที่สามารถโปรแกรมด้วยซอฟต์แวร์ได้ทำให้สามารถใช้งานได้ดียิ่งขึ้น

1) ลักษณะพื้นฐานของ 8255

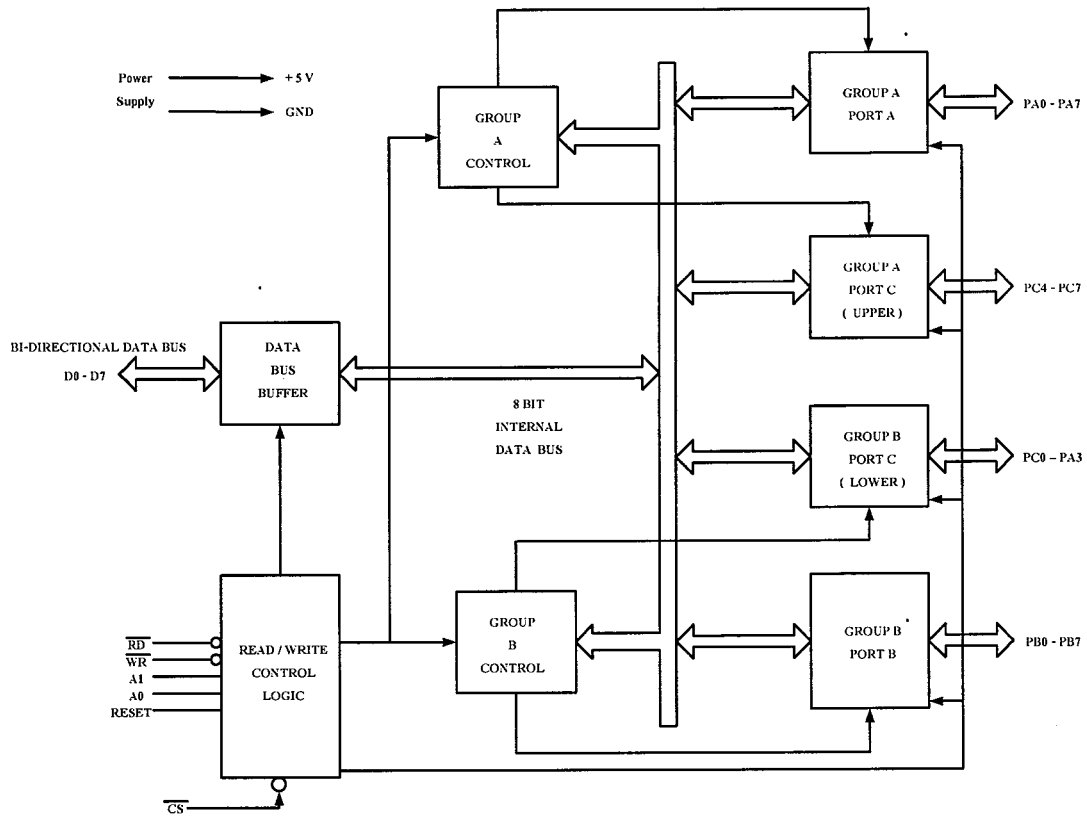
8255 จะใช้สำหรับการรับหรือส่งข้อมูลแบบขนานระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ภายนอก ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงการทำงานของพอร์ตให้เป็นอินพุต/เอาต์พุตได้โดยการส่งข้อมูลควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปให้ 8255 ก่อนที่จะเริ่มต้นทำงาน

จากรูปที่ 2.5 เป็นผังการทำงานภายในของ 8255 ซึ่งสามารถแบ่งการทำงานได้ดังนี้คือ บล็อกจำนวน 4 บล็อกที่อยู่ทางด้านขวามือของรูป เป็นส่วนที่จะเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก โดยจะใช้สาย PA0-PA7, PB0-PB7 และ PC0-PC7 เป็นทางผ่านของข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ภายนอกกับ 8255 สายสัญญาณเหล่านี้จะถูกแบ่งออกเป็นอินพุต/เอาต์พุตพอร์ต 3 กลุ่มคือพอร์ต A (PA), พอร์ต B (PB) และพอร์ต C (PC)

สำหรับบล็อกกลุ่มถัดมา ซึ่งอยู่บริเวณกลางๆ คือ Group A Control และ Group B Control ซึ่งจะทำหน้าที่กำหนดการทำงานของอินพุต/เอาต์พุตทั้ง 3 พอร์ต จากรูปที่ 2.5 เราจะสังเกตเห็นว่า พอร์ต C จะประกอบด้วยพอร์ตขนาด 4 บิต จำนวน 2 พอร์ต กลุ่มหนึ่งจะถูกควบคุมโดย Group A Control และอีกกลุ่มหนึ่งจะถูกควบคุมโดย Group B Control เพื่อประโยชน์ในการทำงาน

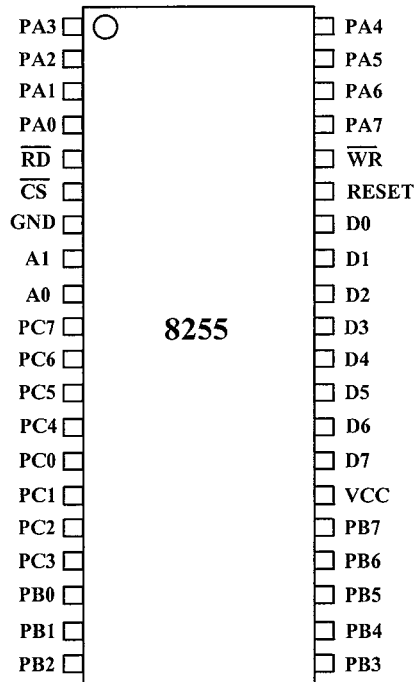
ส่วนบล็อกกลุ่มสุดท้ายคือ Data Bus Buffer และ Read/Write Control Logic จะเป็นส่วนที่ติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์กับ 8255 โดย Data Bus Buffer จะเป็นบัฟเฟอร์ให้กับ

บิตข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วน Read/Write Control Logic จะทำหน้าที่ควบคุมให้ข้อมูลเข้าหรือออกจากรีจิสเตอร์ภายในตัวของ 8255 ได้ถูกต้อง



รูปที่ 2.5 ฟังก์การทำงานภายในไอซีเบอร์ 8255

2) รายละเอียดการจัดขาของ 8255



รูปที่ 2.6 ขาสัญญาณต่างๆ ของไอซีเบอร์ 8255

จากรูปที่ 2.6 รายละเอียดขาของ 8255 มีดังนี้

D0-D7	ข้อมูลอินพุต/เอาต์พุตแบบสองทิศทาง (Bi-directional Bus) ซึ่งจะเป็นทางผ่านของข้อมูลต่างๆ ของ 8255 กับไมโครคอนโทรลเลอร์
\overline{CS}	เป็นขาเลือกอุปกรณ์ให้ทำงานเมื่อขานี้มีเป็นลอจิก 0 จะสามารถอ่านหรือเขียนข้อมูลกับ 8255 ได้
\overline{RD}	สัญญาณบอกสถานะการอ่านข้อมูลจาก 8255 โดยจะทำงานเมื่อขานี้ได้รับลอจิก 0
\overline{WR}	สัญญาณบอกสถานะการเขียนข้อมูลจากบัสข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปยัง 8255 โดยจะทำงานเมื่อขานี้ได้รับลอจิก 0
A0-A7	สัญญาณระบุตำแหน่งรีจิสเตอร์ภายในของ 8255
RESET	สัญญาณรีเซ็ตการทำงานภายในของ 8255 เพื่อให้เริ่มต้นทำงานใหม่ โดยจะทำงานเมื่อมีสถานะเป็น "1"
PA0-PA7	กลุ่มของสัญญาณอินพุต/เอาต์พุตของพอร์ต A ขนาด 8 บิต ใช้ต่อเข้ากับอุปกรณ์ภายนอก

- PB0-PB7 กลุ่มของสัญญาณอินพุต/เอาต์พุตของพอร์ต B ขนาด 8 บิต ใช้ต่อเข้ากับอุปกรณ์ภายนอก
- PC0-PC7 กลุ่มของสัญญาณอินพุต/เอาต์พุตของพอร์ต C ขนาด 8 บิต ใช้ต่อเข้ากับอุปกรณ์ภายนอกเช่นเดียวกับ PA0-PA7, PB0-PB7 แต่ขาสัญญาณของพอร์ต C ยังแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มจะมีขนาด 4 บิต คือ พอร์ต C 4 บิตด้านสูง PC7-PC4 และพอร์ต C 4 บิตต่ำ PC3-PC0

3) การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 กับ 8255

8255 มีสัญญาณกำหนดตำแหน่งจำนวน 2 เส้นคือ A0 และ A1 สามารถเลือกแอดเดรสได้ $2^2 = 4$ ตำแหน่ง ซึ่งแต่ละแอดเดรสก็คือ รีจิสเตอร์หรือพอร์ตภายใน 8255 ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ตำแหน่งพอร์ตหรือรีจิสเตอร์ต่างๆ ของ 8255

A1	A0	รีจิสเตอร์หรือพอร์ต
0	0	พอร์ต A
0	1	พอร์ต B
1	0	พอร์ต C
1	1	รีจิสเตอร์ควบคุม

เมื่อนำสัญญาณ RD, WR, ขา A0 และ A1 เป็นอินพุตแล้วจะเป็นการอ่านหรือเขียนข้อมูลทางขา D0-D7 กับรีจิสเตอร์หรือพอร์ตของ 8255 ดังแสดงในตารางที่ 2.4

โดยทั่วไปมักจะกำหนดให้สัญญาณกำหนดตำแหน่งทั้ง 4 ของ 8255 อยู่ในวงใดวงหนึ่งของระบบ เช่น 10H, 11H, 12H และ 13H ใช้ขาสัญญาณกำหนดตำแหน่งที่เกินจาก A0 และ A1 มาทำการถอดรหัสตำแหน่งเพื่อสร้างสัญญาณเลือกอุปกรณ์ในช่วงตำแหน่งที่ต้องการ

ส่วนขาควบคุมอื่นๆ คือ RD และ WR ของ 8255 จะเชื่อมต่อกับขาสัญญาณ RD และ WR ของไมโครคอนโทรลเลอร์โดยตรงจะทำให้ตำแหน่งพอร์ตของ 8255 อยู่ในพื้นที่ของหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอกของ 8051 ส่วนขา Reset จะทำงานที่ลอจิก 1 ดังนั้นจะต่อกับขา Reset ของ 8051 ได้โดยตรง ส่วนขา D0-D7 สามารถเชื่อมต่อโดยตรงกับบัสของ 8051 เช่นกัน

ตารางที่ 2.4 การทำงานของ 8255 เมื่อสัญญาณ RD และ WR เป็นค่าต่างๆ

WR	RD	A1	A0	ความหมาย
0	1	0	0	เขียนข้อมูลไปยังพอร์ต A
1	0	0	0	อ่านข้อมูลจากพอร์ต A
0	1	0	1	เขียนข้อมูลไปยังพอร์ต B
1	0	0	1	อ่านข้อมูลจากพอร์ต B
0	1	1	0	เขียนข้อมูลไปยังพอร์ต C
1	0	1	0	อ่านข้อมูลจากพอร์ต C
0	1	1	1	เขียนข้อมูลไปยังรีจิสเตอร์ควบคุม
1	0	1	1	ไม่ใช้

4) โหมดการทำงานของ 8255

จะถูกควบคุมโหมดการทำงานผ่านรีจิสเตอร์ควบคุม ดังแสดงได้ในรูปที่ 2.7 ซึ่งสามารถโปรแกรมให้ 8255 ทำงานในโหมดที่แตกต่างกันได้ 3 โหมดคือ

4.1) โหมด 0 (Basic Input/Output)

4.2) โหมด 1 (Strobe Input/Output)

4.3) โหมด 2 (Bidirectional Bus)

บิต D7 เป็นบิตแสดงรหัสคำสั่งควบคุม ถ้าบิตนี้เป็น "1" จะหมายถึงรหัสควบคุมนี้มีผลต่อการเปลี่ยนการเซตโหมดต่างๆ ของ 8255

บิต D6, D5 เป็นบิตที่ใช้เลือกโหมดการทำงานของ Group A คือ โหมด 0, 1 และ 2

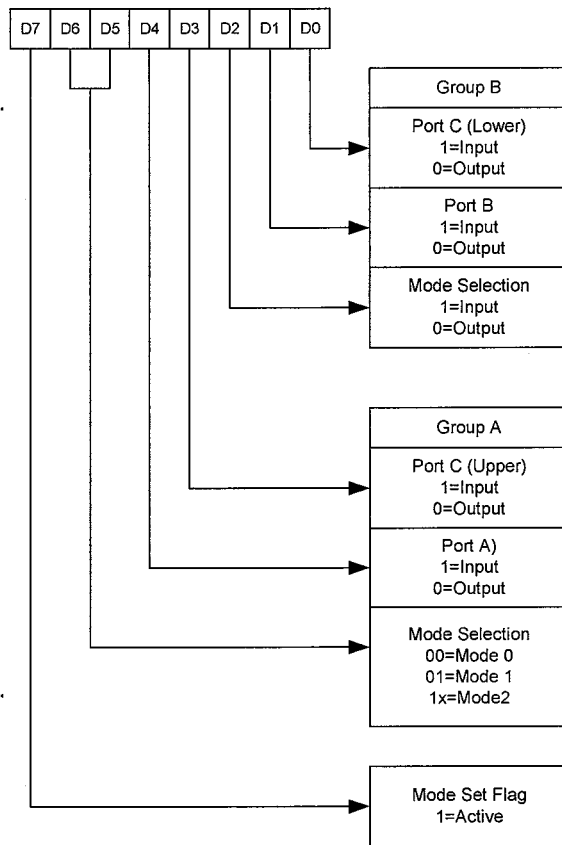
บิต D4 ใช้กำหนดให้พอร์ต A ทั้ง 8 บิต เป็นอินพุตหรือเอาต์พุต

บิต D3 ใช้กำหนดให้พอร์ต C 4 บิตบนเป็นอินพุตหรือเอาต์พุต

บิต D2 เป็นบิตที่ใช้เลือกโหมดการทำงานของพอร์ต B

บิต D1 ใช้กำหนดให้พอร์ต B ทั้ง 8 บิต เป็นอินพุตหรือเอาต์พุต

บิต D0 ใช้กำหนดให้พอร์ต C 4 บิตล่าง เป็นอินพุตหรือเอาต์พุต



รูปที่ 2.7 รายละเอียดแต่ละบิตของรีจิสเตอร์ควบคุมของ 8255

5) การทำงานโหมด 0 ของ 8255

การทำงานในโหมด 0 จะทำงานในลักษณะที่แต่ละพอร์ตจะเป็นอินพุตหรือเอาต์พุตเพียงอย่างเดียวเท่านั้น การกำหนดให้ 8255 ทำงานในโหมด 0 นั้น เริ่มต้นจะต้องส่งไบต์ข้อมูลควบคุมไปให้รีจิสเตอร์ควบคุม เช่น ถ้าต้องการให้พอร์ต A, B และ C ของ 8255 ทำงานเป็นเอาต์พุตทั้งหมดจะสามารถกำหนดได้ดังนี้

บิต	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
ค่าที่กำหนด	1	0	0	0	0	0	0	0	80 H

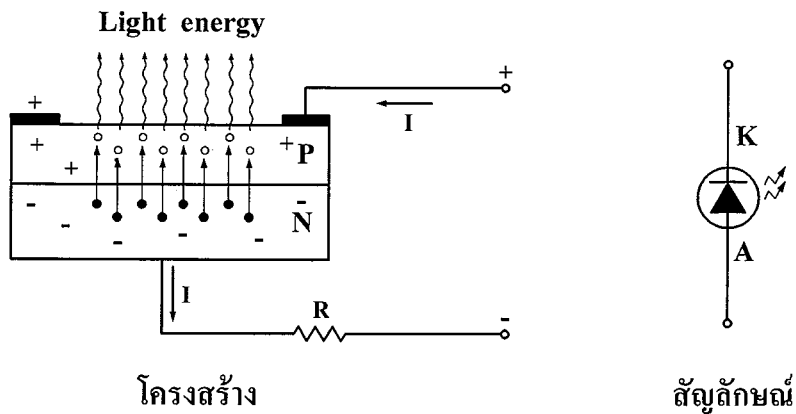
รูปที่ 2.8 การกำหนดเอาต์พุตให้กับ 8255

2.3 อุปกรณ์แสดงผลทางแสง

2.3.1 แอลอีดี

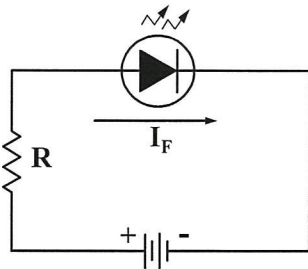
แอลอีดี (Light Emitting Diode : LED) เป็นไดโอดที่สามารถเปล่งแสงออกมาด้วยคลื่นความถี่เดียวและมีเฟสต่อเนื่องได้ ซึ่งต่างไปจากแสงธรรมดาที่คนเรามองเห็นประกอบด้วยคลื่นที่มีความถี่และเฟสต่างๆ มารวมกัน

โครงสร้างของแอลอีดีเหมือนไดโอดทั่วๆ ไปที่ประกอบขึ้นมาจากการนำเอาสารพีและสารเอ็นมาประกบกัน โดยผิวข้างหน้าเป็นมันคล้ายกระจก เมื่อให้ไบอัสตรง (Forward Bias) กับแอลอีดี จะทำให้อิเล็กตรอนที่สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นมีพลังงานสูงมากขึ้นจนสามารถวิ่งข้ามรอยต่อไปรวมกับโฮลในสารพีได้ ก่อให้เกิดพลังงานที่เราเรียกกันว่าพลังงาน “โฟตอน” เปล่งแสงออกมา ซึ่งเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า Electroluminescence แต่เมื่อให้ไบอัสกลับ (Reverse Bias) กับแอลอีดี ไดโอดจะไม่นำกระแสและไม่เปล่งแสง โครงสร้างและสัญลักษณ์ของแอลอีดีแสดงดังรูปที่ 2.9.

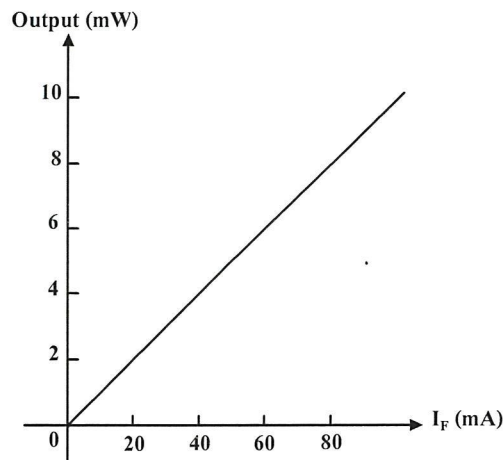


รูปที่ 2.9 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของแอลอีดี

แสงที่เปล่งออกมาจากแอลอีดีมีหลายสีเกิดจากสารที่ผสมเข้ากับรอยต่อสารพีและสารเอ็น เช่น แกลเลียมอาร์เซไนด์ (GaAs) ให้แสงอินฟราเรด (IR, Infrared) แกลเลียมอาร์เซไนด์ฟอสไฟด์ (GaAsP) ให้แสงสีแดงหรือสีเหลืองและแกลเลียมฟอสไฟด์ (GaP) ให้แสงสีเขียวเป็นต้น เมื่อให้ไบอัสตรงกับแอลอีดีดังแสดงในรูปที่ 2.10 (ก) จะทำให้เกิดพลังงานแสงที่ไดโอดเปล่งออกมามีหน่วยเป็นมิลลิวัตต์ ซึ่งกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนี้จะแปรไปตามค่าของกระแสไบอัสตรงที่ผ่านแอลอีดี ดังแสดงในกราฟที่ 2.10 (ข)



(ก) การให้ไบอัสตรงกับแอลอีดี



(ข) กราฟแสดงการให้ไบอัสตรงกับแอลอีดี

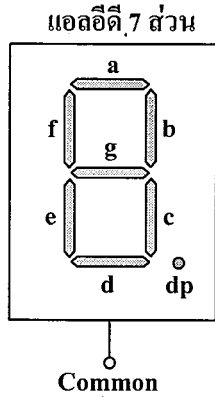
รูปที่ 2.10 การทำงานของแอลอีดี

ความยาวคลื่น (Wave Length) แอลอีดีที่ตามนุษย์มองเห็นได้โดยมากจะเป็นสีแดง ปกติจะมีความยาวคลื่นของแสงเท่ากับ 660 นาโนเมตร แต่ถ้าแอลอีดีอินฟราเรดซึ่งเป็นแสงที่มองเห็นด้วยตาเปล่าไม่ได้จะมีความยาวคลื่นแสงเท่ากับ 940 นาโนเมตร

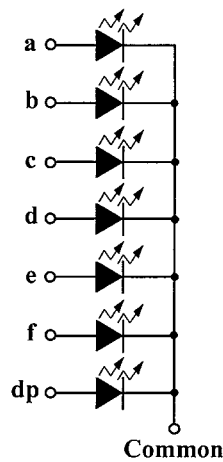
การกระจาย (Radiation) ของแสงที่เปล่งออกมาจากแอลอีดีโดยทั่วไปการกระจายแสงของแอลอีดีจะเบี่ยงเบนจากแนวกลางของไดโอด (ของเลนซ์) ไปทางซ้ายและทางขวาเท่าๆ กันประมาณข้างละ 15 องศา

2.3.2 แอลอีดี 7 ส่วน

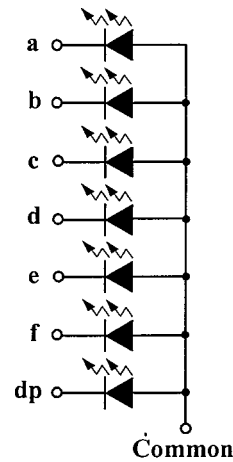
แอลอีดี 7 ส่วน (7-Segment) ประกอบขึ้นจากแอลอีดีจำนวน 7 ตัวที่บรรจุอยู่ในถังเดียวกัน และได้รับการจัดเรียงเป็นรูปตัวเลข แอลอีดีแต่ละตัวจะถูกเรียกว่า ส่วนหรือเซกเมนต์ (Segment) แต่ละส่วนหรือเซกเมนต์มีชื่อเรียกต่างกันตามตำแหน่งที่ได้รับการจัดวางคือ a, b, c, d, e, f, g และ dp ซึ่งเป็นแอลอีดีอีก 1 ตัวที่บรรจุอยู่ในแอลอีดี 7 ส่วน ใช้เป็นตัวแสดงจุดทศนิยมในกรณีที่มีการแสดงผลในลักษณะตัวเลขที่มีทศนิยม ดังแสดงในรูปที่ 2.11 (ก)



(ก) รูปร่างและการกำหนดชื่อเซกเมนต์ต่างๆ ของ แอลอีดี 7 ส่วน



(ข) แคลโทดร่วม



(ค) แอนโอดร่วม

รูปที่ 2.11 (ก) รูปร่างและการกำหนดชื่อเซกเมนต์ต่างๆ ของ แอลอีดี 7 ส่วน
(ข) การต่อแบบแคลโทดร่วมและ (ค) การต่อแบบแอนโอดร่วม

แอลอีดีทุกตัวที่บรรจุอยู่ในแอลอีดี 7 ส่วนนี้มีขาต่อร่วมกัน ซึ่งมีทั้งแบบต่อขาแคลโทดร่วมกันเรียกว่า แบบแคลโทดร่วม (Common Cathode) และแบบต่อขาแอนโอดร่วมกันเรียกว่า แบบแอนโอดร่วม (Common Anode) การขับให้แอลอีดี 7 ส่วน แบบแคลโทดร่วมสว่างจะต้องจ่ายไฟลบเข้าที่ขาร่วมแล้วจ่ายไฟบวกเข้าที่ขาแอนโอด ซึ่งก็คือขาของแต่ละเซกเมนต์นั่นเองดังแสดงในรูปที่ 2.11 (ข) ในขณะที่แอลอีดี 7 ส่วน แบบแอนโอดร่วมจะต้องจ่ายไฟบวกเข้าที่ขาร่วมแล้วจ่ายไฟลบเข้าที่ขาแคลโทด ซึ่งเป็นขาของแต่ละเซกเมนต์ดังแสดงในรูปที่ 2.11 (ค)

แอลอีดี 7 ส่วน ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปมีทั้งแบบตัวเดี่ยว ตัวคู่ และแบบที่มีมากกว่า 2 หลัก แต่ที่นิยมใช้งานและหาได้ง่ายมี 2 แบบคือ แบบตัวเดี่ยวและแบบตัวคู่ โดยมีการจัดขาดังแสดงในรูปที่ 2.11 จะเห็นได้ว่าแอลอีดี 7 ส่วน แบบตัวเดี่ยวมีขาต่อใช้งาน 10 ขา คือขา a, b, c, d, e, f, g, dp และขาร่วม ซึ่งมี 2 ขา ถ้าเป็นแอลอีดี 7 ส่วน แบบตัวคู่มีขาต่อใช้งาน 20 ขา แบ่งเป็นขา a, b, c, d, e, f, g และ dp อย่างละ 2 ขารวม 16 ขาและขาร่วมอีกหลักละ 2 ขา การต่อขาร่วมของแต่ละหลักทั้ง 2 ขานั้น สามารถต่อใช้งานเพียงขาเดียวได้ เนื่องจากในโครงสร้างภายในของแอลอีดี 7 ส่วน ขาร่วมนี้ต่อถึงกันอยู่แล้ว

ถ้าเราเชื่อมต่อแต่ละขากับบัสข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแต่ละบิตจะต่อกับขาของหลอดแอลอีดี 7 ส่วนดังแสดงในตารางที่ 2.5 ถ้าหากต้องการให้แอลอีดี 7 ส่วน แสดงตัวเลข และตัวอักษรต่างๆ จะต้องส่งข้อมูลให้แต่ละเซกเมนต์สว่างหรือดับให้ประกอบเป็นตัวอักษรต่างๆ

ดังนั้นข้อมูลที่ส่งไปที่พอร์ตจะเป็นตัวกำหนดตัวอักษรที่แสดงบนแอลอีดี 7 ส่วน ตัวอักษรค่าต่างๆ ที่ส่งออกมามีความสัมพันธ์กันดังแสดงในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.5 ตำแหน่งขาที่จะต่อกับพอร์ต

ตำแหน่งบิต	ตำแหน่งเซกเมนต์
7	dp
6	g
5	f
4	e
3	d
2	c
1	b
0	a

ตารางที่ 2.6 ข้อมูลการแสดงผล 0-9 ของแอลอีดี 7 ส่วน แบบแคโทดร่วม

ข้อมูลลิจิตอลเอาต์พุตสำหรับขับแอลอีดี 7 ส่วน								เลขฐานสิบหก	ค่าตัวเลขที่แสดงบนแอลอีดี 7 ส่วน
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0		
dp	g	f	e	d	c	b	a		
0	0	1	1	1	1	1	1	3FH	0
0	0	0	0	0	1	1	0	06H	1
0	0	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

ในกรณีที่ต่อแบบแอนโคร่วมก็จะมีลักษณะคล้ายกับการต่อแบบแคโทดร่วมเพียงแต่การคิดค่าของข้อมูลในการส่งออกแบบแอนโคร่วมจะต้องป้อน 0 ให้หรือถ้าต้องการให้ส่วนไหนติดก็ส่งลอจิก 0 นั้นเองเช่น ต้องการให้ข้อมูลแสดงออกเป็นเลข 1 ค่าของข้อมูลจะเป็นดังนี้ 11111001B หรือ F9H นั้นเอง

2.3.3 จอแสดงผลแบบผลึกเหลว (LCD)

จอแสดงผลแบบผลึกเหลวหรือ LCD (Liquid Crystal Display) เป็นอุปกรณ์แสดงผลที่สามารถแสดงข้อความที่เป็นตัวเลข ตัวอักษร และสัญลักษณ์อื่นๆ ซึ่งพบเห็นกันบ่อยมากในปัจจุบันไม่ว่าจะเป็นนาฬิกาแสดงเวลา เครื่องพิมพ์เลเซอร์ และงานด้านอิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ สาเหตุที่มีการนำจอแสดงผลแบบผลึกเหลวไปใช้งานกันมากเนื่องจากความสะดวกความสมบูรณ์ของข้อความ จอแสดงผลแบบผลึกเหลวมีข้อดีประการหนึ่งที่ได้รับการยอมรับกันคือ ใช้กำลังงานต่ำมากและต่ำกว่าตัวแสดงผลแบบแอลอีดี โดยจอแสดงผลแบบผลึกเหลวจะใช้กำลังไฟเพียงไมโครวัตต์ ในขณะที่จอแสดงผลแบบแอลอีดีต้องใช้เป็นมิลลิวัตต์ แต่จอแสดงผลแบบผลึกเหลวมีข้อเสียอยู่บ้างบางประการเช่น ไม่สามารถกำเนิดแสงเองได้ต้องอาศัยจากภายนอกหรือแหล่งกำเนิดแสงภายในและมีขีดจำกัดทางด้านอุณหภูมิที่ประมาณ 0-60 องศาเซลเซียส

การพัฒนาเทคโนโลยีจอแสดงผลแบบผลึกเหลวเริ่มต้นอย่างจริงจังเมื่อประมาณต้นปี ค.ศ. 1970 ซึ่งมีการพัฒนาจอแสดงผลแบบผลึกเหลวแบบนีเมติกชนิดเกลียว (Twisted Nematic-Display) ขึ้น การทำงานของจอแสดงผลแบบผลึกเหลวแบบนีเมติกชนิดเกลียวจะอาศัยการบิดตัวของแท่งโมเลกุล

จอแสดงผลแบบผลึกเหลวแบบนีเมติกชนิดเกลียวยังมีอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นแบบที่ใช้ในอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและวิทยุติดรถยนต์เพื่อแก้ปัญหาข้อจำกัดของจอแสดงผลแบบผลึกเหลวแบบอาศัยการสะท้อนของแสงในที่มีด จึงมีการพัฒนาโดยถอดแผ่นสะท้อนแสงออกและเพิ่มเติมแหล่งกำเนิดแสงทางด้านหลังเพื่อให้แสงลอดผ่านทะลุมายังข้างหน้า

จอแสดงผลแบบผลึกเหลวแบบใช้แสงส่องผ่านทางด้านหลังนี้มีข้อเสียอยู่จุดหนึ่งคือแสงที่ส่องผ่านออกมาได้นั้นจะมีปริมาณที่น้อยกว่าแหล่งกำเนิดแสงอันเนื่องมาจากบางส่วนถูกปิดบังด้วยโมเลกุลของผลึกเหลว ในการมองจึงต้องมองในลักษณะตรงหรือตั้งฉากกับจอแสดงผลแบบผลึกเหลวมิฉะนั้นแสงที่เห็นหรือภาพที่เห็นจะจางลงไป ทั้งนี้เพราะแสงที่ถูกหักเหจากภายในผลึกเหลวออกมาภายนอกมีลักษณะเป็นเส้นตรงตั้งฉากกับผนังจอเท่านั้น ถ้าเรามองในลักษณะไม่ตั้งฉากแสงดังกล่าวจะไม่หักเหเข้าตาเต็มที่ จึงเห็นว่าภาพนั้นจางไป สำหรับช่วงเวลาของการเกิดภาพ (Switching Time) นี้จึงอยู่ระหว่าง 0.02 ถึง 0.05 วินาที

ต่อมาในปี ค.ศ. 1985 จอแสดงผลแบบผลึกเหลวแบบใหม่เรียกว่าซูเปอร์นีเมติกชนิดเกลียว (STN) ก็เกิดขึ้น โดยพัฒนามาจากแบบเก่าซึ่งมีทิศทางการบิดของโมเลกุลถึง 270 องศา แทนที่จะเป็น 90 องศาทำให้ภาพที่ออกมาคมชัดขึ้นกว่าเดิมและทำให้มุมของการมองเห็นกว้างขึ้นด้วย

ผลึกเหลวไม่สามารถให้แสงเป็นสีได้ต้องใช้วิธีที่เรียกว่า เกสต์โฮสต์อินเตอร์แอคชัน (Guest-Host Interaction) โดยการผสมไดโครติกดายส์ (Dichotic Dyes) ลงไปกับผลึกเหลวด้วย ซึ่งเป็นโมเลกุลของสารชนิดหนึ่งที่อยู่ในสถานะผลึกเหลวและมีลักษณะการบิดตัวเช่นเดียวกัน

โมดูลของจอแสดงผลแบบผลึกเหลวบางรุ่นอาจมี 1 แฉวหรือมากกว่า การแสดงผลของจอแสดงผลแบบผลึกเหลวจะอยู่ในรูปเมตริกซ์ เช่น บางรุ่นแสดงเมตริกซ์ที่มีขนาดกว้าง 5 เซกเมนต์ สูง 8 เซกเมนต์ และสำหรับรุ่น HD 44780 สามารถควบคุมการแสดงผลได้สูงถึง 11 เซกเมนต์ ซึ่งเป็นผลดีกับการแสดงแอลอีดี 7 ส่วน ประกอบขึ้นจากตัวอักษรบางตัวเช่น g, p และ q

ในโมดูลจอแสดงผลแบบผลึกเหลวมีส่วนประกอบหลักๆ 3 ส่วนด้วยกันคือ

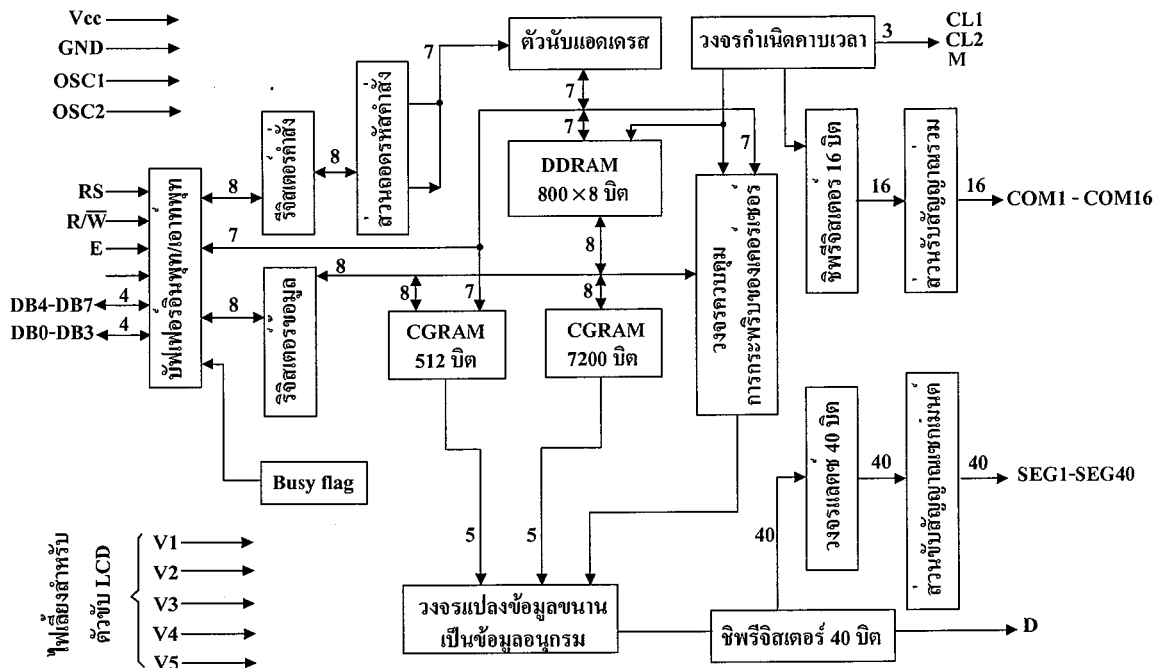
1. ตัวแสดงผล (Display) ภายในเป็นผลึกเหลวที่สามารถแสดงผลให้เห็น โดยอาศัยแสงจากภายนอก ดังนั้นจึงต้องมีมุมในการมองข้อมูลที่แสดงผลบนจอ

2. ตัวควบคุม (Controller) เป็นตัวรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกมาควบคุมการทำงานของโมดูลจอแสดงผลแบบผลึกเหลวเช่น ลบจอภาพ แสดงตัวอักษร หรือเลื่อนเคอร์เซอร์ ตัวควบคุมนี้ใช้ชิพควบคุมโดยเฉพาะ ชิพที่นิยมใช้คือ เบอร์ HD 44780 และ HD 61830 โดย HD 44780 จะใช้ควบคุมจอแสดงผลแบบผลึกเหลวแบบอักษร ส่วน HD 61830 ใช้ควบคุมจอแสดงผลแบบผลึกเหลวแบบกราฟฟิก

3. ตัวขับ (Driver) เป็นตัวรับสัญญาณจากตัวควบคุมมาขับให้ตัวแสดงผลแสดงข้อมูลตามที่กำหนด ชิพที่ใช้ทำหน้าที่เป็นตัวขับนี้ได้แก่เบอร์ HD44100 และ MSM5259 เป็นต้น

1) โครงสร้างภายในของตัวควบคุมโมดูลจอแสดงผลแบบผลึกเหลว

จากรูปที่ 2.12 แสดงแผนภาพภายในของชิพควบคุมจอแสดงผลแบบผลึกเหลวเบอร์ HD44780 ซึ่งใช้ในโมดูลจอแสดงผลแบบผลึกเหลวแบบอักษรประกอบด้วย



รูปที่ 2.12 แผนภาพการทำงานของไมโครจอยแสดงผลแบบพลิกเหลวแบบอักษร

บัฟเฟอร์อินพุต/เอาต์พุตเป็นส่วนที่ใช้ในการติดต่อรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ภายนอก เพื่อที่จะถ่ายทอดข้อมูลเข้าออกภายในตัวควบคุม

รีจิสเตอร์ค่าตั้ง (Instruction Register : IR) เป็นรีจิสเตอร์ใช้รับข้อมูลคำสั่งจากอุปกรณ์ภายนอกเพื่อนำไปควบคุมการแสดงผล

รีจิสเตอร์ข้อมูล (Data Register : DR) เป็นรีจิสเตอร์ใช้รับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอก เพื่อถ่ายทอดต่อไปยังหน่วยความจำที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลแสดงผลหรือนำข้อมูลไปสร้างตัวอักษรเพิ่มเติมในแรมเก็บตัวอักษร

แรมเก็บข้อมูลแสดงผล (Display Data RAM : DDRAM) เป็นหน่วยความจำแรมทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่มาจากรีจิสเตอร์ DR ตัวควบคุมจะนำข้อมูลใน DDRAM นี้ไปเปิดตารางของตัวอักษรที่เก็บไว้ในหน่วยความจำรอมและแรมเก็บตัวอักษรเพื่อนำไปแสดงที่ตัวแสดงผล

รอมเก็บตัวอักษร (Character Generator ROM : CGROM) เป็นหน่วยความจำรอมที่ใช้เก็บข้อมูลตัวอักษรหรือสัญลักษณ์ที่สามารถอ่านออกไปแสดงที่ตัวแสดงผลได้มีขนาด 7200 บิต โดยจะถูกอ่านด้วยค่าของข้อมูลใน DDRAM

แรมเก็บตัวอักษร (Character Generator RAM : CGRAM) เป็นหน่วยความจำแรมที่ใช้เก็บตัวอักษรที่มีการสร้างเพิ่มเติมขึ้นใหม่ ในกรณีที่ตัวอักษรใน CGROM ไม่เพียงพอมีขนาด 512 บิต

การเขียนและอ่านค่าไปใช้นั้นทำได้เช่นเดียวกับ CGROM คือ เขียนข้อมูลลงใน DDRAM แล้ว ตัวควบคุมจะมาอ่านค่าจาก CGRAM เอง

แฟล็ก BUSY เป็นส่วนที่ทำหน้าที่แจ้งสถานะการทำงานของตัวควบคุมให้อุปกรณ์ภายนอกทราบว่าตัวควบคุมพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือคำสั่งหรือไม่ ดังนั้นก่อนการส่งข้อมูลหรือคำสั่งมายังตัวควบคุมต้องตรวจสอบสถานะของแฟล็ก BUSY นี้เสียก่อน

ตารางที่ 2.7 แสดงขาสัญญาณต่างๆ ที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ เนื่องจากว่าการควบคุมจอแสดงผลแบบผลึกเหลวต้องการเวลาเพื่อรอทำงานตามคำสั่งหรือรอรับสัญญาณ ดังนั้นถ้าใช้คอมพิวเตอร์จะต้องพิจารณาเรื่องเวลาด้วย แต่การเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์หรือไมโครโปรเซสเซอร์สามารถทำได้โดยตรงได้โดยไม่ต้องมีอุปกรณ์อื่นมาเพิ่มเติมหรือถ้ามีก็เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

ตารางที่ 2.7 ขาสัญญาณต่างๆ ที่ใช้ในการติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์

ขา	สัญลักษณ์	หน้าที่
1	Vss	กราวด์
2	Vdd	+5 โวลต์
3	Vo	ปรับความสว่างด้วยแรงดัน (0-5 โวลต์)
4	RS	เลือกรีจิสเตอร์ (0 = รีจิสเตอร์คำสั่งหรือแฟล็กแสดงสถานะการทำงานและตัวนับแอดเดรส; 1 = รีจิสเตอร์ข้อมูล)
5	R/W	เลือกการอ่านหรือเขียน (0 = อ่าน ; 1 = เขียน)
6	E	อีน่าเบิลการอ่านหรือเขียน LCD
7	D0	ข้อมูลอินพุต/เอาต์พุตบิตที่น้อยที่สุด
8	D1	ข้อมูลอินพุต/เอาต์พุตบิตที่ 2
9	D2	ข้อมูลอินพุต/เอาต์พุตบิตที่ 3
10	D3	ข้อมูลอินพุต/เอาต์พุตบิตที่ 4
11	D4	ข้อมูลอินพุต/เอาต์พุตบิตที่ 5
12	D5	ข้อมูลอินพุต/เอาต์พุตบิตที่ 6
13	D6	ข้อมูลอินพุต/เอาต์พุตบิตที่ 7
14	D7	ข้อมูลอินพุต/เอาต์พุตบิตที่สูงที่สุด

จอแสดงผลแบบผลึกเหลวนั้นมีให้เลือกหลายขนาดแต่ที่นิยมใช้กันมากเป็นแบบ 1×16 (1 แถว 16 ตัวอักษร) 2×16 (2 แถว 16 ตัวอักษร) และ 2×20 (2 แถว 20 ตัวอักษร) ส่วนถ้าเป็นจอแสดงผลขนาดใหญ่สามารถแสดงตัวอักษรได้ถึง 80 ตัวอักษร ซึ่งอาจต้องมีวงจรขับหรือชิพคอนโทรลเลอร์เพิ่มขึ้นเพื่อใช้ร่วมกับ HD 44780 ที่ต่อสายสัญญาณ 14 เส้นได้

2.4 อุปกรณ์เซ็นเซอร์

ในวงการอิเล็กทรอนิกส์ในส่วนนำสัญญาณเข้าที่ทำหน้าที่เป็นส่วนรับความรู้สึกต่างๆ เรียกว่าตัวตรวจจับซึ่งจะทำการเปลี่ยนแปลงความรู้สึกต่างๆ ที่ได้รับเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งอาจจะป็นแรงดันหรือกระแสก็ได้และส่งให้วงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อตีความหมายแล้วนำผลดังกล่าวไปใช้งานได้ตามต้องการ

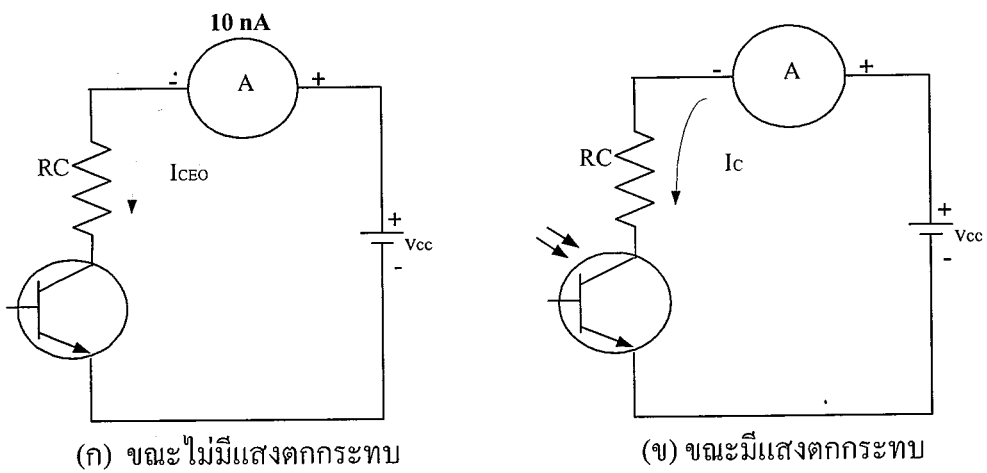
ตัวตรวจจับพื้นฐานที่เราคุ้นเคยกันอย่างดี เช่น สวิตช์กลไก สวิตช์แม่เหล็ก โฟโตทรานซิสเตอร์ เซลล์รับแสง ออปโตคัปเปิลอร์ ตัวตรวจจับตำแหน่ง ตัวตรวจจับแรงดัน ตัวตรวจจับอุณหภูมิ ตัวตรวจจับเสียง ตัวตรวจจับสี เป็นต้น ตัวตรวจจับต่างๆ เหล่านี้ จะทำหน้าที่เปลี่ยนสถานะภาพทางฟิสิกส์ให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ให้สามารถทำงานได้ตามต้องการ

2.4.1 โฟโตทรานซิสเตอร์

โดยสภาวะปกติสารกึ่งตัวนำจะมีคุณสมบัติที่ไวต่อแสง เมื่อทำการนำเอาสารกึ่งตัวนำมาสร้างเป็นโฟโตทรานซิสเตอร์ โปรตอนจากแสงจะทำการให้เกิดอิเล็กตรอนอิสระขึ้นเป็นผลทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าขึ้นได้ ดังนั้นโฟโตทรานซิสเตอร์จึงเป็นตัวตรวจจับแสงชนิดหนึ่ง ซึ่งถูกออกแบบขึ้นมาจากการเกิดปรากฏการณ์อย่างหนึ่งของสารกึ่งตัวนำและมีรอยต่อ P-N ระหว่างสาร 2 ชนิดของโฟโตทรานซิสเตอร์ ซึ่งรอยต่อนี้มีขนาดใหญ่กว่ารอยต่อ P-N ของทรานซิสเตอร์ โดยทั่วไปความแตกต่างจากทรานซิสเตอร์ทั่วไปคือ ที่ตัวถังด้านบนของโฟโตทรานซิสเตอร์จะมีช่องสำหรับรับแสงเพื่อส่งไปยังรอยต่อ P-N โดยช่องรับแสงนี้จะมีวัสดุไมกาใส (Clear Mica) หรือเลนส์ผลึกควอตซ์ (Quartz Lens) ติดอยู่บนช่องรับแสงดังกล่าว

1) การจ่ายไฟไบอัสโฟโตทรานซิสเตอร์

การจ่ายไฟไบอัสโฟโตทรานซิสเตอร์ เหมือนการให้ไบอัสทรานซิสเตอร์แบบธรรมดา คือจ่ายไฟบวกให้ขา C และจ่ายไฟลบให้ขา E ส่วนขา B ไม่ถูกต่อใช้งานจึงไม่ต้องจ่ายไบอัสให้ ลักษณะการจ่ายไบอัสและการทำงานของโฟโตทรานซิสเตอร์แสดงดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 การจ่ายไบอัสและการทำงานของโฟโตทรานซิสเตอร์

จากรูปที่ 2.13 (ก) เป็นกรณีที่ยังไม่มีแสงส่องมากระทบรอยต่อ P-N ที่ขา B และขา C แม้จะจ่ายไบอัสให้โฟโตทรานซิสเตอร์แล้วก็ตาม โฟโตทรานซิสเตอร์ยังไม่นำกระแสไม่มีกระแสไหลในวงจรเพราะค่าความต้านทานระหว่างรอยต่อขา C และขา E สูงมากมีเพียงกระแสรั่วซึมไหลผ่าน (I_{CBO}) กระแสที่ไหลนี้เรียกว่ากระแสมืด (Dark Current) มีค่ากระแสเป็นหน่วยนาโน-แอมแปร์ (nA) เพราะฉะนั้นค่ากระแสที่ไหลน้อยมากจึงถือว่าโฟโตทรานซิสเตอร์ไม่นำกระแส

ส่วนรูปที่ 2.13 (ข) เป็นกรณีที่แสงส่องมากระทบรอยต่อ P-N ที่ B จะเกิดกระแสเบส (I_B) ไหล โดยกำหนดให้ I_λ เป็นกระแสเบสที่ไหลเกิดขึ้นเนื่องจากแสงที่ส่องมาตกกระทบรอยต่อ P-N กระแส I_λ ค่าความต้านทานระหว่างรอยต่อขา C และขา E ลดลงเกิดกระแสคอลเลคเตอร์ (I_C) ไหลค่ากระแส I_C หาได้จากสมการดังนี้

$$I_C = \beta_{DC} I_\lambda \tag{2.1}$$

ค่ากระแส I_C ที่เกิดขึ้นในโฟโตทรานซิสเตอร์มีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าความเข้มของแสงสว่างที่ส่องมากระทบรอยต่อ P-N แสงมีความเข้มน้อยทำให้กระแส I_C ไหลน้อยและแสงมีความเข้มมากทำให้กระแส I_C ไหลมากความเข้มของแสงที่ตกกระทบรอยต่อ P-N วัดออกมา มีหน่วยเป็นมิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร (mW/cm^2)

2.4.2 แอลอีดีอินฟราเรด

1) แอลอีดีอินฟราเรดกำลังสูง

เหตุผลที่เลือกใช้แสงในการสื่อสารทางโทรคมนาคมนั้นก็มีเหตุผลใหญ่ๆ 2 ข้อคือ

- 1.1) สามารถป้องกันการสอดแทรกต่างๆ ทั้งยังทำให้เกิดความปลอดภัยในการสื่อสาร
- 1.2) สัญญาณภายนอกต่างๆ เช่น มอเตอร์ไม่สามารถที่จะรบกวนได้

สำหรับย่านความถี่แสงที่ใช้ส่งนี้จะใช้แสงในย่านอินฟราเรด

2) แอลอีดีกำลังสูงที่ให้แสงย่านอินฟราเรด

รอยต่อ P-N ของแอลอีดีเป็นแหล่งกำเนิดโฟตอนที่ดีมากแต่ก็ไม่สามารถปล่อยโฟตอนออกมาได้ทั้งหมดเช่น รอยต่อของแกเลียมอาร์เซไนด์ (GaAs) ซึ่งให้แสงอินฟราเรดทำให้เกิดโฟตอนประมาณ 88 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น เนื่องจากโฟตอนที่ถูกปล่อยออกมาจากรอยต่อส่วนหนึ่งถูกสกัดกั้นโดยกรอบของชั้นสาร

3) คุณสมบัติของแอลอีดีอินฟราเรด

แรงดันตกคร่อมที่รอยต่อ P-N ของไดโอด ต้องมีค่ามากกว่าแรงดันเทอร์ชโฮลต์ จึงจะสามารถทำให้ไดโอดนำกระแสได้ สำหรับซิลิกอนไดโอดแรงดันทำงานมีค่าประมาณ 0.6 โวลต์ ส่วนแอลอีดีที่ให้แสงในย่านที่ตามองเห็นได้ถ้าทำจากสาร GaP ซึ่งให้แสงสีเขียวจะมีค่าแรงดันประมาณ 2.1 ถึง 2.8 โวลต์ ถ้าเป็นแอลอีดีที่ทำจาก AlGaAs ให้แสงสีแดงมีแรงดันทำงาน 1.75 ถึง 2.5 โวลต์ ส่วนแอลอีดีที่ให้แสงอินฟราเรด ทำจากสาร GaAs มีแรงดันทำงาน 1.5 โวลต์ โดยให้แสงที่มีความยาวคลื่น 940 นาโนเมตรและถ้าทำจาก AlGaAs จะทำให้ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตรที่แรงดัน 1.75 โวลต์ พลังงานที่ได้จากการเปล่งแสงของแอลอีดีหาได้จากกระแสไบอัสตรงของไดโอดและต้องระวังไม่ให้กระแสส่วนนี้มีค่าสูงจนเกิดความร้อนจะทำอันตรายต่อชั้นไดโอด

ส่วนข้อดีของแอลอีดีชนิด AlGaAs คือมี Rise Time และ Full Time ที่เร็วกว่าคือประมาณ 0.5 ไมโครวินาที ในขณะที่ GaAs ซิลิกอนไดโอดมีค่า 1.5 ไมโครวินาที

ข้อดีอีกประการหนึ่งคือการเปล่งแสงของแอลอีดีที่มีความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร (AlGaAs) จะใกล้เคียงกับความยาวคลื่นที่ซิลิกอนโฟโตรีซิสเตอร์มีความไวสูงสุดจึงเป็นการเหมาะที่จะใช้แอลอีดีที่มีความยาวคลื่น 880 นาโนเมตรแทนแอลอีดีที่มีความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร

นอกจากนั้นแล้วแอลอีดีที่ให้ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร ไม่สามารถถูกดูดกลืนโดยละอองน้ำเหมือนแอลอีดีชนิดที่ให้ความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร จึงสามารถนำไปใช้ในการตรวจจับไอน้ำในอากาศได้

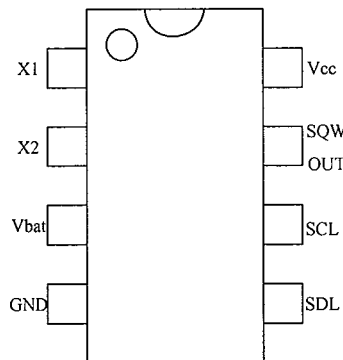
2.4.3 ไอซีสร้างฐานเวลาจริงหรือรีลไทม์คล็อก (RTC)

ผู้ผลิตคือ ดัลลัสเซมิคอนดักเตอร์ (Dallas Semiconductor) มีหน้าที่สร้างฐานเวลาจริงให้แก่ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์โดย DS1307 จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับเวลาทั้งหมด เนื่องจากว่าจะเป็นค่าของเวลาที่ละเอียดถึงหลักวินาที นาที ชั่วโมง วันที่ วันในสัปดาห์ เดือนและปี โดยสามารถปรับวันเดือนปีให้ตรงตามปฏิทินได้อย่างถูกต้อง รวมถึงการกำหนดวันในปีอธิกสุรทินด้วยคุณสมบัติทางเทคนิคที่สำคัญมีดังนี้

1. เป็นไอซีรีลไทม์คล็อกให้ข้อมูลตั้งแต่วินาทีจนถึงปี
2. รวมถึงการปรับวันในปีอธิกสุรทินด้วยสามารถให้ข้อมูลเวลาได้อย่างเที่ยงตรงถึงปีคริสตศักราช 2100
3. ใช้การเชื่อมต่อแบบระบบบัส I²C
4. มีหน่วยความจำอนโวลตาไทล์แรม 56 ไบต์ สามารถใช้เก็บข้อมูลทั่วไปได้
5. มีวงจรตรวจจับไฟเลี้ยงต่ำหรือหายไปอย่างอัตโนมัติและสามารถรักษาข้อมูลเวลาไว้ได้แม้ไม่มีไฟ

1) รายละเอียดขาต่อใช้งานของ DS1307

ในรูปที่ 2.14 แสดงการจัดขาของ DS1307 แต่ละขามีหน้าที่และการใช้งานดังนี้



รูปที่ 2.14 การจัดขาของไอซี DS1307 ไอซีสร้างฐานเวลาจริง (RTC)

Vcc, GND (ขา 8, 4) ต่อกับไฟเลี้ยง +5 โวลต์

Vbat (ขา 3) ใช้ต่อกับแบตเตอรี่ 3 โวลต์ เพื่อรักษาการทำงานของวงจรสร้างฐานเวลาของ DS1307 ให้คงอยู่ต่อไปแม้ว่าไม่มีไฟเลี้ยงจ่ายให้แก่ DS1307 ชนิดของแบตเตอรี่ที่เหมาะสมคือ แบตเตอรี่แบบลิเทียม ซึ่งมีความจุ 40 นาโนแอมป์ต่อชั่วโมง หรือมากกว่าจะสามารถรักษาข้อมูลได้นาน 10 ปี ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

SDA, SCL (ขา 5 และ 6) เป็นขาสำหรับเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์บนระบบบัส I²C SQW OUT (ขา 7) ที่ขา ini จะมีสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมส่งออกมา โดยสามารถเลือกความถี่ได้ 1 เฮิร์ตซ์, 4.096 เฮิร์ตซ์, 8.192 เฮิร์ตซ์ และ 32 เฮิร์ตซ์ ในการใช้งานต้องต่อตัวต้านทาน 1 กิโลโอห์มพูลอัพที่ขา ini ด้วย

X1, X2 (ขา 1 และ 2) ใช้ต่อกับคริสตอลความถี่มาตรฐาน 32.768 กิโลเฮิร์ตซ์ เพื่อใช้เป็นฐานเวลาในการสร้างค่าเวลาจริงในการใช้งานต้องต่อคริสตอลเข้ากับขาทั้งสองนี้และที่แต่ละขาต้องต่อตัวเก็บประจุค่าตัว ๆ ประมาณ 15 พิโคฟารัดคร่อมกับขากราวด์ด้วย

2) การทำงานของ DS1370

ไอซี DS1370 จัดการเชื่อมต่อในแบบบัส I²C โดยจะทำงานเป็นอุปกรณ์สเตลเฟสเมอ ดังนั้นการติดต่อเพื่อใช้งานจึงต้องกำหนดรูปแบบตามที่กำหนดไว้ในการติดต่อแบบ I²C ในรูปที่ 2.15 แสดงส่วนประกอบหลักที่สำคัญและแผนภาพการทำงานของ DS1370 วงจรออสซิลเลเตอร์ถือเป็นหัวใจหลักของไอซี เนื่องจากเป็นจุดเริ่มต้นของการสร้างข้อมูลเวลาจริง ในขณะที่ DS1370 ทำงานที่ขา SQW/OUT จะมีสัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยมส่งออกมาตลอดเวลาในกรณีที่มีการอินาเบิล วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ที่รีจิสเตอร์ควบคุมค่าความถี่ของสัญญาณนี้สามารถเลือกได้ 4 ค่า คือ 1 เฮิร์ตซ์, 4.069 เฮิร์ตซ์, 8.192 เฮิร์ตซ์ และ 32 กิโลเฮิร์ตซ์ พร้อมกันนั้นก็จะมีกรเก็บค่าของเวลาไว้ในหน่วยความจำอนโวลตาไทล์แรม ซึ่งมีขนาดรวม 64 ไบต์ แต่จัดสรรให้ใช้เก็บข้อมูลเวลา 8 ไบต์ และเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปสำหรับผู้ใช้งานอีก 56 ไบต์

วงจรควบคุมพลังงานไฟฟ้าจะคอยตรวจสอบสถานะของไฟเลี้ยงไอซี หากไฟเลี้ยงต่ำกว่า $1.25 \times V_{BAT}$ ก็จะควบคุมให้ DS1370 หยุดการทำงานรีเซตค่าตัวนับแอดเดรสภายในทำให้ไม่สามารถติดต่อกับ DS1370 ได้ ดังนั้นในการใช้งาน DS1370 ต้องระมัดระวังอย่าให้ไฟเลี้ยงตกต่ำกว่า $1.25 \times V_{BAT}$ หรือประมาณ 3.75 โวลต์ ในกรณีที่ใช้ VBAT เท่ากับ 3 โวลต์ ถ้าหากไฟเลี้ยงมีค่าต่ำกว่า VBAT ไอซี DS1370 จะเข้าสู่โหมดสำรองข้อมูลกระแสต่ำทันทีที่จะไม่มีการส่งสัญญาณพัลส์ออกมาที่ขา SQW/OUT แต่วงจรสร้างฐานเวลายังคงทำงานเพื่อให้ค่าของเวลาเดินไปอย่างไม่ผิดพลาด เมื่อมีไฟเลี้ยงปรากฏขึ้นอีกครั้ง DS1370 ก็จะสามารทำให้ค่าของเวลาที่เป็จริงแก่ผู้ใช้งานได้ต่อไป

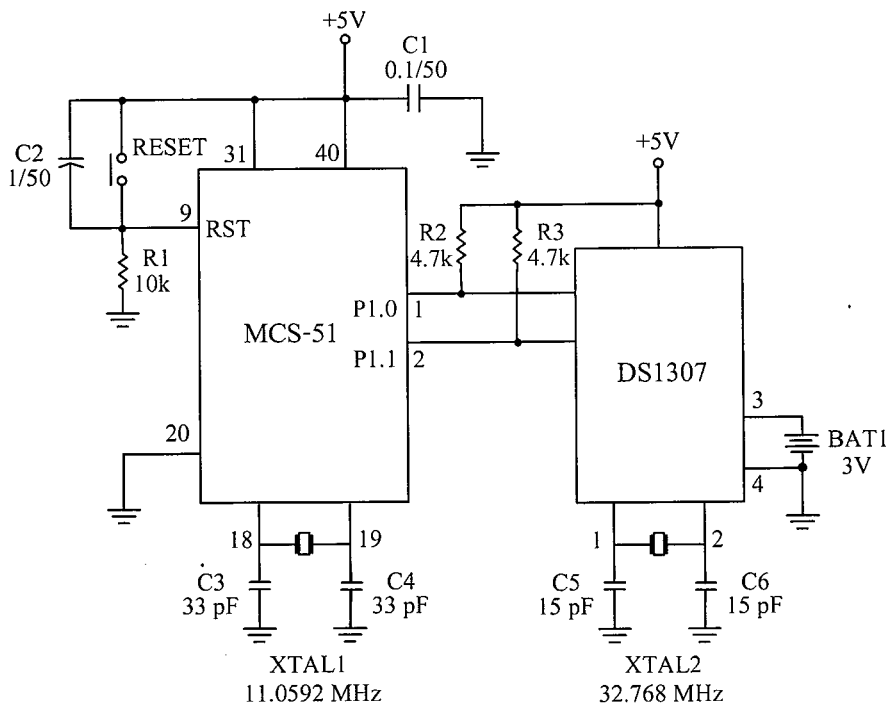
วงจรสื่อสารอนุกรมภายใน DS1370 ได้รับการกำหนดให้ทำงานตามรูปแบบของบัส I²C เป็นช่องทางการสื่อสารระหว่าง DS1370 กับอุปกรณ์มาสเตอร์ ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงหน่วยความจำที่ใช้เก็บค่าเวลาและหน่วยความจำใช้งานทั่วไปได้โดยการเขียนข้อมูลตามรูปแบบที่กำหนดในระบบบัส I²C

4.2) โหมคการอ่านข้อมูล

มีรูปแบบแสดงในรูปที่ 2.17 เริ่มต้นการทำงานเหมือนกับโหมคการเขียนข้อมูล คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์กำหนดสถานะเริ่มต้นแล้วส่งข้อมูลกำหนดแอดเดรสตามด้วยข้อมูลเลือกการอ่านซึ่งเท่ากับ 1 จากนั้นรอกการตอบรับจาก DS1307 จะทยอยส่งข้อมูลออกมาให้ไมโครคอนโทรลเลอร์คราวละ 1 แอดเดรสหรือ 1 ไบต์ โดยแอดเดรสที่เลือกอ่านข้อมูลจะต้องมีการกำหนดมาก่อนล่วงหน้าด้วยโหมคการเขียนข้อมูลวิธีการง่ายๆ คือ เข้าสู่โหมคการเขียนข้อมูลก่อนเมื่อถึงจังหวะที่ต้องการเขียนข้อมูลทำให้การสร้างสถานะเริ่มต้นและส่งข้อมูลกำหนดแอดเดรสใหม่อีกครั้งตามด้วยเลือกโหมคการอ่านข้อมูล ข้อมูลที่ออกมาจาก DS1307 ก็จะเป็นข้อมูลจากแอดเดรสที่กำหนดไว้ก่อนหน้า

5) การเชื่อมต่อ DS1307 กับไมโครคอนโทรลเลอร์

มีตัวอย่างวงจรแสดงในรูปที่ 2.18 จะเห็นได้ว่ามีลักษณะการต่อเหมือนกับอุปกรณ์บนระบบบัส I²C ตัวอื่นๆ ทุกประการและสามารถที่จะต่อไอซีทั้งหมดร่วมกันบนสาย SDA และ SCL ได้เป็นการช่วยให้เห็นถึงความสามารถพิเศษของระบบบัส I²C ที่ผู้ใช้งานสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่มีความต่างกันในหน้าที่การทำงานบนสายสัญญาณเดียวกันได้ถึงการทดลองนี้ผู้ใช้งานสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ระบบบัส I²C ได้ถึง 3 ตัว 3 ลักษณะการทำงานโดยใช้สายสัญญาณเพียง 2 เส้น



รูปที่ 2.18 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับไอซีรีลไทม์คล็อก DS1307

จากวงจรในรูปที่ 2.18 ไอซี DS1307 จำเป็นจะต้องต่อแบตเตอรี่ไว้ตลอดเวลาไม่ว่าจะใช้งานหรือไม่ ทั้งนี้เพื่อรักษาการทำงานของวงจรภายใน DS1307 ให้ยังคงทำงานต่อเนื่องไปเมื่อใดที่ไม่ไครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูล ก็จะได้ข้อมูลเวลาที่เป็จริงตลอดเวลา

2.5 ดีซีมอเตอร์

2.5.1 หลักการทำงานของดีซีมอเตอร์

ดีซีมอเตอร์เป็นทรานสดิวเซอร์แรงบิดซึ่งมีการออกแบบให้มีคุณลักษณะพิเศษคือแรงบิดของเพลลาของดีซีมอเตอร์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสอาร์เมเจอร์ แรงบิดของเพลลาของดีซีมอเตอร์จะได้ผลระหว่างแม่เหล็กและขดลวดตัวนำ หลักการนี้แสดงได้ดังรูปที่ 2.19 ในที่นี้กระแสที่ไหลในขดลวดตัวนำจะสร้างฟิลด์ที่ประกอบด้วยเส้นแรงแม่เหล็ก \mathcal{O} และขดลวดตัวนำเหล่านี้อยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางการหมุน r ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดของเพลลาและกระแสเท่ากับ

$$T = K \mathcal{O} I \quad (2.2)$$

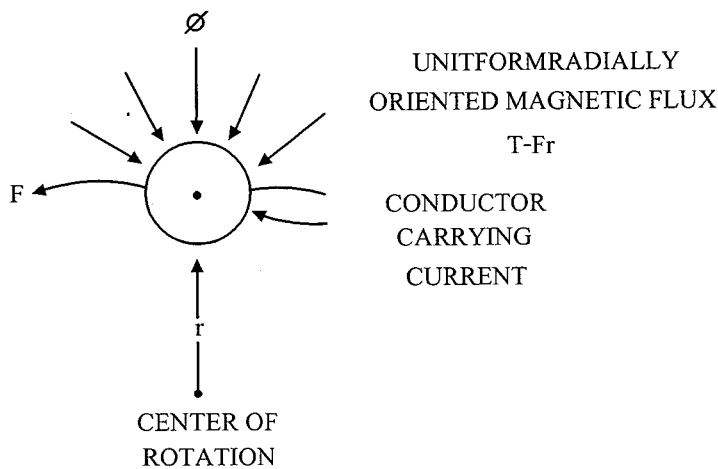
เมื่อ T คือแรงบิดของเพลามีหน่วยเป็นนิวตัน-เมตร

\mathcal{O} คือเส้นแรงแม่เหล็กมีหน่วยเป็นเวเบอร์

I คือกระแสมีหน่วยเป็นแอมแปร์

และ K คือตัวคงที่ ดังนั้นแรงบิดของเพลลาจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับผลคูณของเส้นแรงแม่เหล็กและกระแสเมื่อขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กก็จะทำให้เกิดโวลต์เตจตกคร่อมตัวมันเอง โวลต์เตจนี้จะเป็นสัดส่วนกับความเร็วของเพลลามอเตอร์และต้านการไหลของกระแส ความสัมพันธ์ระหว่างโวลต์เตจย้อนกลับนี้และความเร็วของเพลลามอเตอร์ คือ

$$E = K \mathcal{O} \omega \quad (2.3)$$



รูปที่ 2.19 การเกิดแรงบิดในตัวดีซีมอเตอร์

- เมื่อ E คือ โวลต์เตจย้อนกลับ emf มีหน่วยเป็นโวลต์
 ϕ คือ เส้นแรงแม่เหล็กมีหน่วยเป็นเวเบอร์
 ω คือ ความเร็วของมอเตอร์มีหน่วยเป็นเรเดียนวินาที

สมการ (2.2) และ (2.3) เป็นสมการที่แสดงหลักการทำงานพื้นฐานของดีซีมอเตอร์

2.5.2 การแยกประเภทของดีซีมอเตอร์

ดีซีมอเตอร์สามารถแบ่งออกได้เป็นหลายประเภทขึ้นอยู่กับลักษณะวิธีการสร้างสนามแม่เหล็กของตัวมอเตอร์และขึ้นอยู่กับพื้นฐานการออกแบบโครงสร้างของอาร์เมเจอร์การแบ่งประเภทลักษณะการจ่ายสนามแม่เหล็กได้เป็น 2 แบบ คือ

1. ดีซีมอเตอร์แบบปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้
2. ดีซีมอเตอร์แบบเส้นแรงแม่เหล็กมีค่าคงที่

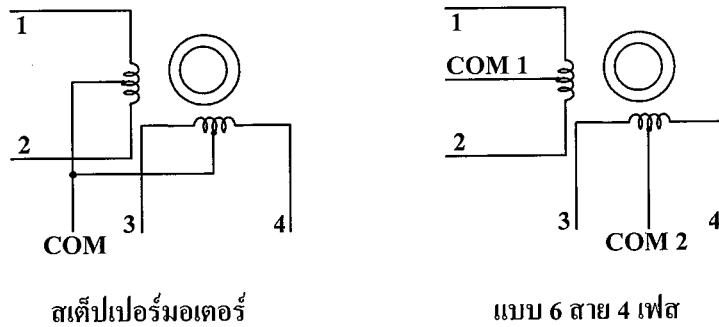
ถ้าแยกประเภทตามลักษณะการออกแบบโครงสร้างอาร์เมเจอร์สามารถแยกออกได้เป็น 3 แบบ คือ

1. ดีซีมอเตอร์แบบอาร์เมเจอร์เป็นแกนเหล็ก
2. ดีซีมอเตอร์แบบอาร์เมเจอร์ที่มีขดลวดพันอยู่บนพื้นผิว
3. ดีซีมอเตอร์แบบอาร์เมเจอร์เป็นขดลวดหมุน

2.6 สเต็ปป์มอเตอร์

สเต็ปป์มอเตอร์เป็นมอเตอร์ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงที่สามารถนำมาใช้กับงานควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ได้เป็นอย่างดี โดยสามารถหมุนเป็นลำดับขั้นหรือสเต็ป (Step) รอบแกนหมุนด้วยค่ามุม (Step Angle) ที่แน่นอน

สเต็ปป์มอเตอร์ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันและหาง่ายคือสเต็ปป์มอเตอร์แบบยูนิโพลาร์ (Uni-polar stepping motor) สเต็ปป์มอเตอร์แบบนี้มีการพันขดลวด 2 ขดบนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเต็ปป์แต่ละขดจะแบ่งเป็น 2 เฟส รวมทั้งหมดจะมี 4 เฟสคือ เฟส 1, 2, 3 และ 4 ที่มีการต่อสายออกมาจากขด แต่ละขดจะจ่ายไฟเลี้ยงทำให้สเต็ปป์มอเตอร์แบบนี้มีทั้งแบบ 5 สาย และ 6 สาย ดังโครงสร้างดังแสดงในรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 โครงสร้างสเต็ปป์มอเตอร์

การควบคุมการหมุนของสเต็ปป์มอเตอร์โดยการให้เคลื่อนที่ไปที่ละสเต็ปทำได้โดยการจ่ายกำลังงานไฟฟ้าไปที่แต่ละขดบนสเตเตอร์ ซึ่งป้อนเป็นแบบซีควเอนเชียลในรูปแบบที่ถูกต้อง จะหมุนไปแต่ละสเต็ปของการหมุนจะมีค่า 0.72, 1.8, 3.6, 7.2 องศา หรือมากกว่าขึ้นอยู่กับความละเอียดของ Step motor ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบคือ

1) กระตุ้นแบบหนึ่งเฟส (Full Step One Phase) เป็นการกระตุ้นที่เป็นรูปแบบที่ง่ายที่สุดและกินกระแสน้อยที่สุด โดยการกระตุ้นทีละขดในเวลาหนึ่งไล่เรียงกันไปเช่น เริ่มที่ขดที่ 1, 2, 3 และ 4 แล้ววนไปเรื่อยๆ หรือเริ่มที่ขดที่ 4, 3, 2 และ 1 แล้ววนไปขดที่ 4 อีกครั้ง ซึ่งจะทำให้มอเตอร์หมุนกลับทิศทางในการกระตุ้นรูปแบบนี้จะกระตุ้นเพียงขดเดียวในเวลาหนึ่งๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 การกระตุ้นแบบหนึ่งเฟส

STEP	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4
1	1	0	0	0
2	0	1	+0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1

2) **กระตุ้นแบบสองเฟส (Two Phase)** คล้ายกับการกระตุ้นแบบหนึ่งเฟส แต่การกระตุ้นแบบนี้จะจ่ายกำลังงานไฟฟ้าไปกระตุ้น 2 พร้อมกันและเรียงถัดไปการกระตุ้นแบบนี้จะให้แรงบิดที่มากแต่สเตร็ปมอเตอร์จะต้องการกระแสมากตามไปด้วย เช่น เริ่มที่ขด 1 และ 2 จะตามด้วย 2 และ 3 ต่อไปเป็นขด 3 และ 4 ถัดไปเป็น 4 และ 1 แล้วกลับมาที่ขด 1 และ 2 วนไปตามลำดับเช่นนี้ ดังแสดงในตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 การกระตุ้นแบบสองเฟส

STEP	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4
1	1	1	0	0
2	0	1	1	0
3	0	0	1	1
4	1	0	0	1

3) **กระตุ้นแบบครึ่งสเต็ป (Half Step)** เป็นการกระตุ้นสเต็ปปึงมอเตอร์แบบผสมผสานของแบบที่ 1 กับแบบที่ 2 รวมกันจึงเรียกว่า Half Step การกระตุ้นแบบนี้จะทำให้จำนวนสเต็ปของมอเตอร์มากขึ้นอีกเท่าตัว แต่การกระตุ้นแบบนี้จะให้ความละเอียดขององศาการหมุนมีความละเอียดมากขึ้นด้วย ดังแสดงในตารางที่ 2.11

ตารางที่ 2.11 การกระตุ้นแบบครึ่งสเต็ป

STEP	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	0	1	0	0
4	0	1	1	0
5	0	0	1	0
6	0	0	1	1
7	0	0	0	1
8	1	0	0	1

2.7 การสอนแบบฝึกปฏิบัติ

2.7.1 ความหมายของการสอนแบบฝึกปฏิบัติ

การสอนแบบฝึกปฏิบัติ หมายถึง การสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทดสอบความรู้หรือเนื้อหาที่เรียนไปได้ค้นคว้าความรู้ใหม่ด้วยตนเอง ได้ประยุกต์เนื้อหากับสภาพจริง ได้ฝึกฝนและลงมือทำตามความรู้ที่เรียนไป ความสำคัญของงานเชิงปฏิบัติได้แบ่งออกเป็น 4 ประการด้วยกันคือ

1. เป็นการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์
2. เป็นการขยายและเพิ่มพูนประสบการณ์นอกเหนือไปจากสิ่งที่สอน
3. ช่วยให้นักศึกษามีโอกาสพิสูจน์แสวงหาสิ่งต่างๆ
4. เป็นการเชื่อมโยงทฤษฎีที่เรียนรู้ไปสัมพันธ์กับปัญหาสังคมและช่วยแก้ปัญหาสังคม

2.7.2 จุดมุ่งหมายของการสอนแบบฝึกปฏิบัติ

1. ให้ผู้เรียนรู้จักและคุ้นเคยกับเครื่องมือและอุปกรณ์ที่สำคัญ
2. ให้ผู้เรียนได้คุ้นเคยกับการวางแผนเตรียมการและทดลองใช้เครื่องมือปฏิบัติการและการฝึกปฏิบัติต่างๆ
3. เพื่อฝึกฝนและพัฒนาความสามารถในการสังเกต รวบรวมและตีความข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากห้องปฏิบัติการเพื่อฝึกปฏิบัติต่างๆ
4. เพื่อฝึกฝนและพัฒนาความสามารถในการเสนอรายงานผลการฝึกปฏิบัติที่ดีและมีความเหมาะสม
5. เพื่อพัฒนาความสามารถของผู้เรียนในการที่จะรวบรวมและสัมพันธ์แนวคิด หลักการ และความรู้ต่างๆ เข้าด้วยกันเพื่อมองเห็นภาพรวมในวิชานั้นๆ
6. เพื่อประยุกต์หลักการทั่วไปเข้ากับสถานการณ์จริงในห้องทดลอง หรือในการปฏิบัติภาคสนามอื่นๆ
7. เพื่อให้เห็นปัญหาและพิจารณาถึงทางเลือกในการดำเนินงานปฏิบัติสิ่งต่างๆ
8. เพื่อให้รู้จักวิเคราะห์ผลของการฝึกต่อสมมติฐานที่ตั้งไว้และวิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้นกับการปฏิบัติจริงในชีวิตประจำวัน
9. เพื่อส่งเสริมและพัฒนาทัศนคติที่ดีและก่อให้เกิดความภูมิใจในงานอาชีพต่างๆ

2.7.3 องค์ประกอบของการฝึกปฏิบัติ

1) สถานที่ฝึก

- 1.1) สถานที่นั้นจะต้องเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายและวิธีการ
- 1.2) เป็นสถานที่ที่มีความพร้อม

- 1.3) เป็นสถานที่ที่ยินดีและเต็มใจ
- 1.4) เป็นสถานที่ที่มีความยืดหยุ่นตามสมควร
- 1.5) เป็นสถานที่ที่ควรเป็นแบบฉบับได้

2) อุปกรณ์และเครื่องมือ

- 2.1) เครื่องมือและอุปกรณ์ต้องมีเพียงพอกับจำนวนของผู้เรียน
- 2.2) เครื่องมือและอุปกรณ์ควรอยู่ในสภาพที่พร้อมจะใช้งานได้
- 2.3) เครื่องมือและอุปกรณ์ควรใช้ได้อย่างไม่จำกัดเวลา
- 2.4) เครื่องมือและอุปกรณ์ควรเป็นของที่ทำขึ้นเอง หาซื้อหรือปรับปรุงขึ้นได้ในประเทศ

ของเราเอง

3) เอกสารการฝึกปฏิบัติ

3.1) คู่มือฝึกปฏิบัติ

จะเป็นส่วนที่บอกรายละเอียดที่บอกให้รู้ว่า ต้องฝึกอะไร เพื่ออะไร และอย่างไรโดยทั่วไป

คู่มือฝึกปฏิบัติจะประกอบไปด้วย

1. บทนำ ความหมาย ความสำคัญ
2. วัตถุประสงค์ของการฝึกปฏิบัติ
3. การเตรียมตัวของผู้เรียน
4. แนะนำเครื่องมือ เครื่องใช้ และอุปกรณ์
5. ลำดับขั้นการฝึกหรือทดลอง
6. การบันทึก การสังเกต การสรุปลักษณะที่ฝึก
7. แบบฟอร์มหรือตารางเพื่อใช้บันทึกข้อสังเกต
8. ปัญหาและอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้น
9. คำศัพท์หรือทฤษฎีพื้นฐานที่ควรทราบ
10. คำถามหรือการประเมินต่อการฝึกปฏิบัตินั้น
11. บทสรุป คำลงท้าย หรือข้อคิดทั่วไป

3.2) เอกสารประกอบ

เอกสารประกอบคือ เอกสารที่เป็นเนื้อหา ทฤษฎีหรือหลักการที่จะช่วยให้ผู้ฝึกปฏิบัติ ได้มีความรู้ความเข้าใจและมองเห็นภาพทั้งในแง่ของเนื้อหาและวิธีการที่จะลงมือฝึกปฏิบัติได้อย่างดี มีประสิทธิภาพ และได้ผลครบถ้วนจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ เนื้อหาและทฤษฎีนอกจากจะจำเป็นในแง่ของการเรียนรู้ทำความเข้าใจแล้วยังอาจจะช่วยผู้ฝึกปฏิบัติในการแก้ปัญหาซึ่งอาจเกิดขึ้น ระหว่างการฝึกปฏิบัติด้วย

บทที่ 3

การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

3.1 กล่าวนำ

การออกแบบและการสร้างชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ได้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ชุดทดลอง โปรแกรม และใบงานการทดลอง ซึ่งในส่วนของชุดทดลองจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนของแผงวงจรควบคุมหลัก ซึ่งเป็นแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และ ส่วนของแผงวงจรเชื่อมต่อต่างๆ เช่น แผงวงจรแอลอีดี แผงวงจรแอลอีดี 7 ส่วน แผงวงจรเซ็นเซอร์ แผงวงจรดีซีมอเตอร์ เป็นต้น โดยการทำงานของแผงวงจรเชื่อมต่อจะทำการส่งข้อมูลผ่านแผงวงจรควบคุมเท่านั้น ส่วนของโปรแกรมก็จะใช้ในการทดสอบการทำงานของแผงวงจรต่างๆ ซึ่งเน้นตั้งแต่เรื่องของการเขียนโปรแกรมขึ้นพื้นฐานจนถึงขั้นการประยุกต์ ในส่วนของใบงานการทดลองก็จะแบ่งเป็นใบงานหลักๆ 12 ใบงานด้วยกัน โดยแบ่งออกเป็นส่วนของชุดการแสดงผล 3 ใบงาน ชุดวงจรเซ็นเซอร์ 3 ใบงาน ชุดวงจรมอเตอร์ 2 ใบงาน และชุดของการประยุกต์ 4 ใบงาน ซึ่งเนื้อหาของปริญญานิพนธ์ในบทนี้จะกล่าวถึงเฉพาะในส่วนของชุดทดลอง โดยประกอบไปด้วยหลักการออกแบบวงจร ขั้นตอนการออกแบบชุดทดลอง ขั้นตอนการออกแบบแผงวงจรควบคุมและแผงวงจรเชื่อมต่อต่างๆ และส่วนประกอบอื่นๆ ที่สำคัญในการออกแบบ

3.2 การออกแบบและการสร้างแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

การออกแบบและการสร้างแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 นั้น ได้คำนึงถึงความสะดวกในการใช้งาน 3 ประการด้วยกันคือ

- 1) เพื่อใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 กับคอมพิวเตอร์ ในการส่งผ่านโปรแกรมจากคอมพิวเตอร์ไปยังแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ได้
- 2) เพื่อให้แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถทำงานตามโปรแกรมที่ส่งมาจากคอมพิวเตอร์ โดยสามารถทำงานร่วมกับแผงวงจรเชื่อมต่ออื่นๆ ได้
- 3) สามารถใช้งานแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ร่วมกับแผงวงจรประยุกต์อื่นๆ ได้

การออกแบบต้องกำหนดขีดความสามารถของแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ให้เหมาะสมกับโครงการนี้โดย

1) การติดต่อกับคอมพิวเตอร์สามารถติดต่อโดยการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมโดยใช้มาตรฐานการติดต่อแบบ RS-232 โดยใช้ไอซีเบอร์ MAX232 เป็นตัวปรับแรงดันระหว่างคอมพิวเตอร์และแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

2) การใช้หน่วยความจำประมวลผลกลางใช้ไอซีตระกูล MCS-51 เบอร์ AT89S52

3) ใช้ไอซีเบอร์ 8255 โดยสามารถขยายพอร์ตได้เพิ่มเป็น 3 พอร์ต แต่ละพอร์ตจะมีขนาด 8 บิต โดยมีการกำหนดค่าตำแหน่งของพอร์ตเริ่มต้นที่ 4000H ดังนั้น พอร์ต A ของ 8255 อยู่ที่ตำแหน่ง 4000H พอร์ต B อยู่ที่ตำแหน่ง 4001H พอร์ต C อยู่ที่ตำแหน่ง 4002H และพอร์ตควบคุมอยู่ที่ตำแหน่ง 4003H

4) แหล่งจ่ายไฟได้ออกแบบให้สามารถรองรับแรงดันไฟภายนอก โดยสามารถรับแรงดันสูงสุดได้ 30 โวลต์ ซึ่งบนแผงวงจรจะมีไอซีเบอร์ LM7805 ที่ทำหน้าที่รักษาระดับแรงดันให้คงที่ที่ระดับ 5 โวลต์ เพื่อใช้ในการจ่ายให้แก่แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และแผงวงจรเชื่อมต่ออื่นๆ จะใช้แรงดันไฟขนาด 5 โวลต์ โดยที่แหล่งจ่ายไฟนี้จะมีไดโอดบริดจ์ 1 ตัว ทำหน้าที่ป้องกันการจ่ายไฟผิดขั้วที่จะทำให้เกิดความเสียหายต่อแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

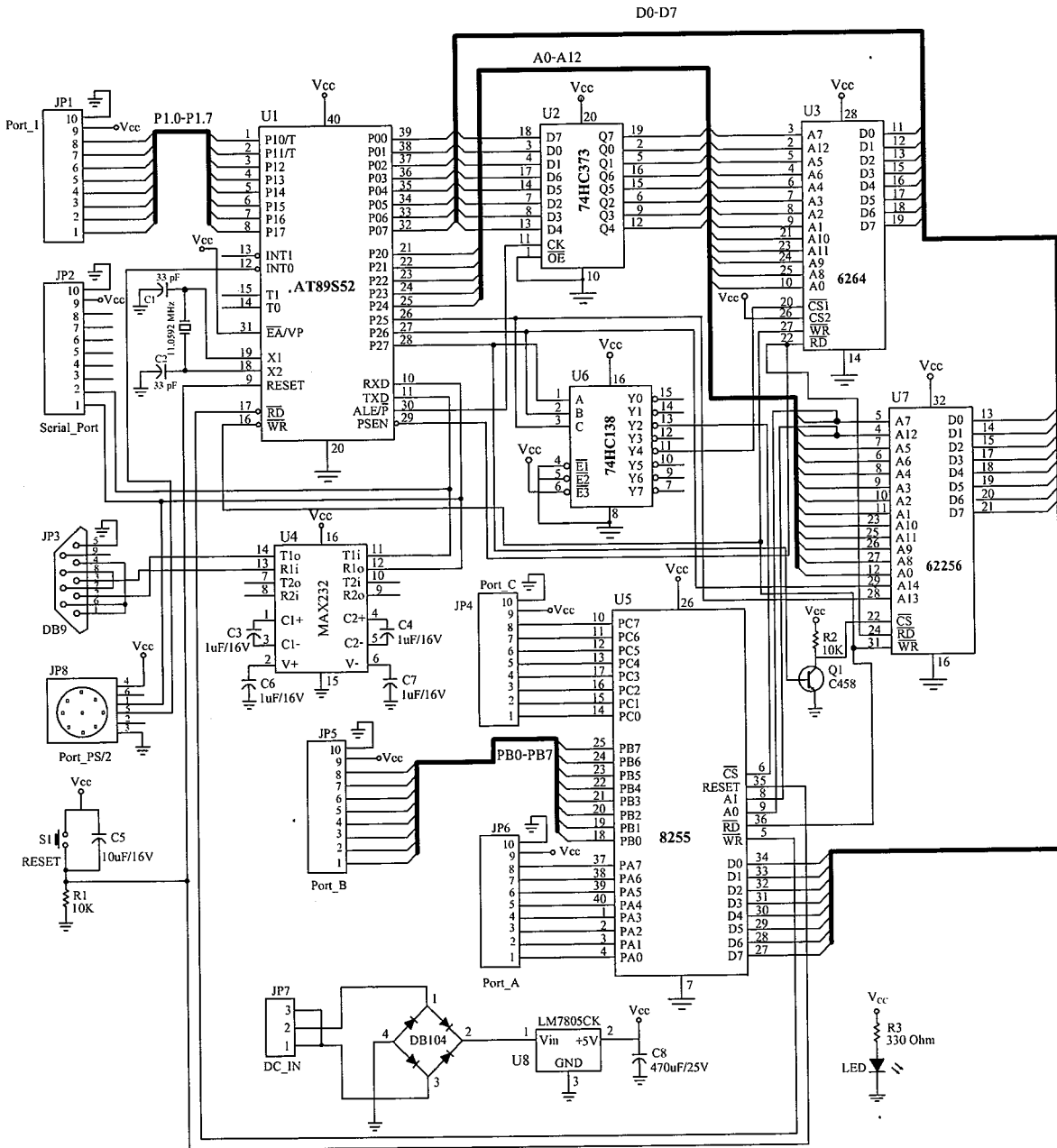
5) ส่วนของหน่วยความจำจะมีการเชื่อมต่อหน่วยความจำ RAM เบอร์ 6264 ซึ่งเป็นหน่วยความจำข้อมูลขนาด 8 กิโลไบต์จำนวน 1 ตัว และเบอร์ 62256 ซึ่งเป็นหน่วยความจำขนาด 32 กิโลไบต์ 1 ตัว เพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลได้ 40 กิโลไบต์ ซึ่งจะทำให้มีหน่วยความจำเพียงพอกับการทดลอง

6) การเชื่อมต่อเพื่อส่งข้อมูลแบบอนุกรมเป็นการรองรับการติดต่อแบบอนุกรมโดยไม่ต้องผ่านไอซีเบอร์ MAX 232 จะใช้ต่อกับชุดรับรีโมทคอนโทรลและอื่นๆ ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรม

7) พอร์ตแบบ PS/2 เป็นการเชื่อมต่อแบบอนุกรมใช้ในการเชื่อมต่อในส่วนของคีย์บอร์ดและแผงวงจรอื่นๆ

8) แอลอีดีแสดงผลของภาคจ่ายไฟ ทำหน้าที่ในการแสดงผลว่าขณะนี้ได้มีการจ่ายไฟเลี้ยงให้แก่วงจรแล้วหรือไม่ โดยถ้าสว่างแสดงว่ามีการจ่ายไฟเลี้ยงให้แก่วงจรแล้ว

รูปที่ 3.1 เป็นการออกแบบแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นแผงวงจรควบคุมในการเชื่อมต่อกับแผงวงจรอื่นๆ

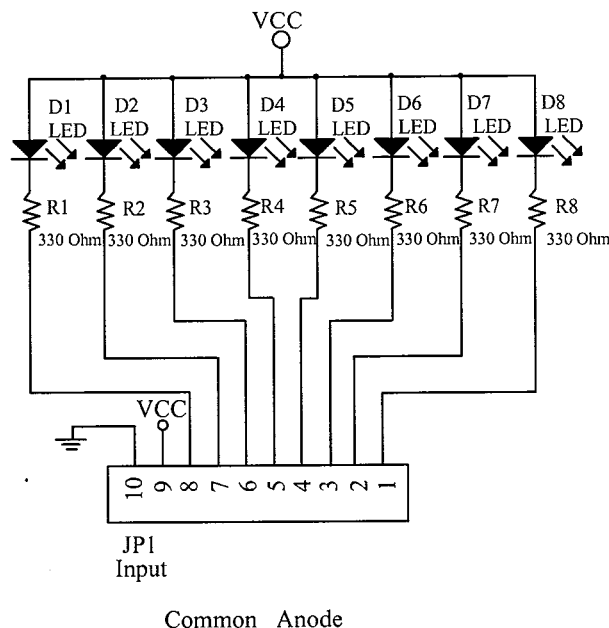


รูปที่ 3.1 แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

3.3 การออกแบบและการสร้างแผงวงจรเชื่อมต่อ

3.3.1 การออกแบบแผงวงจรแอลอีดีแบบแอนโอดร่วม

วงจรมีออกแบบให้เป็นวงจรแสดงสถานะของพอร์ตบนแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยใช้แอลอีดีต่อแบบแอนโอดร่วม ซึ่งในชุดทดลองจะมีพอร์ตต่อใช้งานทั้งหมด 4 พอร์ตด้วยกัน โดยมีพอร์ต JP1, JP2, JP3 และ JP4 โดยใน 1 พอร์ตมีขนาด 8 บิต ดังนั้นจึงใช้แอลอีดี 8 ดวงต่อ 1 พอร์ต และใช้ตัวต้านทานขนาด 330 โอห์ม เป็นตัวจำกัดกระแสให้เหมาะสมกับแอลอีดี ในการที่จะทำให้แอลอีดีดวงใดติดจะต้องทำการป้อนไฟลบหรือลอจิก "0" ให้กับแอลอีดีดวงนั้น เนื่องจากวงจรเป็นแบบแอนโอดร่วม สำหรับไฟเลี้ยงวงจรใช้ไฟเลี้ยงขนาด 5 โวลต์จากแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยส่งมาทางพอร์ต JP1, JP2, JP3 และ JP4 ดังรูปที่ 3.2

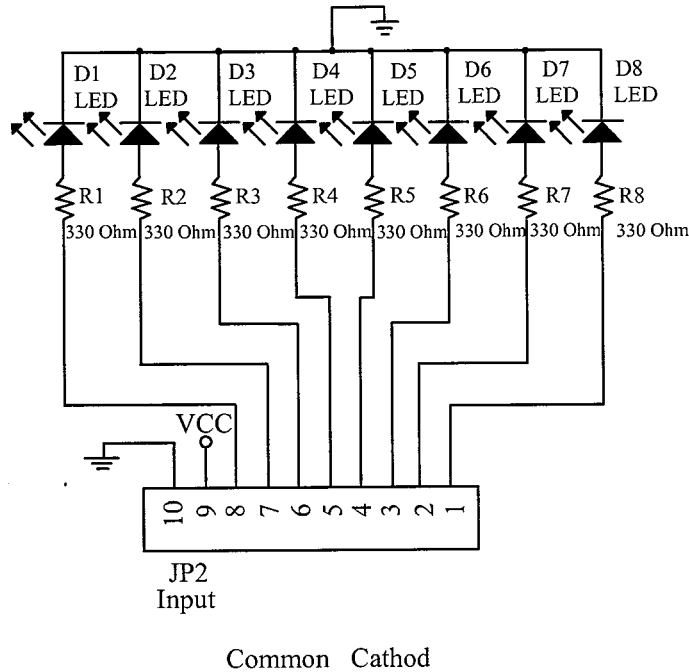


รูปที่ 3.2 วงจรแอลอีดีแบบแอนโอดร่วม

3.3.2 การออกแบบแผงวงจรแอลอีดีแบบแคโทดร่วม

วงจรมีออกแบบให้เป็นวงจรแสดงสถานะของพอร์ตบนแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยใช้แอลอีดีต่อแบบแคโทดร่วม ซึ่งในแผงวงจรทดลองจะมีพอร์ตต่อใช้งานทั้งหมด 4 พอร์ตด้วยกัน โดยมีพอร์ต JP1, JP2, JP3 และ JP4 โดยใน 1 พอร์ตมีขนาด 8 บิต ดังนั้นจึงใช้แอลอีดี 8 ดวงต่อ 1 พอร์ต และใช้ตัวต้านทานขนาด 330 โอห์มเป็นตัวจำกัดกระแสให้เหมาะสม

กับแอลอีดี ในการที่จะทำให้แอลอีดีดวงใดติดจะต้องทำการป้อนไฟบวกหรือลอจิก “1” ให้กับแอลอีดีดวงนั้น เนื่องจากวงจรเป็นแบบแคโทดร่วม สำหรับไฟเลี้ยงวงจรใช้ไฟเลี้ยงขนาด 5 โวลต์ จากแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยส่งมาทางพอร์ต JP1, JP2, JP3 และ JP4 ดังรูปที่ 3.3

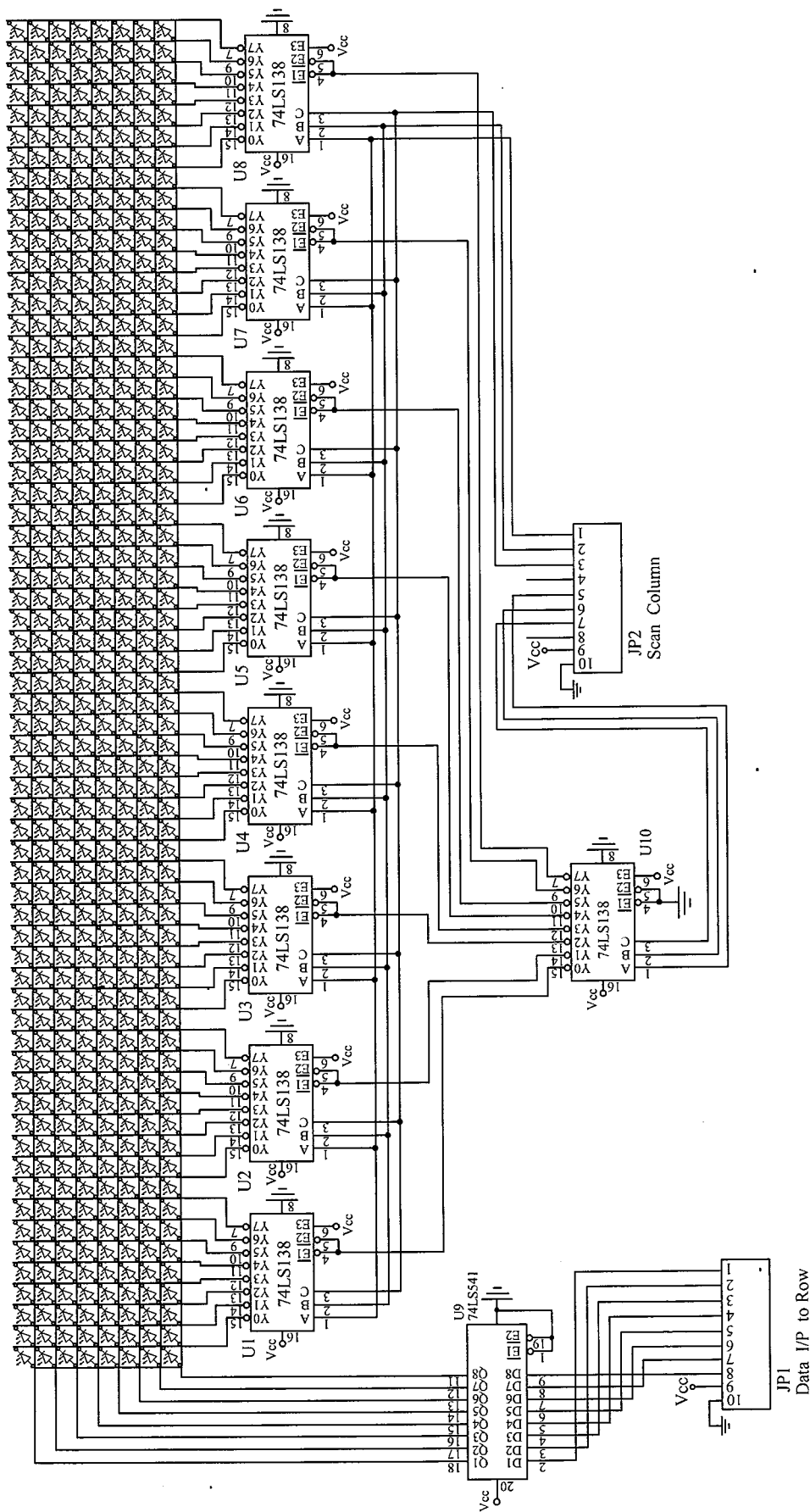


รูปที่ 3.3 วงจรแอลอีดีแบบแคโทดร่วม

3.3.3 การออกแบบแผงวงจรแอลอีดีแบบคอตเมตริกซ์

วงจรมีออกแบบเพื่อให้ใช้งานเป็นแผงวงจรในการแสดงผลแบบรูปภาพ สัญลักษณ์ และตัวอักษร ในการแสดงภาพด้วยคอตเมตริกซ์ จะใช้หลักการสร้างภาพด้วยจุดทั้งแนวนอนและแนวตั้งร่วมกัน หากต้องการให้แอลอีดีดวงใดติดจะต้องทำการป้อนแรงดันให้ครบทั้งแนวนอนและแนวตั้ง กำหนดให้ลอจิก “1” เป็นแรงดันทางแนวนอน และลอจิก “0” เป็นแรงดันทางแนวตั้งดังรูปที่

3.4



รูปที่ 3.4 วงจรแออดีตีแบบทเมตริกซ์

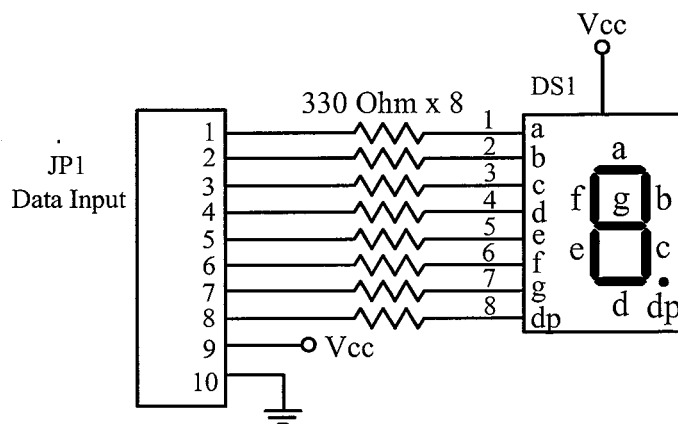
จากรูปที่ 3.4 กำหนด JP1 เป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์กับแผงวงจรแสดงผล JP1 นี้จะเชื่อมต่อกับไอซีเบอร์ 74LS541 ทำหน้าที่เป็นตัวป้องกันและขยายกระแสที่ส่งไปยังทางด้านแฉวเป็นลอจิก “1” กำหนด JP2 เป็นจุดเชื่อมต่อกับแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์เช่นกัน JP2 นี้จะเชื่อมต่อกับไอซีเบอร์ 74LS318 เพื่อส่งลอจิก “0” ไปยังแนวตั้งซึ่งเป็นแนวการควบคุมหลักที่ต้องการให้แสดงผล

จากวงจรจะใช้คอตเมตริกซ์ขนาด 8×64 มีขนาด 8 แฉวและมี 64 หลัก ไอซีเบอร์ 74LS318 จำนวน 1 ตัว สามารถถอดรหัสได้ 8 หลัก จึงต้องใช้ไอซีเบอร์ 74LS318 จำนวน 8 ตัว เพื่อให้ถอดรหัสได้ 64 หลัก

การเขียนโปรแกรมเพื่อเลือกการแสดงผล JP1 จะเป็นจุดเชื่อมต่อที่ใช้ในการส่งข้อมูลและ JP2 เป็นจุดเชื่อมต่อเพื่อใช้ในการเลือกหลัก เนื่องจากหลักมีจำนวน 64 หลักและใช้ไอซีเบอร์ 74LS318 จำนวน 8 ตัว ดังนั้นในการเขียนโปรแกรมเลือกหลักนั้น 4 บิตบนจะเป็นส่วนที่ใช้เลือกไอซีที่ใช้ในการทำงานและ 4 บิตล่างจะเป็นบิตที่ใช้เลือกหลักที่ต้องการให้แอลอีดีติดตามต้องการ

3.3.4 การออกแบบแผงวงจรแอลอีดี 7 ส่วนแบบหลักเดียว

วงจรนี้เป็นวงจรที่ใช้ในการแสดงผลแอลอีดี 7 ส่วน โดยจะเป็นวงจรแอลอีดี 7 ส่วนแบบหลักเดียว ซึ่งลักษณะของวงจรจะเป็นแบบแอนโคโนร่วม ไฟเลี้ยงในวงจรจะใช้ไฟเลี้ยงขนาด 5 โวลต์ จากแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยการส่งมาทางพอร์ต JP1 ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 วงจรแอลอีดี 7 ส่วนแบบหลักเดียว

จากวงจรที่ 3.5 กำหนด JP1 เป็นจุดเชื่อมต่อที่ใช้ในการส่งข้อมูลไปยังแอลอีดี 7 ส่วนแบบหลักเดียวแบบแอนโคโนร่วม ถ้าต้องการให้แอลอีดีตัวใดติดต้องป้อนไฟลบหรือลอจิก “0” ให้กับ

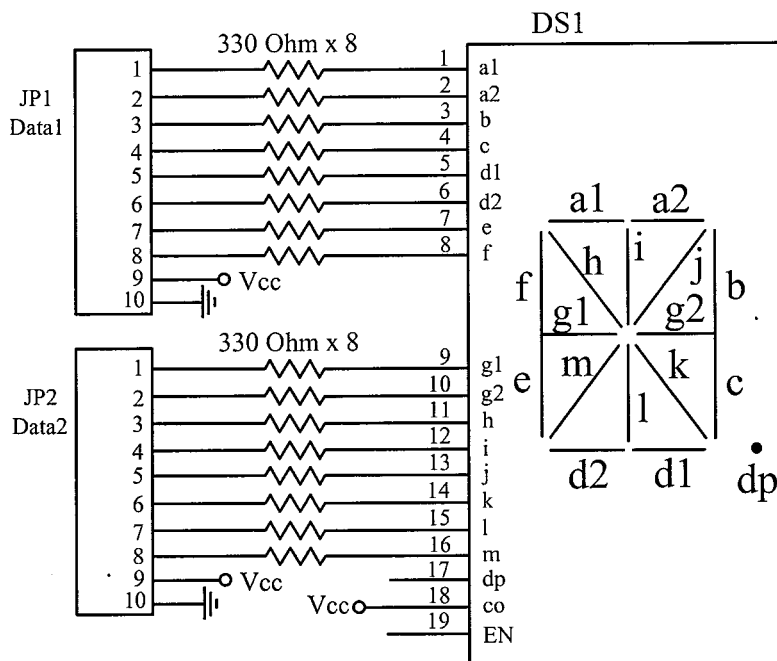
แอลอีดีตัวนั้น ในการต่อวงจรใช้ตัวต้านทานขนาด 330 โอห์มเพื่อจำกัดปริมาณของกระแสที่ไหลผ่านแอลอีดี

ไฟเลี้ยงในวงจรจะใช้ไฟเลี้ยงขนาด 5 โวลต์จากแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยการส่งมาทางพอร์ต JP1

3.3.5 การออกแบบแผงวงจรแอลอีดี 16 ส่วนแบบหลักเดียว

วงจรแอลอีดี 16 ส่วนแบบหลักเดียวจะเป็นแอลอีดีที่มี 16 ส่วน จึงสามารถแสดงผลได้ละเอียดกว่าแอลอีดี 7 ส่วน เนื่องจากมีแอลอีดีอยู่ 16 ส่วน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้จุดเชื่อมต่อ 2 จุด คือ JP1 และ JP2 จึงทำให้สามารถควบคุมได้ทุกเซกเมนต์ ในการต่อวงจรจะใช้ตัวต้านทาน 330 โอห์ม ในการจำกัดปริมาณการไหลของกระแสที่ไหลผ่านแอลอีดีแต่ละตัว

ไฟเลี้ยงในวงจรจะใช้ไฟเลี้ยงขนาด 5 โวลต์จากแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยส่งมาทางพอร์ต JP1 และ JP2 ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 วงจรแอลอีดี 16 ส่วนแบบหลักเดียว

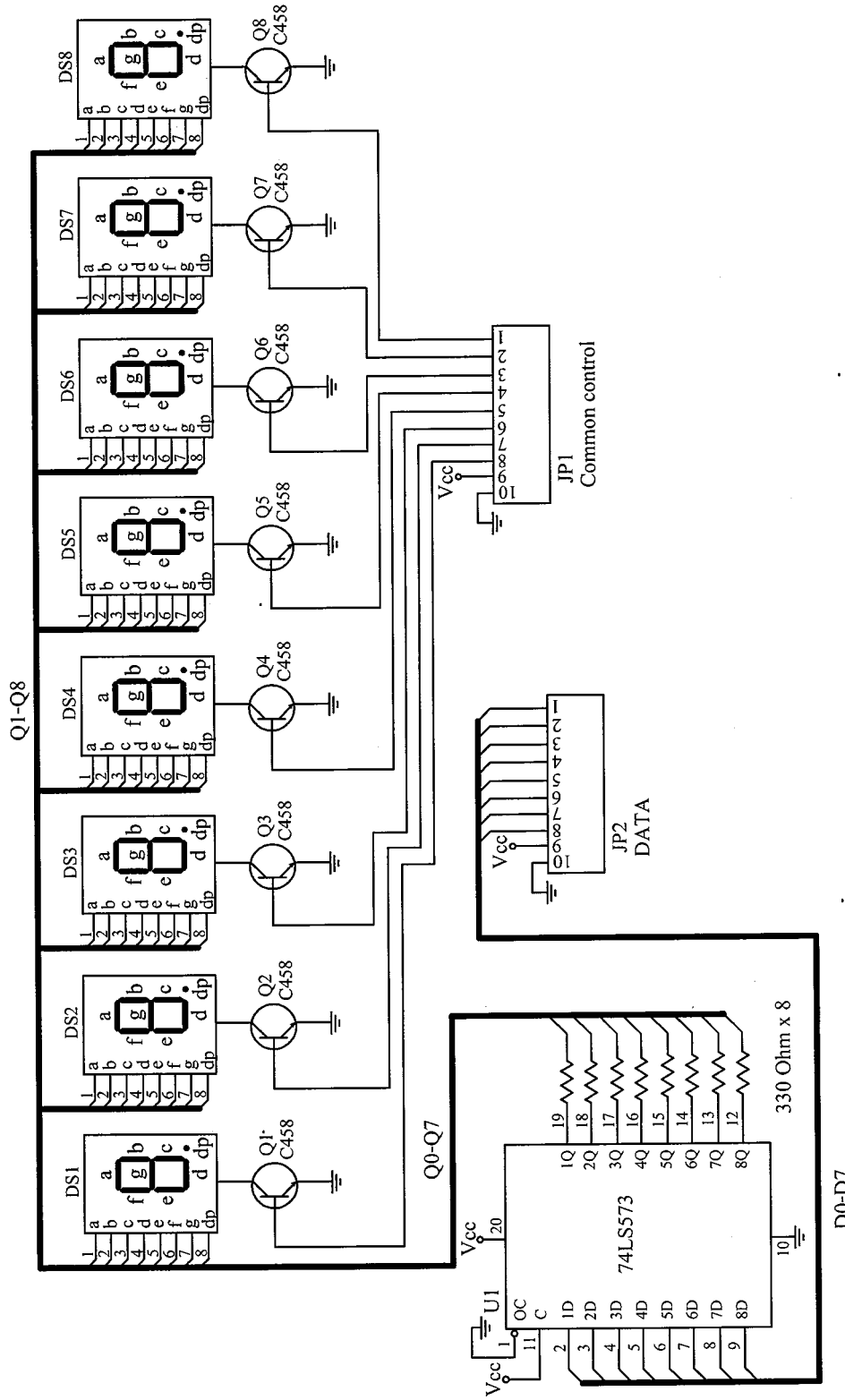
3.3.6 การออกแบบแผงวงจรแอลอีดี 7 ส่วนแบบมัลติเพล็กซ์

วงจรนี้เป็นวงจรที่ใช้ในการแสดงผลแอลอีดี 7 ส่วนแบบมัลติเพล็กซ์ โดยใช้แอลอีดี 7 ส่วน จำนวน 8 ตัว ซึ่งลักษณะของวงจรจะเป็นแบบแคโทดร่วม จากวงจรที่ 3.7 กำหนด JP1 เป็นจุดเชื่อมต่อที่ใช้ในการส่งข้อมูลไปยังแอลอีดี 7 ส่วน โดยมีไอซีเบอร์ SN74HC573N ทำหน้าที่ป้องกันกระแสแล้วทำการส่งไปยังแอลอีดี ซึ่งแอลอีดี 7 ส่วนทุกตัวจะได้รับข้อมูลเดียวกัน ส่วน JP2 จะเป็นจุดเชื่อมต่อที่ใช้ในการเลือกแอลอีดี 7 ส่วนตัวที่ใช้ในการแสดงผลโดยใช้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวสวิตช์ สำหรับเลือกให้แอลอีดี 7 ส่วนทำงานการเลือกจะเป็นดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลเลขฐานสิบหกที่ใช้ในการเลือกแอลอีดี 7 ส่วน

เลขฐานสิบหก	แอลอีดี 7 ส่วน/ตัวที่
01H	1
02H	2
04H	3
08H	4
10H	5
20H	6
40H	7
80H	8

ไฟเลี้ยงในวงจรจะใช้ไฟเลี้ยงขนาด 5 โวลต์จากแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยส่งมาทางพอร์ต JP1 และ JP2 ดังรูปที่ 3.7

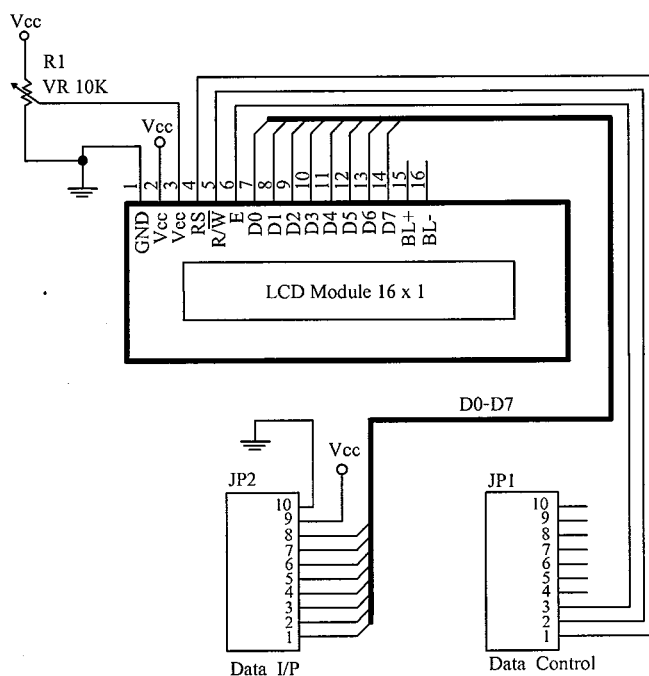


รูปที่ 3.7 วงจรแอสลิตี 7 ส่วนแบบมัลติเพล็กซ์

D0-D7

3.3.7 การออกแบบแผงวงจรแสดงผลแบบผลึกเหลว

เป็นการออกแบบชุดแสดงผล โดยจะใช้จอแสดงผลแบบผลึกเหลวแบบ 16×1 จำนวน 1 ตัว มีตัวต้านทานปรับค่าได้เพื่อปรับความเข้มของตัวอักษร ส่วน JP1 ใช้ในการส่งข้อมูลไปยังจอแสดงผลแบบผลึกเหลวและ JP2 ใช้ในการควบคุมขา RS, R/W และ E ของจอแสดงผลแบบผลึกเหลว ไฟเลี้ยงในวงจรจะใช้ไฟเลี้ยงขนาด 5 โวลต์จากแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยส่งมาทางพอร์ต JP1 และ JP2 ดังรูปที่ 3.8

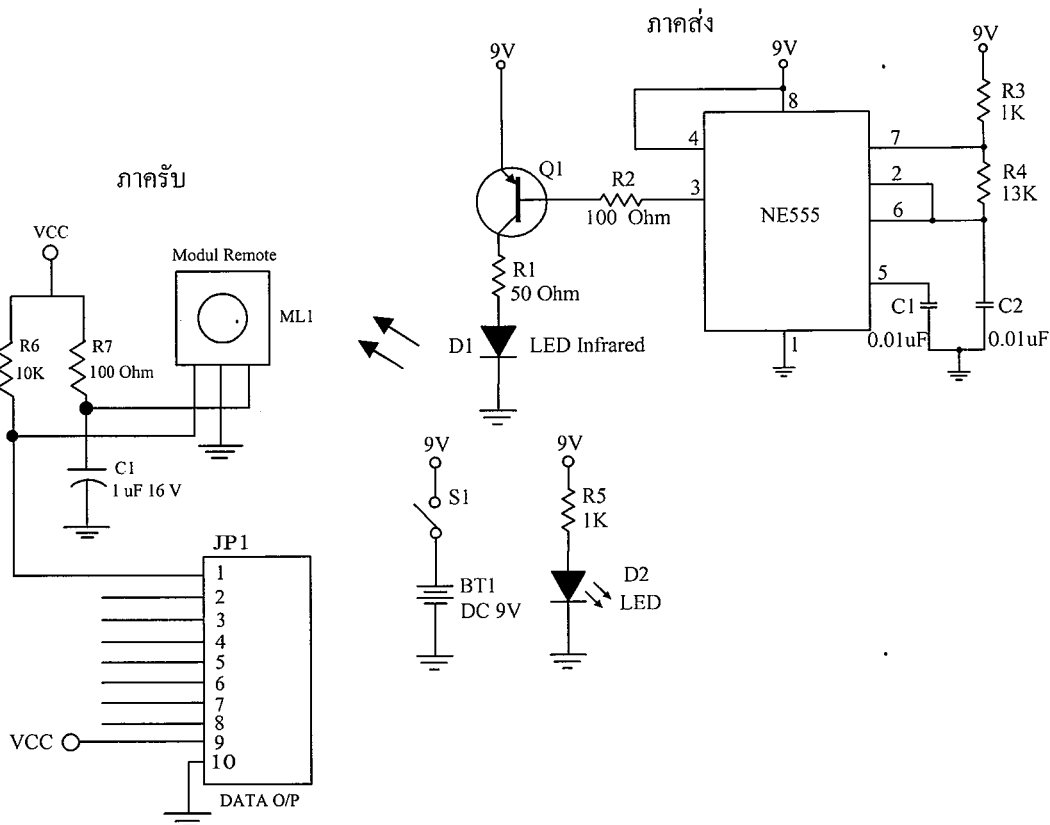


รูปที่ 3.8 วงจรจอแสดงผลแบบผลึกเหลว

3.3.8 การออกแบบแผงวงจรเซ็นเซอร์แสง

วงจรเซ็นเซอร์แสงเป็นวงจรที่ใช้ในการตรวจจับแสงที่รับเข้ามาเพื่อใช้ในการประมวลผลแสงที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นแสงย่านอินฟราเรดของรีโมทคอนโทรล ประกอบด้วยอุปกรณ์หลักของวงจรคือ รีโมทคอนโทรลโมดูล ทำหน้าที่รับสัญญาณแสงเข้ามาและทำการถอดรหัสให้เหลือเพียงสัญญาณดิจิทัลเพื่อส่งไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับการประมวลผลและควบคุมตามต้องการและ JP1 เป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างรีโมทคอนโทรลโมดูลกับไมโครคอนโทรลเลอร์

ไฟเลี้ยงในวงจรจะใช้ไฟเลี้ยงขนาด 5 โวลต์จากแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยส่งมาทางพอร์ต JP1 ดังรูปที่ 3.9

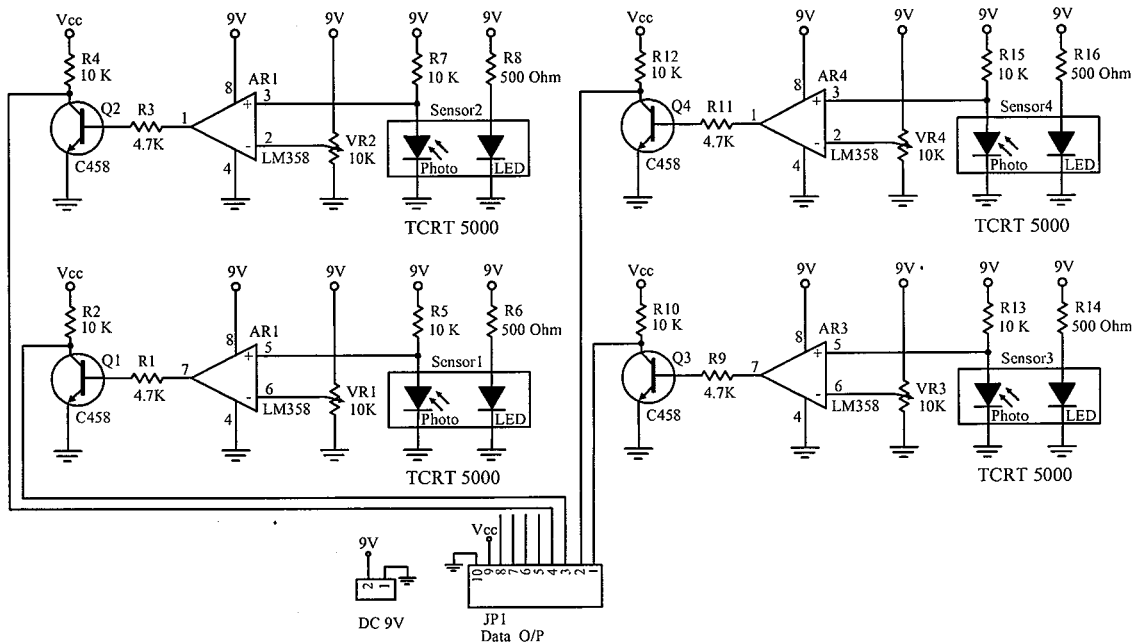


รูปที่ 3.9 วงจรเซ็นเซอร์แสง

3.3.9 การออกแบบแผงวงจรเซ็นเซอร์สี

วงจรเซ็นเซอร์สีเป็นวงจรที่ใช้ในการตรวจจับสีโดยประกอบด้วย ไดโอดที่ใช้ในการส่งสัญญาณสีและโฟโตไดโอดที่ใช้ในการรับสัญญาณสี เนื่องจากสัญญาณที่รับได้น้อยจึงนำสัญญาณที่ได้นี้เข้าวงจรเปรียบเทียบกับแรงดันและจะส่งสัญญาณไปควบคุมทรานซิสเตอร์เบอร์ C458 อีกครั้ง แผงวงจรทดลองนี้ใช้ชุดตรวจจับสัญญาณสี 4 ชุดเพื่อให้สามารถใช้กับชุดประยุกต์อื่นๆ ได้อย่างเหมาะสม

ไฟเลี้ยงในวงจรจะใช้ไฟเลี้ยงขนาด 5 โวลต์และ 9 โวลต์ โดยไฟเลี้ยง 5 โวลต์เป็นไฟเลี้ยงที่มาจากแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยส่งมาทางพอร์ต JP1 ส่วนไฟเลี้ยง 9 โวลต์เป็นไฟเลี้ยงที่ได้จากแหล่งจ่ายดังรูปที่ 3.10

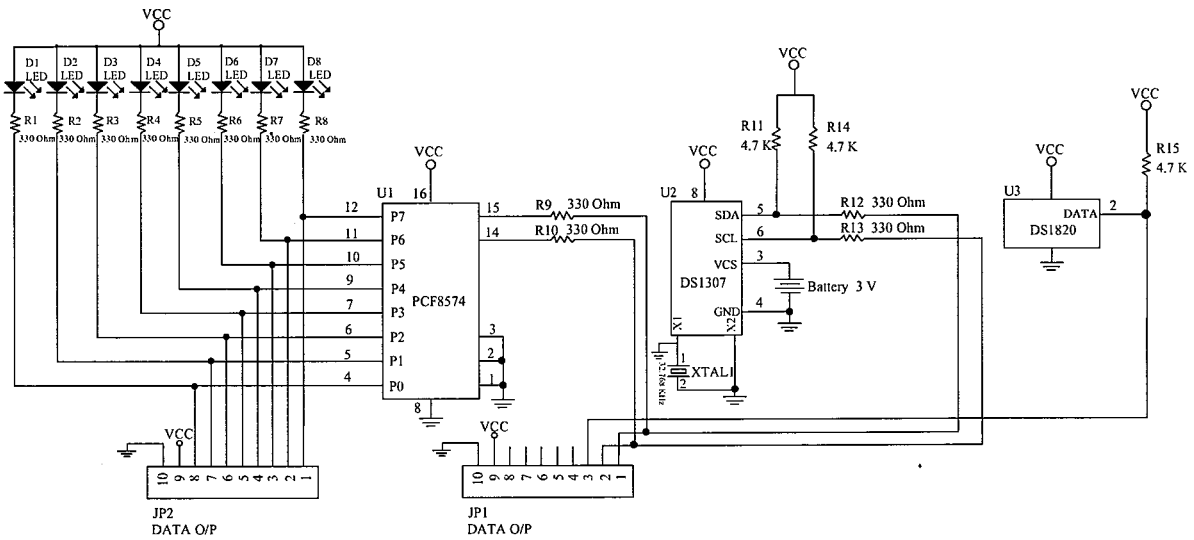


รูปที่ 3.10 วงจรเซ็นเซอร์สี่

3.3.10 การออกแบบแผงวงจรเซ็นเซอร์อุณหภูมิ

การออกแบบวงจรเซ็นเซอร์อุณหภูมิจะเป็นการออกแบบวงจรการวัดอุณหภูมิและวงจรรนาฬิกาไว้ในแผงวงจรทดลองเดียวกัน เนื่องจากการประยุกต์นั้นต้องใช้ทั้งวงจรวัดอุณหภูมิและวงจรรนาฬิกาเหมือนกัน แผงวงจรทดลองนี้จะประกอบด้วย JP1 เป็นชุดเชื่อมต่อเข้ากับแผงวงจรหลัก โดยขา 1 เชื่อมต่อกับขา SDA ขา 2 เชื่อมต่อกับ SCL ของไอซีนาฬิกา DS1307 และขา 3 เชื่อมต่อกับขาสัญญาณของ ไอซีวัดอุณหภูมิ DS1820 และ JP2 เป็นเอาต์พุตของไอซีขยายพอร์ตแบบ I²C ด้วยไอซีเบอร์ PCF 8574AP คุณสมบัติของแผงวงจรนี้คือ

- 1) สามารถขยายพอร์ตได้ 8 บิต ด้วยไอซีเบอร์ PCF8574AP ที่มีการเชื่อมต่อแบบ I²C โดยจะส่งสัญญาณเอาต์พุตไปยัง JP2 ในขณะเดียวกันก็แสดงผลออกทางแอลอีดีด้วย
- 2) สามารถบอกเวลาที่เที่ยงตรงได้ 100 ปี จากปี ค.ศ. 2000 ถึงปี ค.ศ. 2100 โดยไอซี DS1307 ที่มีการเชื่อมต่อแบบ I²C สามารถให้ข้อมูลเป็นชั่วโมง นาที วินาที วัน วันที่ เดือน ปี ได้ อย่างถูกต้อง
- 3) สามารถตรวจวัดอุณหภูมิได้ด้วยไอซี DS1820 ที่มีการเชื่อมต่อแบบสายสัญญาณเส้นเดียว ไฟเลี้ยงในวงจรจะใช้ไฟเลี้ยงขนาด 5 โวลต์จากแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยส่งมาทางพอร์ต JP1 และ JP2 ดังรูปที่ 3.11

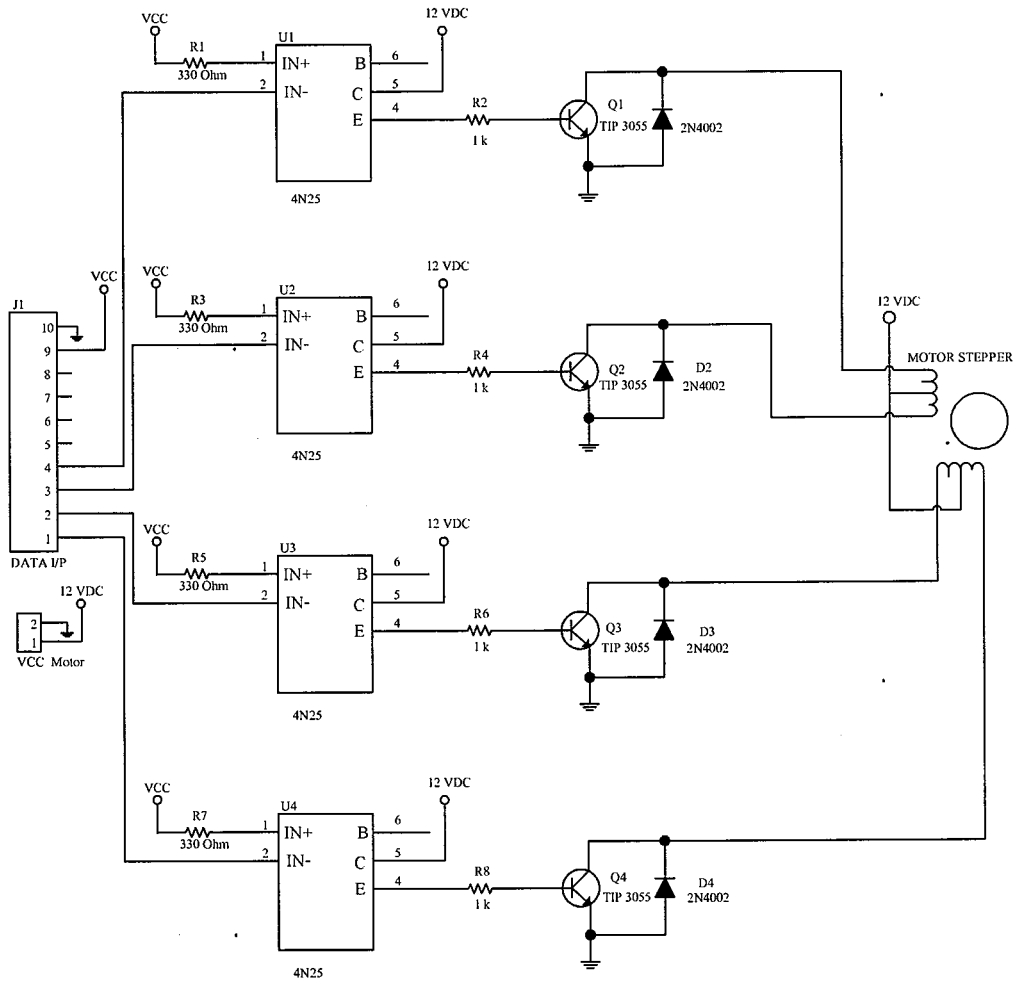


รูปที่ 3.11 วงจรเซ็นเซอร์อุณหภูมิ

3.3.11 การออกแบบแผงวงจรสแต็ปปีงมอเตอร์

สแต็ปปีงมอเตอร์เป็นมอเตอร์ที่ใช้การควบคุมแบบเป็นสเต็ป โดยใช้หลักการจ่ายกระแสให้กับเฟสของมอเตอร์ซึ่งมี 4 เฟส ดังนั้นการออกแบบต้องออกแบบ 4 ชุด แต่ละชุดจะมีหลักการดังนี้ JP1 เป็นจุดเชื่อมต่อสัญญาณจากชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีออปโตทรานซิสเตอร์เบอร์ 4N25 เป็นตัวป้องกันแรงดันย้อนกลับมายังแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และส่งสัญญาณไปควบคุมการไหลของกระแสที่ผ่านทรานซิสเตอร์เบอร์ TIP3055 เพื่อใช้ควบคุมการหมุนของมอเตอร์ แต่เนื่องจากสแต็ปปีงมอเตอร์มีเฟสที่ต้องใช้ควบคุม 4 เฟส จึงต้องสร้างวงจรออกมา 4 ชุด

ไฟเลี้ยงในวงจรจะใช้ไฟเลี้ยงขนาด 5 โวลต์และ 12 โวลต์ โดยไฟเลี้ยงขนาด 5 โวลต์เป็นไฟเลี้ยงที่มาจากแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยส่งมาทางพอร์ต JP1 ส่วนไฟเลี้ยงขนาด 12 โวลต์เป็นไฟเลี้ยงที่ได้จากแหล่งจ่ายดังรูปที่ 3.12

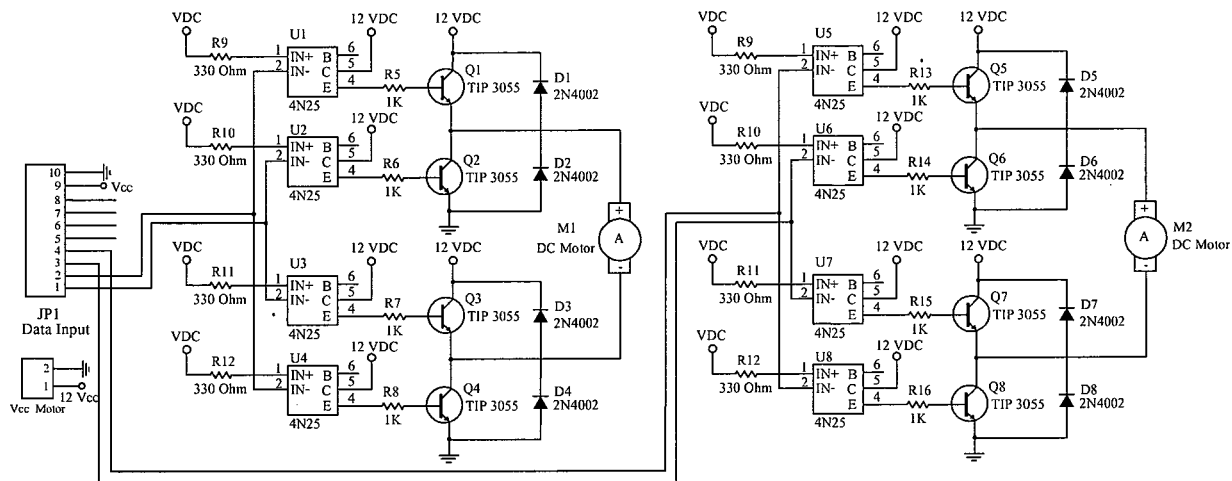


รูปที่ 3.12 วงจรสตีปีงมอเตอร์

3.3.12 การออกแบบแผงวงจรตีชีมอเตอร์

ตีชีมอเตอร์เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่สามารถควบคุมการหมุนของมอเตอร์ได้โดยการควบคุมจะมีดังนี้คือ ควบคุมความเร็วและควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ ดังนั้นแผงวงจรนี้จึงได้ใช้หลักการของบริดจ์สมดุค โดยใช้ทรานซิสเตอร์ 4 ตัวในการควบคุม โดยทรานซิสเตอร์จะทำงานพร้อมกันครั้งละ 2 ตัว โดยมีหลักการทำงานดังนี้ เมื่อมีสัญญาณควบคุมเข้ามายัง JP1 ส่งมาควบคุมการทำงานของออปโตทรานซิสเตอร์เบอร์ 4N25 และออปโตทรานซิสเตอร์จะควบคุมการทำงานของทรานซิสเตอร์เบอร์ TIP3055 อีกทีหนึ่ง ส่วนไดโอดเบอร์ 2N4002 เป็นตัวป้องกันแรงดันย้อนกลับ แผงวงจรนี้ออกแบบมาเพื่อให้สามารถควบคุมมอเตอร์ได้ 2 ตัว จึงออกแบบเป็นวงจรบริดจ์สมดุค 2 ชุด

ไฟเลี้ยงในวงจรจะใช้ไฟเลี้ยงขนาด 5 โวลต์และ 12 โวลต์ โดยไฟเลี้ยงขนาด 5 โวลต์เป็นไฟเลี้ยงที่มาจากแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยส่งมาทางพอร์ต JP1 ส่วนไฟเลี้ยงขนาด 12 โวลต์เป็นไฟเลี้ยงที่ได้จากแหล่งจ่ายคั่งรูปที่ 3.13

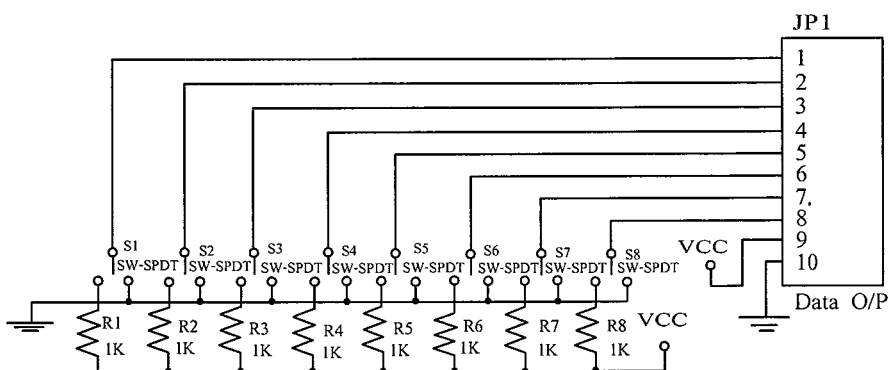


รูปที่ 3.13 วงจรคิซีมอเตอร์

3.3.13 การออกแบบแผงวงจรสวิตช์

วงจรสวิตช์ที่ใช้ในการทดลองนี้จะใช้สวิตช์แบบโยก โดยการต่อวงจรจะป้อนแรงดัน 0 โวลต์หรือส่งลอจิก “0” เมื่อต้องการให้สวิตช์อยู่ในสภาวะเปิดและป้อนแรงดัน 5 โวลต์หรือส่งลอจิก “1” เมื่อต้องการให้สวิตช์อยู่ในสภาวะปิดเพื่อส่งไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ไฟเลี้ยงในวงจรจะใช้ไฟเลี้ยงขนาด 5 โวลต์จากแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยส่งมาทางพอร์ต JP1 ดังรูปที่

3.14

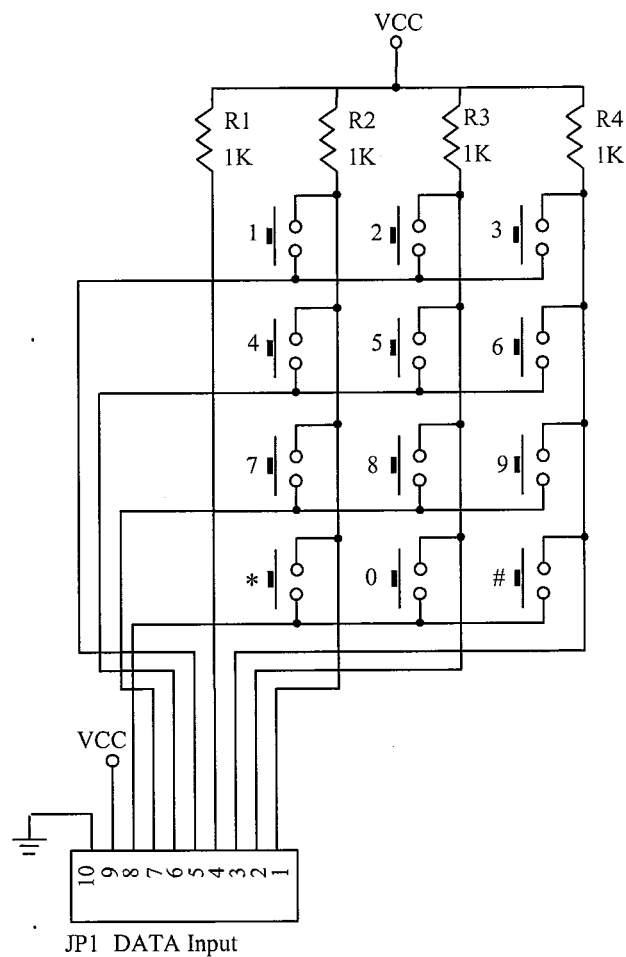


รูปที่ 3.14 วงจรสวิตช์

3.3.14 การออกแบบแผงวงจรคีย์สวิตช์

สวิตช์เมตริกซ์หรือคีย์สวิตช์เป็นสวิตช์ที่ใช้ในการป้อนค่าให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อใช้ในการประมวลผล ในชุดทดลองนี้จะใช้สวิตช์เมตริกซ์ขนาด 4×3 คือ 4 แถว 3 หลัก โดยแถวจะต่อกับ 4 บิตบนและหลักจะต่อกับ 3 บิตล่างของ JP1

ไฟเลี้ยงในวงจรจะใช้ไฟเลี้ยงขนาด 5 โวลต์จากแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยส่งมาทางพอร์ต JP1 ดังรูปที่ 3.15

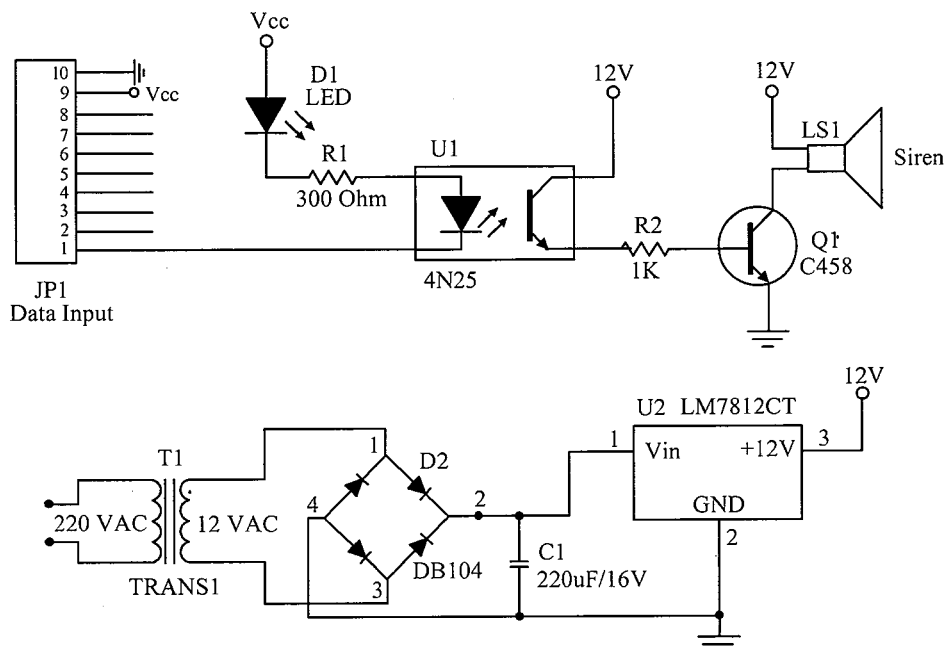


รูปที่ 3.15 วงจรคีย์สวิตช์

3.3.15 การออกแบบแผงวงจรเสียงเตือน

เป็นวงจรที่ใช้ในการแสดงผลการทำงานโดยใช้เสียงสำหรับเตือนภัยต่างๆ วงจรจะประกอบด้วย ออปโตทรานซิสเตอร์เบอร์ 4N25 ใช้ในการรับสัญญาณควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปควบคุม การไหลของกระแสที่ผ่านไซเรน โดยการควบคุมจะทำการควบคุมโดยใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ C458

ไฟเลี้ยงในวงจรจะใช้ไฟเลี้ยงขนาด 5 โวลต์และ 12 โวลต์ โดยไฟเลี้ยงขนาด 5 โวลต์ เป็นไฟเลี้ยงที่มาจากแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยส่งมาทางพอร์ต JP1 ส่วนไฟเลี้ยง ขนาด 12 โวลต์ เป็นไฟเลี้ยงที่ได้จากแหล่งจ่ายดังรูปที่ 3.16

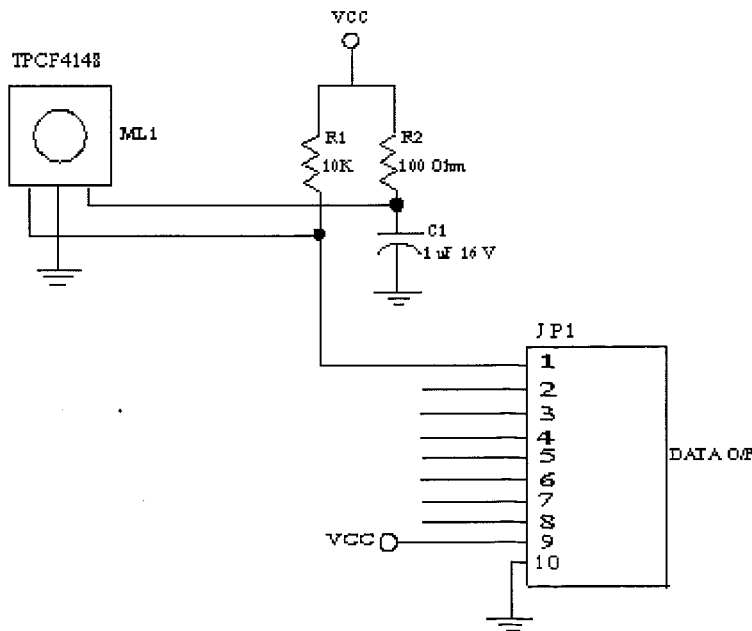


รูปที่ 3.16 วงจรเสียงเตือน

3.3.16 การออกแบบแผงวงจรรับสัญญาณรีโมท

วงจรเซ็นเซอร์แสงเป็นวงจรที่ใช้ในการตรวจจับแสงที่รับเข้ามาเพื่อใช้ในการประมวลผล แสงที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นแสงย่านอินฟราเรดของรีโมทคอนโทรล ประกอบด้วยอุปกรณ์หลักของ วงจรคือ รีโมทคอนโทรลโมดูล ทำหน้าที่รับสัญญาณแสงเข้ามาและทำการถอดรหัสให้เหลือเพียง สัญญาณดิจิทัลเพื่อส่งไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้ในการประมวลผลและควบคุมตามต้องการ และ JP1 เป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างรีโมทคอนโทรลโมดูลกับไมโครคอนโทรลเลอร์

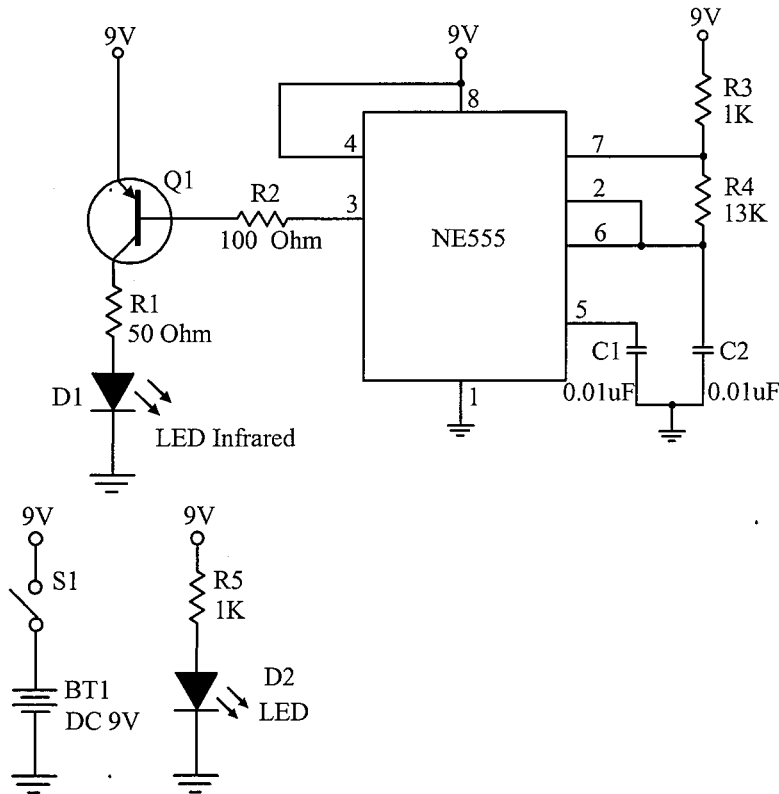
ไฟเลี้ยงในวงจรจะใช้ไฟเลี้ยงขนาด 5 โวลต์ จากแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยส่งมาทางพอร์ต JP1 ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 วงจรรับสัญญาณรีโมท

3.3.17 การออกแบบแผงวงจรส่งสัญญาณแสง

เป็นแผงวงจรที่ใช้ส่งสัญญาณแสงไปยังแผงวงจรรับสัญญาณแสง โดยใช้แอลอีดีอินฟราเรดเป็นตัวส่ง การส่งสัญญาณนี้จะใช้สัญญาณที่ส่งเป็นสัญญาณพัลส์ที่มีความถี่ 1 กิโลเฮิร์ต ซึ่งได้จากวงจรผลิตความถี่ของไอซี NE555 สัญญาณที่ได้นี้จะส่งไปควบคุมการทำงานของทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N3906 และทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N3906 นี้จะควบคุมการทำงานของแอลอีดีอินฟราเรดที่ส่งสัญญาณไปยังเครื่องรับ ไฟเลี้ยงในวงจรจะใช้แบตเตอรี่ขนาด 9 โวลต์ จำนวน 1 ก้อนในการจ่ายไฟให้กับวงจรดังรูปที่ 3.18

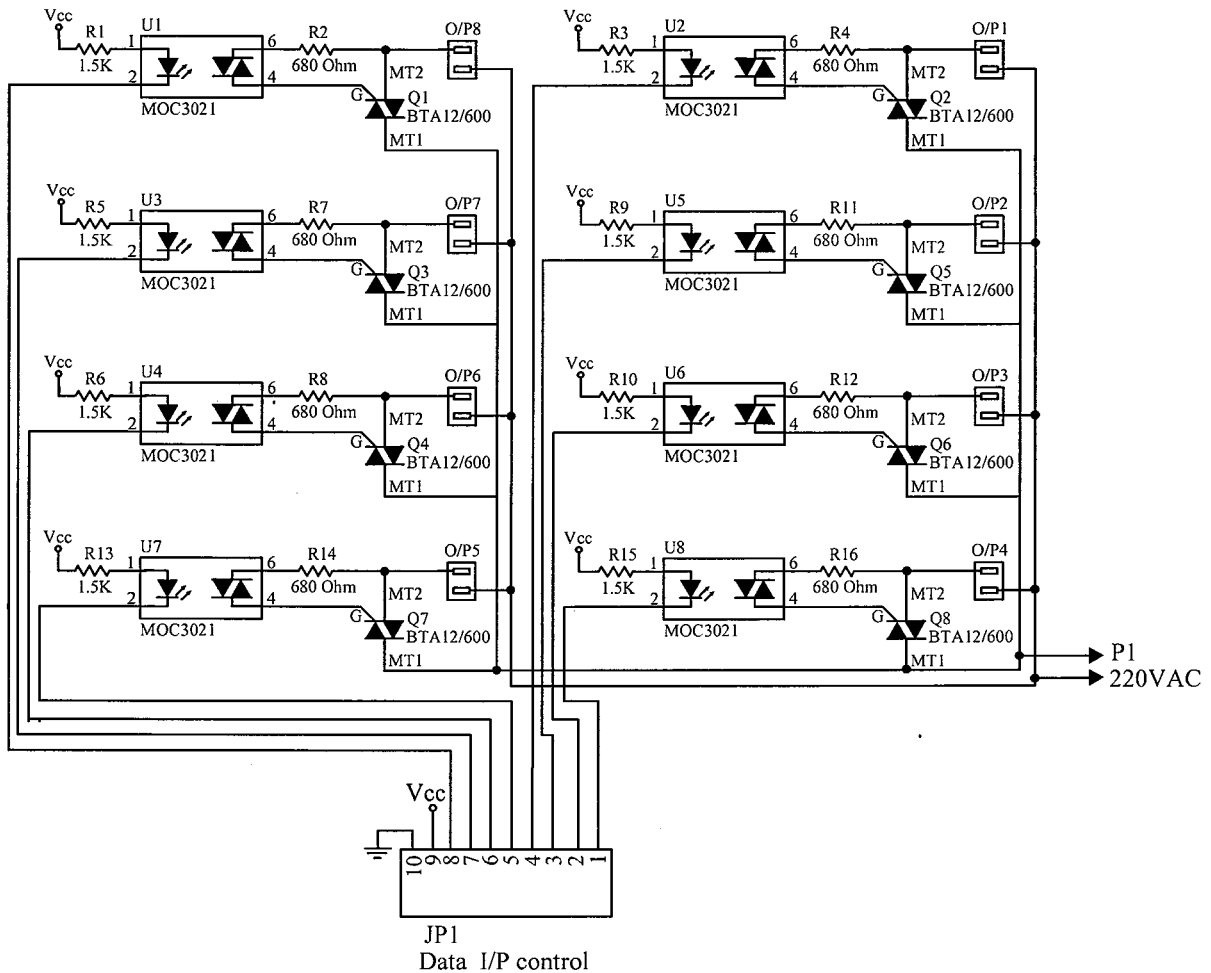


รูปที่ 3.18 วงจรส่งสัญญาณแสง

3.3.18 การออกแบบแผงวงจรควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับ

แผงวงจรควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับสามารถควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ 8 อย่าง โดยใช้ JP1 เป็นจุดสัญญาณเชื่อมต่อกับสัญญาณควบคุมจากแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และสัญญาณนี้จะมาควบคุมการทำงานของออปโตไดโอด โดยออปโตไดโอดจะควบคุมไทรแอกเบอร์ BTA12-600 ไทรแอกเบอร์นี้สามารถทนกระแสได้ 12 แอมป์ ดังนั้นโหลดแต่ละตัวต้องใช้กระแสไม่เกิน 12 แอมป์ การเชื่อมต่อกับโหลดจะใช้เต้ารับเพื่อรองรับเต้าเสียบจากโหลด

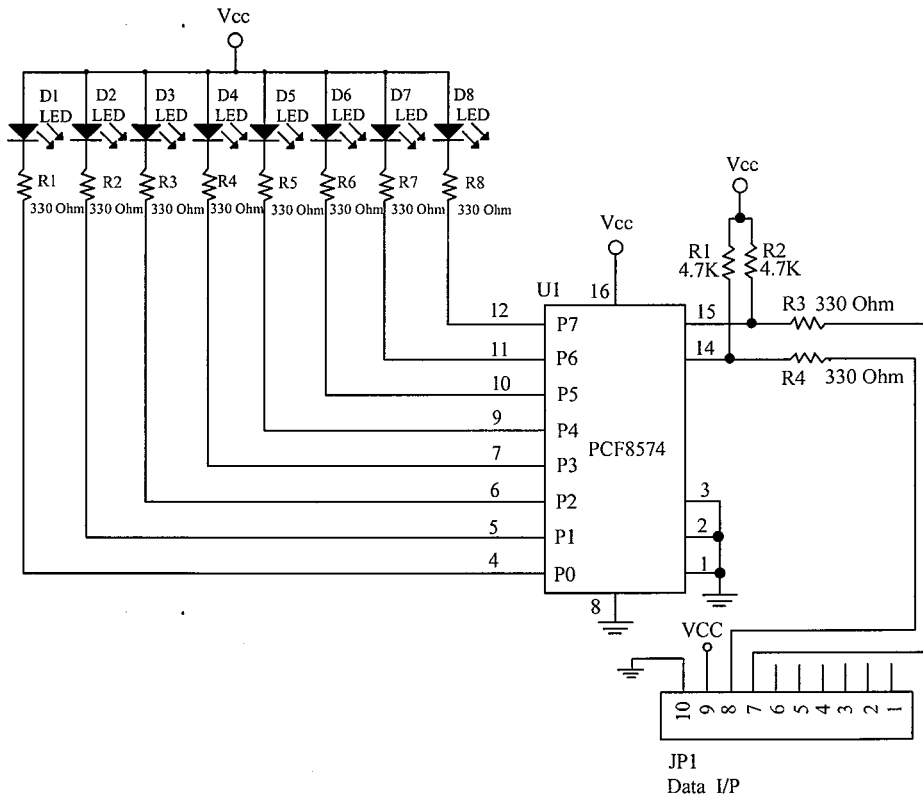
ไฟเลี้ยงในวงจรจะใช้ไฟเลี้ยงขนาด 5 โวลต์และแรงดันไฟสลับ 220 โวลต์ โดยไฟเลี้ยงขนาด 5 โวลต์เป็นไฟเลี้ยงที่มาจากแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยส่งมาทางพอร์ต JP1 ส่วนแรงดันไฟสลับ 220 โวลต์ใช้แรงดันไฟบ้านโดยใช้เต้าเสียบเป็นตัวส่งผ่านดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 วงจรควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับ

3.3.19 การออกแบบแผงวงจรอักษรหมุน

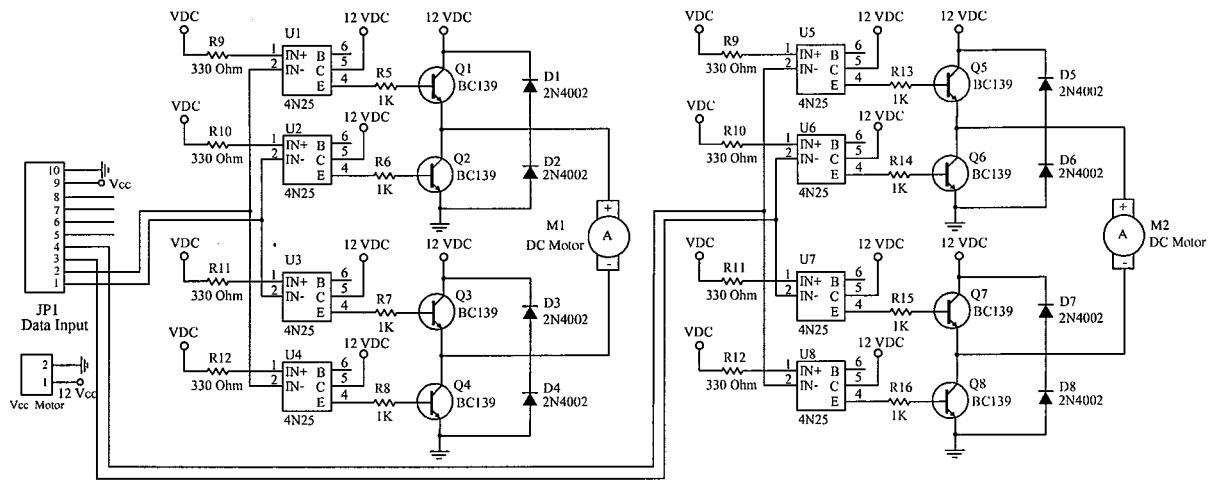
แผงวงจรอักษรหมุนจะใช้ไอซีขยายพอร์ตเบอร์ PCF 8574A เป็นตัวส่งข้อมูลไปยังแอลอีดีแสดงผล ไอซีตัวนี้ใช้การติดต่อแบบ I²C บัส เพื่อให้สะดวกในการส่งข้อมูลจากแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 หลักการแสดงผลจะใช้หลักการเดียวกันกับการแสดงผลของคอตเมตริกซ์ ส่วนการหมุนจะใช้มอเตอร์ทำหน้าที่ควบคุมการหมุนของแอลอีดีดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 วงจรอักษรหมุน

3.3.20 การออกแบบแผงวงจรขับดีซีมอเตอร์ของหุ่นยนต์เดินตามเส้น

การออกแบบวงจรนี้จะใช้วงจรถ่ายกับวงจรดีซีมอเตอร์เนื่องจากการเดินของหุ่นยนต์จะใช้ดีซีมอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนเพียงแต่วงจรนี้เปลี่ยนทรานซิสเตอร์จากเบอร์ TIP3055 เป็นทรานซิสเตอร์เบอร์ BD139 เพื่อให้เหมาะสมกับหุ่นยนต์เดินตามเส้น ไฟเลี้ยงในวงจรจะใช้ไฟเลี้ยงขนาด 12 โวลต์จากแบตเตอรี่ มีพอร์ต JP1 เป็นพอร์ตต่อใช้งานกับพอร์ตของแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ของหุ่นยนต์เคลื่อนตามเส้น

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 กล่าวนำ

ในส่วนของบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองของชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่ว่าจะเป็นในส่วนของแผงวงจรควบคุม แผงวงจรแสดงผล แผงวงจรเซ็นเซอร์ แผงวงจรมอเตอร์หรือแม้กระทั่งในส่วนของแผงวงจรประยุกต์ ซึ่งจะใช้โปรแกรมเป็นตัวทดลองแผงวงจรต่างๆ

4.2 การทดลองการทำงานของแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

หน้าที่หลักของแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 คือ การรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์และส่งข้อมูลออกทางแผงวงจรเชื่อมต่อ โดยจะทำการติดต่อผ่านทางพอร์ตอนุกรม ดังนั้นในการทดลองแผงวงจรชุดนี้จึงสามารถทดลองได้โดย

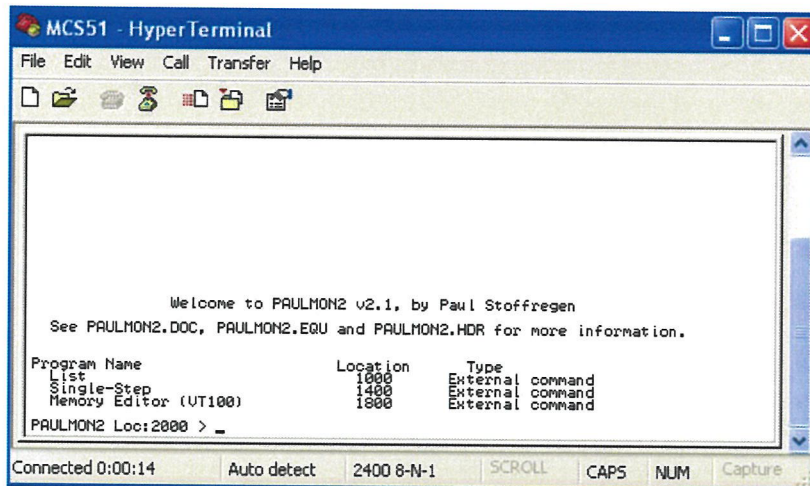
4.2.1 การทดลองติดต่อกับคอมพิวเตอร์

1) ขั้นตอนการทดลอง

- 1.1) เชื่อมต่อแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 กับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์
- 1.2) เปิดโปรแกรม Hyper Terminal เพื่อดูผลของการเชื่อมต่อ
- 1.3) กดปุ่ม Enter ที่คีย์บอร์ดของเครื่องคอมพิวเตอร์หรือกดปุ่มรีเซตที่ตัวแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ดูผลของการทำงาน

2) ผลการทดลอง

- 2.1) ถ้าหากแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถใช้งานได้ก็จะสามารถทำการเชื่อมต่อกับโปรแกรม Hyper Terminal ได้ ผลการทำงานจะเป็นดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การติดต่อกับ Hyper Terminal

4.2.2 การทดลองส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ต 8255 และพอร์ต P1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์

1) ขั้นตอนการทดลอง

1.1) ทำการเขียน โปรแกรมดังต่อไปนี้

```

                ORG          2000H
                MOV          DPTR,#4003H
                MOV          A,#80H
                MOVX         @DPTR,A
ST:            MOV          R0,#00H
LOOP:         MOV          DPTR,#DATA
                MOV          A,R0
                MOVC        A,@A+DPTR
                MOV          DPTR,#4000H
                MOVX         @DPTR,A
                MOV          DPTR,#4001H
                MOVX         @DPTR,A
                MOV          DPTR,#4002H
                MOVX         @DPTR,A
                MOV          P1,A
                ACALL        DELAY
                INC          R0
                CJNE         R0,#09H,LOOP
  
```

รูปที่ 4.2 โปรแกรมการทดลองแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

	SJMP	ST
DATA:	DB	00H,01H,02H,04H,08H,10H,20H,40H,80H
DELAY:	MOV	R3,#0FFH
DELAY1:	MOV	R4,#0FFH
	DJNZ	R4,\$
	DJNZ	R3,DELAY1
	RET	
	END	

รูปที่ 4.2 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

1.2) ทำการบันทึกและแอสเซมเบลอร์ไฟล์

1.3) ทำการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม Hyper Terminal เพื่อดูผลการทำงานของโปรแกรม

1.4) นำแผงวงจรแอลอีดีแบบแคโทดร่วมมาต่อเข้ากับแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

2) ผลการทดลอง

จากการทดลองส่งโปรแกรมไปยังแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แล้วแสดงผลออกทางแผงวงจรแอลอีดี โดยส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ต 8255 และพอร์ต P1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ผลดังนี้คือ แอลอีดีแสดงผลเป็นไฟวิ่งจากดวงที่ 1 จนถึงดวงที่ 8 แสดงพร้อมกันทั้ง 4 พอร์ตแล้ววนกลับมาทำซ้ำแบบนี้ไปเรื่อยๆ สรุปได้ว่าการเชื่อมต่อทางพอร์ต 8255 และพอร์ต P1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถใช้งานได้ตามที่ได้ออกแบบไว้

4.3 การทดลองการทำงานของแผงวงจรเชื่อมต่อ

4.3.1 แผงวงจรแอลอีดีแบบแอนโหนดร่วม

1) การทดลอง

เป็นแผงวงจรที่ใช้ในการแสดงสถานะของพอร์ต โดยจะมีด้วยกัน 4 พอร์ต กำหนดให้สถานะลอจิก “0” แอลอีดีติดสว่างและสถานะลอจิก “1” แอลอีดีดับ ทดลองโดยการเขียนโปรแกรมให้แอลอีดีแสดงผลจากโปรแกรมในรูปที่ 4.3

	ORG	2000H
	MOV	DPTR,#4003H
	MOV	A,#80H
	MOVX	@DPTR,A
ST:	MOV	R0,#00H
LOOP:	MOV	DPTR,#DATA
	MOV	A,R0
	MOVC	A,@A+DPTR
	MOV	DPTR,#4000H
	MOVX	@DPTR,A
	MOV	DPTR,#4001H
	MOVX	@DPTR,A
	MOV	DPTR,#4002H
	MOVX	@DPTR,A
	MOV	P1,A
	ACALL	DELAY
	INC	R0
	CJNE	R0,#08H,LOOP
	SJMP	ST
DATA:	DB	0FEH,0FDH,0FBH,0F7H,0EFH,0DFH,0BFH,07FH
DELAY:	MOV	R3,#0FFH
DELAY1:	MOV	R4,#0FFH
	DJNZ	R4,\$
	DJNZ	R3,DELAY1
	RET	
	END	

รูปที่ 4.3 โปรแกรมการทดลองแผงวงจรแอลอีดีแบบแอนโคร่วม

2) ผลการทดลอง

จากโปรแกรมที่กำหนดให้ทำการทดสอบผลการทำงานของแอลอีดีได้ผลดังนี้คือ แอลอีดีจะติดสว่างเพิ่มขึ้นทีละ 1 ดวงจากดวงที่ 1 จนถึงดวงที่ 8 แสดงพร้อมกันทั้ง 4 พอร์ตแล้ววนกลับมาทำซ้ำแบบนี้ไปเรื่อยๆ ปรากฏว่าวงจรสามารถทำงานได้ตามโปรแกรมที่กำหนดไว้

4.3.2 แผงวงจรแอลอีดีแบบแคโทดร่วม

1) การทดลอง

เป็นแผงวงจรที่ใช้ในการแสดงสถานะของพอร์ต โดยจะมีด้วยกัน 4 พอร์ต กำหนดให้สถานะลอจิก “1” แอลอีดีติดสว่างและสถานะลอจิก “0” แอลอีดีดับ ทดลองโดยการเขียนโปรแกรมให้แอลอีดีแสดงผลจากโปรแกรมในรูปที่ 4.4

	ORG	2000H
	MOV	DPTR,#4003H
	MOV	A,#80H
	MOVX	@DPTR,A
ST:	MOV	R0,#00H
LOOP:	MOV	DPTR,#DATA
	MOV	A,R0
	MOVC	A,@A+DPTR
	MOV	DPTR,#4000H
	MOVX	@DPTR,A
	MOV	DPTR,#4001H
	MOVX	@DPTR,A
	MOV	DPTR,#4002H
	MOVX	@DPTR,A
	MOV	P1,A
	ACALL	DELAY
	INC	R0
	CJNE	R0,#09H,LOOP
	SJMP	ST
DATA:	DB	00H,01H,02H,04H,08H,10H,20H,40H,80H
DELAY:	MOV	R3,#0FFH
DELAY1:	MOV	R4,#0FFH
	DJNZ	R4,\$
	DJNZ	R3,DELAY1
	RET	
	END	

รูปที่ 4.4 โปรแกรมการทดลองแผงวงจรแอลอีดีแบบแคโทดร่วม

2) ผลการทดลอง

จากโปรแกรมที่กำหนดให้ทำการทดสอบผลการทำงานของแอลอีดีได้ผลดังนี้คือ แอลอีดีจะติดสว่างเพิ่มขึ้นทีละ 1 ดวงจากดวงที่ 1 จนถึงดวงที่ 8 แสดงพร้อมกันทั้ง 4 พอร์ตแล้ววนกลับมาทำซ้ำแบบนี้ไปเรื่อยๆ ปรากฏว่าวงจรสามารถทำงานได้ตามโปรแกรมที่กำหนดไว้

4.3.3 แผงวงจรแอลอีดีแบบคอตเมตริกซ์

1) การทดลอง

เป็นแผงวงจรที่ใช้ในการแสดงรูปภาพ ข้อความหรือสัญลักษณ์ ด้วยแอลอีดีแบบแถวคูณหลัก มีขนาด 8 แถวคูณ 64 หลัก เป็นแบบแคโทดร่วมกำหนดให้สภาวะลอจิก “1” ทางด้านแถวและลอจิก “0” ทางด้านหลักถึงจะทำให้แอลอีดีติดสว่าง เขียน โปรแกรมการทดลองดังรูปที่ 4.5

```

                ORG            2000H
PORT_A          EQU            4000H
PORT_B          EQU            4001H
PORT_C          EQU            4002H
PORT_CON        EQU            4003H
COUNT_IC       EQU            34H
LOOP            EQU            35H

                MOV            A,#80H
                MOV            DPTR,#PORT_CON
                MOVX           @DPTR,A

START:          MOV            LOOP,#00H
START1:         MOV            A,#0FFH
                MOV            DPTR,#PORT_B
                MOVX           @DPTR,A
                MOV            A,LOOP
                MOV            DPTR,#DATA
                MOVC           A,@A+DPTR
                MOV            DPTR,#PORT_A
                MOVX           @DPTR,A
                ACALL          DELAY
                INC            LOOP
                MOV            A,LOOP
                CJNE           A,#64,START1
                LJMP           START

;*****DELAY*****

DELAY:          MOV            R3,#0FFH
DELA:           MOV            R4,#0FFH
                DJNZ          R4,$
                DJNZ          R3,DELA
                RET

DATA:          DB             000H,001H,002H,003H,004H,005H,006H,007H ;1
                DB             010H,011H,012H,013H,014H,015H,016H,017H ;2
                DB             020H,021H,022H,023H,024H,025H,026H,027H ;3
                DB             030H,031H,032H,033H,034H,035H,036H,037H ;4
                DB             040H,041H,042H,043H,044H,045H,046H,047H ;5
                DB             050H,051H,052H,053H,054H,055H,056H,057H ;5
                DB             060H,061H,062H,063H,064H,065H,066H,067H ;7
                DB             070H,071H,072H,073H,074H,075H,076H,077H ;8

                END

```

2) ผลการทดลอง

จาก โปรแกรมที่กำหนดให้ทำการทดสอบผลการทำงานของแอลอีดีแบบคอตเมตริกซ์ ได้ผลดังนี้คือ แอลอีดีแสดงผลโดยติดสว่างทางด้านหลักจากหลักที่ 1 วิ่งไปจนถึงหลักที่ 8 แล้ววนกลับมาแสดงผลใหม่ทางด้านหลักที่ 1 อีกครั้งทำซ้ำแบบนี้ไปเรื่อยๆ ปรากฏว่าวงจรสามารถทำงานได้ตามโปรแกรมที่กำหนดไว้

4.3.4 แผงวงจรแอลอีดี 7 ส่วนแบบหลักเดียว

1) การทดลอง

เป็นแผงวงจรที่ใช้ในการแสดงผลแบบ 7 ส่วนหลักเดียวในชั้นพื้นฐาน ซึ่งในวงจรนี้จะเป็นแบบ แอนโคร่วม ถ้าหากต้องการให้ส่วนใดของแอลอีดี 7 ส่วนติดสว่างก็ป้อนลอจิก "0" หรือ ไฟลบให้แก่ วงจร เขียนโปรแกรมการทดลองดังรูปที่ 4.6

	ORG	2000H
PORT_A	EQU	4000H
PORT_B	EQU	4001H
PORT_C	EQU	4002H
PORT_CON	EQU	4003H
;*****INT_8255*****		
	MOV	DPTR,#PORT_CON
	MOV	A,#80H
	MOVX	@DPTR,A
;*****MAIN*****		
START:	CLR	C
	MOV	A,#0FFH
	MOV	R2,#00H
START1:	MOV	DPTR,#PORT_A
	MOVX	@DPTR,A
	ACALL	DELAY
	ACALL	DELAY
	RLC	A
	INC	R2
	CJNE	R2,#09,START1
	SJMP	START
;*****DELAY*****		

รูปที่ 4.6 โปรแกรมการทดลองแผงวงจรแอลอีดี 7 ส่วนแบบหลักเดียว

DELAY:	MOV	R0,#0FFH
DELAY1:	MOV	R1,#0FFH
DELAY2:	DJNZ	R1,DELAY2
	DJNZ	R0,DELAY1
	RET	
	END	

รูปที่ 4.6 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรแอลอีดี 7 ส่วนแบบหลักเดียว

2) ผลการทดลอง

จากโปรแกรมที่กำหนดให้ทำการทดสอบผลการทำงานของแอลอีดี 7 ส่วนแบบหลักเดียว ได้ผลดังนี้คือ แอลอีดี 7 ส่วนจะติดทีละส่วนหรือเชกเมนต์ตั้งแต่เชกเมนต์ a จนถึง dp แล้ววนกลับมาทำซ้ำแบบนี้ไปเรื่อยๆ ปรากฏว่าวงจรสามารถทำงานได้ตามโปรแกรมที่กำหนดไว้

4.3.5 แผงวงจรแอลอีดี 16 ส่วนแบบหลักเดียว

1) การทดลอง

เป็นแผงวงจรที่ใช้ในการแสดงผลแบบ 16 ส่วนหลักเดียว ซึ่งให้ผลการทำงานที่ละเอียดกว่าแบบ 7 ส่วน สามารถสร้างภาพและข้อความได้หลากหลายกว่า ในวงจรนี้จะเป็นแบบแอนโตนร่วม ถ้าหากต้องการให้ส่วนใดของแอลอีดี 16 ส่วนติดสว่างก็ป้อนลอจิก '0' หรือไฟลปให้แก่วงจร เขียนโปรแกรมการทดลองดังรูปที่ 4.7

	ORG	2000H
PORT_A	EQU	4000H
PORT_B	EQU	4001H
PORT_C	EQU	4002H
PORT_CON	EQU	4003H
;*****INT_8255*****		
	MOV	DPTR,#PORT_CON
	MOV	A,#80H
	MOVX	@DPTR,A
;*****MAIN*****		
START:	CLR	C
	MOV	A,#0FFH
	MOV	R0,#00H
START1:	MOV	DPTR,#PORT_A
	MOVX	@DPTR,A

รูปที่ 4.7 โปรแกรมการทดลองแผงวงจรแอลอีดี 16 ส่วนแบบหลักเดียว

```

                ACALL    DELAY
                ACALL    DELAY
                RLC      A
                INC      R2
                CJNE     R2,#08,START1
                MOV      R2,#00H

START2:        MOV      DPTR,#PORT_B
                MOVX     @DPTR,A
                ACALL    DELAY
                ACALL    DELAY
                RLC      A
                INC      R2
                CJNE     R2,#08,START2
                SJMP     START

;*****DELAY*****
DELAY:        MOV      R0,#0FFH
DELAY1:      MOV      R1,#0FFH
DELAY2:      DJNZ     R1,DELAY2
                DJNZ     R0,DELAY1
                RET

                END

```

รูปที่ 4.7 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรแอลอีดี 16 ส่วนแบบหลักเดียว

2) ผลการทดลอง

จากโปรแกรมที่กำหนดให้ทำการทดสอบผลการทำงานของแอลอีดี 16 ส่วนแบบหลักเดียว ได้ผลดังนี้คือ แอลอีดี 16 ส่วนจะติดทีละส่วนหรือเซกเมนต์ตั้งแต่เซกเมนต์ a1 จนถึง m แล้ววนกลับมาทำซ้ำแบบนี้ไปเรื่อยๆ ปรากฏว่าวงจรสามารถทำงานได้ตามโปรแกรมที่กำหนดไว้

4.3.6 แผงวงจรแอลอีดี 7 ส่วนแบบมัลติเพล็กซ์

1) การทดลอง

เป็นแผงวงจรที่ใช้ในการแสดงผลแบบ 7 ส่วนขนาด 8 หลัก ในวงจรนี้จะเป็นแบบแคโทดร่วม ดังนั้นหากต้องการให้ส่วนใดของแอลอีดี 7 ส่วนติดสว่างก็ป้อนลอจิก "1" หรือไฟบวกให้แก่วงจร เขียนโปรแกรมการทดลองดังรูปที่ 4.8

```

                ORG      2000H
PORT_A          EQU      4000H
PORT_B          EQU      4001H
PORT_C          EQU      4002H
PORT_CON        EQU      4003H

;*****INT_8255*****
                MOV      DPTR,#PORT_CON
                MOV      A,#80H
                MOVX     @DPTR,A

;***** MAINPROGRAM *****

BEGIN:          MOV      R3,#00H
START:          MOV      R2,#00H
SHOW_CL1:      MOV      A,R2
                MOV      DPTR,#DATA
                MOVC     A,@A+DPTR
                MOV      DPTR,#PORT_B
                MOVX     @DPTR,A
                MOV      A,R3
                MOV      DPTR,#DATA1
                MOVC     A,@A+DPTR
                MOV      DPTR,#PORT_A
                MOVX     @DPTR,A
                ACALL    DELAY
                INC      R2
                CJNE     R2,#0AH,SHOW_CL1
                INC      R3
                CJNE     R3,#08H,START
                SJMP     BEGIN

;***** DATA*****

DATA:           DB       03FH,006H,05BH,04FH,66H,6DH,7DH,07H,7FH,6FH
DATA1:          DB       001H,002H,004H,008H,010H,020H,040H,080H

;***** DELAY *****

DELAY:          MOV      R0,#0FFH
DELAY1:         MOV      R1,#0FFH
DELAY2:         DJNZ     R1,DELAY2
                DJNZ     R0,DELAY1
                RET
                END

```

รูปที่ 4.8 โปรแกรมการทดลองแผงวงจรแอลอีดี 7 ส่วนแบบมัลติเพล็กซ์

2) ผลการทดลอง

จากโปรแกรมที่กำหนดให้ทำการทดสอบผลการทำงานของแอลอีดี 7 ส่วนแบบ มัลติเพล็กซ์ได้ผลดังนี้คือ แอลอีดี 7 ส่วนจะแสดงตัวเลข 0-9 ในหลักที่ 1 ทางด้านซ้ายมือและเปลี่ยน มาแสดงในหลักที่ 2 แสดง 0-9 แล้วเปลี่ยนไปแสดงในหลักที่ 3 ทำแบบนี้ไปเรื่อยๆ จนถึงหลักที่ 8 แล้ววนกลับมาแสดงในหลักที่ 1 ใหม่อีกครั้งทำแบบนี้ซ้ำกันไปเรื่อยๆ ปรากฏว่าวงจรสามารถ ทำงานได้ตามโปรแกรมที่กำหนดไว้

4.3.7 แผงวงจรจอแสดงผลแบบผลึกเหลว

1) การทดลอง

เป็นแผงวงจรที่ใช้ในการแสดงผลด้วยจอแสดงผลแบบผลึกเหลวเป็นแบบขนาดตัวอักษร 16×1 จำนวน 1 ชุด สามารถปรับความเข้มหรือความสว่างของข้อความได้ด้วยการปรับ VR ในวงจร เขียนโปรแกรมการทดลองดังรูปที่ 4.9

PORT_A	EQU	4000H
PORT_B	EQU	4001H
PORT_C	EQU	4002H
PORT_CON	EQU	4003H
;*****MAIN PROGRAM*****		
	ORG	2000H
	MOV	DPTR,#PORT_CON
	MOV	A,#80H
	MOVX	@DPTR,A
;***** INITIAL LCD *****		
INITIAL_LCD:	ACALL	DELAY_2MS
	MOV	A,#38H
	ACALL	WRI_INTRUC
	MOV	A,#38H
	ACALL	WRI_INTRUC
	MOV	A,#0CH
	ACALL	WRI_INTRUC
	MOV	A,#01H
	ACALL	WRI_INTRUC
	MOV	A,#06H
	ACALL	WRI_INTRUC
;*****MAIN PROGRAM *****		

รูปที่ 4.9 โปรแกรมการทดลองแผงวงจรจอแสดงผลแบบผลึกเหลว

```

MAIN:      MOV      R3,#00H
MAIN1:    MOV      A,R3
          MOV      DPTR,#TEXT
          MOVC     A,@A+DPTR
          ACALL    WRI_DATA
          ACALL    DELAY_1S
          INC      R3
          CJNE    R3,#08,MAIN1
          MOV      A,#0C0H
          ACALL    WRI_INTRUC

MAIN2:    MOV      A,R3
          MOV      DPTR,#TEXT
          MOVC     A,@A+DPTR
          ACALL    WRI_DATA
          ACALL    DELAY_1S
          INC      R3
          CJNE    R3,#16,MAIN2
          ACALL    LCD_CLR
          MOV      A,#080H
          ACALL    WRI_INTRUC

MAIN3:    MOV      A,R3
          MOV      DPTR,#TEXT
          MOVC     A,@A+DPTR
          ACALL    WRI_DATA
          ACALL    DELAY_1S
          INC      R3
          CJNE    R3,#24,MAIN3
          MOV      A,#0C0H
          ACALL    WRI_INTRUC

MAIN4:    MOV      A,R3
          MOV      DPTR,#TEXT
          MOVC     A,@A+DPTR
          ACALL    WRI_DATA
          ACALL    DELAY_1S
          INC      R3
          CJNE    R3,#26,MAIN4
          ACALL    LCD_CLR
          SJMP     MAIN

;***** WRITE INSTRUCTURE TO LCD*****

WRI_INTRUC:  MOV      DPTR,#PORT_A
            MOVX     @DPTR,A

```

```

        MOV        A,#04H
        MOV        DPTR,#PORT_B
        MOVX       @DPTR,A
        NOP
        NOP
        MOV        A,#00H
        MOVX       @DPTR,A
        ACALL      DELAY_2MS
        RET

;*****WRITE DATA TO LCD *****

WRI_DATA:      MOV        DPTR,#PORT_A
                MOVX       @DPTR,A

                MOV        A,#05H
                MOV        DPTR,#PORT_B
                MOVX       @DPTR,A
                NOP
                NOP
                MOV        A,#01H
                MOVX       @DPTR,A
                ACALL      DELAY_60uS

                RET

;***** WRITE INSTRUCTURE TO LCD CLR*****

LCD_CLR:       MOV        A,#01H
                ACALL      WRI_INTRUC
                RET

;*****WRITE INSTRUCTURE TO LCD*****

LCD_HOME:     MOV        A,#02H
                ACALL      WRI_INTRUC
                RET

;***** WRITE INSTRUCTURE TO LCD OFF*****

LCD_OFF:      MOV        A,#08H
                ACALL      WRI_INTRUC
                RET

;*****DELAY*****

```

รูปที่ 4.9 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรแสดงผลแบบพอลีกเลว

DELAY_60uS:	MOV	R2,#28
	DJNZ	R2,\$
	RET	
DELAY_2MS:	MOV	R0,#2
DELAY_10MS_1:	MOV	R1,#0E6H
DELAY_10MS_2:	DJNZ	R1,DELAY_10MS_2
	DJNZ	R0,DELAY_10MS_1
	RET	
DELAY_1S:	MOV	B,#250
DELAY_1S_1:	ACALL	DELAY_2MS
	DJNZ	B,DELAY_1S_1
	RET	
TEXT:	DB	"ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ"
	END	

รูปที่ 4.9 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรแสดงผลแบบพลิกเหลว

2) ผลการทดลอง

จากโปรแกรมที่กำหนดให้ทำการทดสอบผลการทำงานของจอแสดงผลแบบพลิกเหลว ได้ผลดังนี้คือ จอแสดงผลแบบพลิกเหลวจะแสดงตัวอักษร A-Z แล้ววนกลับมาแสดงค่า A-Z ซ้ำใหม่อีกครั้งแล้วทำซ้ำต่อไปเรื่อยๆ ปรากฏว่าวงจรสามารถทำงานได้ตามโปรแกรมที่กำหนดไว้

4.3.8 แผงวงจรเซ็นเซอร์แสง

1) การทดลอง

เป็นแผงวงจรที่ใช้ในการทำหน้าที่ตรวจจับสัญญาณแสงที่มากกระทบกับตัวรับสัญญาณ โดยแสงที่ใช้จะเป็นแสงในย่านอินฟราเรด เขียนโปรแกรมการทดลองดังรูปที่ 4.10

	ORG	2000H
START:	MOV	PCON,#00H
	MOV	SCON,#50H
	MOV	TMOD,#20H
	MOV	TH1,#0E8H
	SETB	TR1
DATA1:	JNB	RI,DATA1
	CLR	RI

รูปที่ 4.10 โปรแกรมการทดลองแผงวงจรเซ็นเซอร์แสง

	MOV	A,SBUF
	CLR	A
DATA2:	JNB	RI,DATA2
	CLR	RI
	MOV	A,SBUF
	CLR	A
DATA3:	JNB	RI,DATA3
	CLR	RI
	MOV	A,SBUF
	CLR	A
DATA4:	JNB	RI,DATA4
	CLR	RI
	MOV	A,SBUF
	CLR	A
DATA5:	JNB	RI,DATA5
	CLR	RI
	MOV	A,SBUF
	MOV	R3,A
DATA6:	JNB	RI,DATA6
	CLR	RI
	MOV	A,SBUF
	MOV	R4,A
DATA7:	JNB	RI,DATA7
	CLR	RI
	MOV	A,SBUF
	MOV	R5,A
DATA8:	JNB	RI,DATA8
	CLR	RI
	MOV	A,SBUF
	MOV	R6,A
POWER:	CJNE	R3,#05DH,DISPLAY
	CJNE	R4,#0D7H,DISPLAY
	CJNE	R5,#0DDH,DISPLAY
	CJNE	R6,#0D7H,DISPLAY
	ACALL	SHOW1
DISPLAY:	CJNE	R3,#77H,NO_SP
	CJNE	R4,#5DH,NO_SP

รูปที่ 4.10 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรเซ็นเซอร์แสง

	CJNE	R5,#0DDH,NO_SP
	CJNE	R6,#55H,NO_SP
	ACALL	SHOW2
NO_SP:	CJNE	R3,#0D5H,CH1
	CJNE	R4,#5DH,CH1
	CJNE	R5,#77H,CH1
	CJNE	R6,#77H,CH1
	ACALL	SHOW3
CH1:	CJNE	R3,#5DH,CH2
	CJNE	R4,#5DH,CH2
	CJNE	R5,#77H,CH2
	CJNE	R6,#77H,CH2
	ACALL	SHOW4
CH2:	CJNE	R3,#75H,CH3
	CJNE	R4,#0D7H,CH3
	CJNE	R5,#0DDH,CH3
	CJNE	R6,#0DDH,CH3
	ACALL	SHOW5
CH3:	CJNE	R3,#75H,CH4
	CJNE	R4,#0D7H,CH4
	CJNE	R5,#0DDH,CH4
	CJNE	R6,#0D7H,CH4
	ACALL	SHOW6
CH4:	CJNE	R3,#75H,CH5
	CJNE	R4,#0D7H,CH5
	CJNE	R5,#0DDH,CH5
	CJNE	R6,#75H,CH5
	ACALL	SHOW7
CH5:	CJNE	R3,#5DH,WAIT
	CJNE	R4,#5DH,WAIT
	CJNE	R5,#77H,WAIT
	CJNE	R6,#5DH,WAIT
	ACALL	SHOW8
WAIT:	JNB	RI,WAIT
	CLR	RI
	MOV	A,SBUF
	CJNE	A,#78H,WAIT

รูปที่ 4.10 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรเซ็นเซอร์แสง

```

                                AJMP      DATA3

SHOW1:      MOV      P1,#0FEH
                                RET

SHOW2:      MOV      P1,#0FDH
                                RET

SHOW3:      MOV      P1,#0FBH
                                RET

SHOW4:      MOV      P1,#0F7H
                                RET

SHOW5:      MOV      P1,#0EFH
                                RET

SHOW6:      MOV      P1,#0DFH
                                RET

SHOW7:      MOV      P1,#0BFH
                                RET

SHOW8:      MOV      P1,#07FH
                                RET

DELAY_10MS: MOV      R0,#10
DELAY_10MS_1: MOV     R7,#0E6H
DELAY_10MS_2: NOP
                                NOP
                                DJNZ     R7,DELAY_10MS_2
                                DJNZ     R0,DELAY_10MS_1
                                RET

DELAY_1S:   MOV      B,#1000
DELAY_1S_1: ACALL   DELAY_10MS
                                DJNZ     B,DELAY_1S_1
                                RET

                                END

```

รูปที่ 4.10 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรเซ็นเซอร์แสง

2) ผลการทดลอง

จากโปรแกรมที่กำหนดให้ทำการทดสอบผลการทำงานของวงจรถึงเซ็นเซอร์แสงได้ผลดังนี้คือ เมื่อลองเอามือหรือวัตถุตัดผ่านแสงระหว่างตัวส่งสัญญาณกับตัวรับสัญญาณ เมื่อมือหรือวัตถุตัดผ่าน 1 ครั้งก็จะเกิดเสียงดังขึ้น เมื่อเอามือหรือวัตถุออกเสียงก็จะหยุด ปรากฏว่าวงจรสามารถทำงานได้ตามโปรแกรมที่กำหนดไว้

4.3.9 แผงวงจรถึงเซ็นเซอร์สี

1) การทดลอง

เป็นแผงวงจรที่ใช้ในการทำหน้าที่ในการตรวจจับสัญญาณสี โดยจะใช้หลักการของการสะท้อนกลับของสีเมื่อชุดของเซ็นเซอร์สีส่งสัญญาณออกไป ถ้าหากไปกระทบกับสีขาวสัญญาณก็จะสะท้อนกลับมายังชุดเซ็นเซอร์สี ทำให้ตัวรับในชุดนี้สามารถรับสัญญาณได้ เขียนโปรแกรมการทดลองดังรูปที่ 4.11

	ORG	2000H
PORT_A	EQU	4000H
PORT_B	EQU	4001H
PORT_C	EQU	4002H
PORT_CT	EQU	4003H
SET_8255:	MOV	DPTR,#PORT_CT
	MOV	A,#90H
	MOVX	@DPTR,A
CHK_SENSOR:	MOV	DPTR,#PORT_A
	MOVX	A,@DPTR
	MOV	P1,A
	JMP	CHK_SENSOR
	NOP	
	END	

รูปที่ 4.11 โปรแกรมการทดลองแผงวงจรถึงเซ็นเซอร์สี

2) ผลการทดลอง

จากโปรแกรมที่กำหนดให้ทำการทดสอบผลการทำงานของวงจรถึงเซ็นเซอร์สีได้ผลดังนี้คือ เมื่อลองเอาระบายสีขาววางไว้หน้าชุดเซ็นเซอร์สีจะทำให้เกิดเสียงดังขึ้น เมื่อเอาระบายสีขาวออกเสียงก็จะหยุด ปรากฏว่าวงจรสามารถทำงานได้ตามโปรแกรมที่กำหนดไว้

4.3.10 แผงวงจรเซ็นเซอร์อุณหภูมิ

1) การทดลอง

เป็นแผงวงจรที่ใช้ในการทำหน้าที่ตรวจวัดอุณหภูมิ ณ เวลาและสถานที่นั้นเขียนโปรแกรมการทดลองดังรูปที่ 4.12

PORT_A	EQU	4000H
PORT_B	EQU	4001H
PORT_C	EQU	4002H
PORT_CON	EQU	4003H
ONEWIRE	BIT	P1.3H
FLAG	EQU	02FH
BUSY	BIT	FLAG.0
ONEWIRE_DATA	EQU	32H
TEM	EQU	33H
;***** MAIN PROGRAM *****		
	ORG	2000H
	MOV	DPTR,#PORT_CON
	MOV	A,#80H
	MOVX	@DPTR,A
LOOP:	ACALL	DS1820_RST
	ACALL	DS1820_PRE
	MOV	ONEWIRE_DATA,#0CCH
	ACALL	DS1820_WR
	MOV	ONEWIRE_DATA,#044H
	ACALL	DS1820_WR
	SETB	BUSY
PRES_CHK_LOOP:	ACALL	DS1820_RST
	ACALL	DS1820_PRE
	JB	BUSY,PRES_CHK_LOOP
	NOP	
	NOP	
	NOP	
	NOP	
	ACALL	DS1820_RST
	ACALL	DS1820_PRE
	MOV	ONEWIRE_DATA,#0CCH
	ACALL	DS1820_WR
	MOV	ONEWIRE_DATA,#0BEH
	ACALL	DS1820_WR

รูปที่ 4.12 โปรแกรมการทดลองแผงวงจรเซ็นเซอร์อุณหภูมิ

```

                ACALL    DS1820_RD
                MOV      TEM,ONEWIRE_DATA
                ACALL    DISPLAY
                ACALL    DS1820_RST
                ACALL    DS1820_PRES
                SJMP     LOOP

;*****ENDMAIN*****

DS1820_RD:      MOV      R4,#08H
                CLR      A
DS1820_RD_LOOP: CLR      ONEWIRE
                NOP
                NOP
                SETB     ONEWIRE
                NOP
                NOP
                NOP
                MOV      C,ONEWIRE
                ACALL    ONEWIRE_DELAY
                RRC      A
                DJNZ     R4,DS1820_RD_LOOP
                MOV      ONEWIRE_DATA,A
                RET

;*****

DS1820_WR:      MOV      R4,#8
                MOV      A,ONEWIRE_DATA
DS1820_WR_LOOP: RRC      A
                JNC      DS1820_WR_L
                CLR      ONEWIRE
                NOP
                NOP
                NOP
                SETB     ONEWIRE
                ACALL    ONEWIRE_DELAY
                AJMP     DS1820_WR_NX
DS1820_WR_L:    CLR      ONEWIRE
                ACALL    ONEWIRE_DELAY
                SETB     ONEWIRE
                NOP
                NOP
                NOP
                NOP

```

รูปที่ 4.12 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรเซ็นเซอร์อุณหภูมิ

```

DS1820_WR_NX:   DJNZ      R4,DS1820_WR_LOOP
                RET

;*****
DS1820_RST:     CLR        ONEWIRE
                ACALL     DELAY_1MS
                SETB     ONEWIRE
                MOV      R4,#8
                DJNZ     R4,$
                RET

;*****

DS1820_PRES:    MOV      R4,#8
DS1820_PRES_1: MOV      R3,#0
DS1820_PRES_2: JNB      ONEWIRE,DS1820_PRES_3
                DJNZ     R3,DS1820_PRES_2
                DJNZ     R4,DS1820_PRES_1
                RET
DS1820_PRES_3: JNB      ONEWIRE,$
                MOV      R4,#8
                DJNZ     R4,$
                CLR      BUSY
                RET

;*****SHOW SEGMENT*****

DISPLAY:        MOV      A,TEM
                CLR      C
                RRC      A
                MOV      DPTR,#DATA1
                MOVC     A,@A+DPTR
                MOV      B,#10H
                DIV      AB
                MOV      DPTR,#DATA2
                MOVC     A,@A+DPTR
                MOV      DPTR,#4001H
                MOVX     @DPTR,A
                MOV      A,#20H
                MOV      DPTR,#4000H
                MOVX     @DPTR,A
                ACALL    DELAY
                MOV      A,B
                MOV      DPTR,#DATA2
                MOVC     A,@A+DPTR
                MOV      DPTR #4001H

```

รูปที่ 4.12 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรเซ็นเซอร์อุณหภูมิ

```

MOV      A,#10H
MOV      DPTR,#4000H
MOVX     @DPTR,A
ACALL    DELAY
MOV      DPTR,#PORT_B
MOV      A,#39H
MOVX     @DPTR,A
MOV      A,#04H
MOV      DPTR,#PORT_A
MOVX     @DPTR,A
ACALL    DELAY
RET

```

```

;*****

```

```

ONEWIRE_DELAY:  MOV      R6,#012H
ONEWIRE_DELAY_1: NOP
                NOP
                DJNZ     R6,ONEWIRE_DELAY_1
                RET

```

```

DELAY_1MS:     MOV      R6,#0E6H
DELAY_1MS_1:   NOP
                NOP
                DJNZ     R6,DELAY_1MS_1
                RET

```

```

DELAY:         MOV      R0,#0AH
DELAY1:        MOV      R1,#0FFH
                DJNZ     R1,$
                DJNZ     R0,DELAY1
                RET

```

```

;*****

```

```

DATA1:        DB      00H,01H,02H,03H,04H,05H,06H,07H
                DB      08H,09H,10H,11H,12H,13H,14H,15H
                DB      16H,17H,18H,19H,20H,21H,22H,23H
                DB      24H,25H,26H,27H,28H,29H,30H,31H
                DB      32H,33H,34H,35H,36H,37H,38H,39H
                DB      40H,41H,42H,43H,44H,45H,46H,47H
                DB      48H,49H,50H,51H,52H,53H,54H,55H
                DB      56H,57H,58H,59H,60H,61H,62H,63H
                DB      64H,65H,66H,67H,68H,69H,70H,71H
                DB      72H,73H,74H,75H,76H,77H,78H,79H

```

รูปที่ 4.12 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรเซ็นเซอร์อุณหภูมิ

	DB	80H,81H,82H,83H,84H,85H,86H,87H
	DB	88H,89H,90H,91H,92H,93H,94H,95H
	DB	96H,97H,98H,99H,04H,05H,06H,07H
	DB	08H,09H,10H,11H,12H,13H,14H,15H
	DB	16H,17H,18H,19H,20H,21H,22H,23H
	DB	24H,25H,26H,27H,28H,29H,30H,31H
DATA2:	DB	03FH,006H,05BH,04FH,66H,6DH,7DH,07H,7FH,6FH
	END	

รูปที่ 4.12 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรเซ็นเซอร์อุณหภูมิ

2) ผลการทดลอง

จากโปรแกรมที่กำหนดให้ทำการทดสอบผลการทำงานของวงจรเซ็นเซอร์อุณหภูมิได้ผลดังนี้คือ แอลอีดี 7 ส่วนจะแสดงผลของอุณหภูมิที่รับได้จากชุดทดลอง ปรากฏว่าวงจรสามารถทำงานได้ตามโปรแกรมที่กำหนดไว้

4.3.11 แผงวงจรดีซีมอเตอร์

1) การทดลอง

เป็นแผงวงจรที่ใช้ในการควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยมีไดโอดบริดจ์ 4 ตัวทำหน้าที่ควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ เขียนโปรแกรมการทดลองดังรูปที่ 4.13

	ORG	2000H
PORT_A	EQU	4000H
PORT_B	EQU	4001H
PORT_C	EQU	4002H
PORT_CT	EQU	4003H
	MOV	DPTR,#4003H
	MOV	A,#80H
	MOVX	@DPTR,A
START:	MOV	DPTR,#PORT_A
	MOV	A,#0FAH
	MOVX	@DPTR,A
	ACALL	WAIT
	MOV	DPTR,#PORT_A

รูปที่ 4.13 โปรแกรมการทดลองแผงวงจรดีซีมอเตอร์

	MOV	A,#0FFH
	MOVX	@DPTR,A
	ACALL	WAIT
	MOV	DPTR,#PORT_A
	MOV	A,#0F5H
	MOVX	@DPTR,A
	ACALL	WAIT
	MOV	DPTR,#PORT_A
	MOV	A,#0FFH
	MOVX	@DPTR,A
	ACALL	WAIT
	SJMP	START
DELAY:	MOV	R3,#0FFH
DELAY1:	MOV	R4,#0FFH
	DJNZ	R4,\$
	DJNZ	R3,DELAY1
	RET	
WAIT:	MOV	R0,#17
WAIT1:	ACALL	DELAY
	DJNZ	R0,WAIT1
	RET	
	END	

รูปที่ 4.13 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรดีซีมอเตอร์

2) ผลการทดลอง

จากโปรแกรมที่กำหนดให้ทำการทดสอบผลการทำงานของวงจรดีซีมอเตอร์ได้ผลดังนี้คือ ดีซีมอเตอร์จะหมุนไปซ้าย 1 รอบและขวา 1 รอบสลับกันไปเรื่อยๆ ปรากฏว่าวงจรสามารถทำงานได้ตามโปรแกรมที่กำหนดไว้

4.3.12 แผงวงจรสเต็ปมอเตอร์

1) การทดลอง

เป็นแผงวงจรที่ใช้ในการควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ ซึ่งสามารถควบคุมสเต็ปการหมุนของมอเตอร์ได้เป็นองศาแล้วแต่ตามต้องการ เขียนโปรแกรมการทดลองดังรูปที่ 4.14

	ORG	2000H
PORT_A	EQU	4000H
PORT_B	EQU	4001H
PORT_C	EQU	4002H
PORT_CT	EQU	4003H
	MOV	DPTR,#4003H
	MOV	A,#80H
	MOVX	@DPTR,A
START:	MOV	R1,#012
START1:	MOV	DPTR,#PORT_A
	MOV	A,#11111110B
	MOVX	@DPTR,A
	ACALL	DELAY
	MOV	DPTR,#PORT_A
	MOV	A,#11111101B
	MOVX	@DPTR,A
	ACALL	DELAY
	MOV	DPTR,#PORT_A
	MOV	A,#11111011B
	MOVX	@DPTR,A
	ACALL	DELAY
	MOV	DPTR,#PORT_A
	MOV	A,#11110111B
	MOVX	@DPTR,A
	ACALL	DELAY
	DJNZ	R1,START1
	MOV	R1,#12
START2:	MOV	A,#11110111B
	MOVX	@DPTR,A
	ACALL	DELAY
	MOV	DPTR,#PORT_A
	MOV	A,#11111011B
	MOVX	@DPTR,A
	ACALL	DELAY
	MOV	DPTR,#PORT_A
	MOV	A,#11111101B
	MOVX	@DPTR,A
	ACALL	DELAY
	MOV	DPTR,#PORT_A
	MOV	A,#11111110B
	MOVX	@DPTR,A
	ACALL	DELAY
	DJNZ	R1,START2
	SJMP	START

รูปที่ 4.14 โปรแกรมการทดลองแผงวงจรตีปิ้งมอเตอร์

```

DELAY:          MOV      R3,#0FFH
DELAY1:         MOV      R4,#0FFH
                DJNZ    R4,$
                DJNZ    R3,DELAY1
                RET
                END

```

รูปที่ 4.14 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรสเต็ปปีงมอเตอร์

2) ผลการทดลอง

จากโปรแกรมที่กำหนดให้ทำการทดสอบผลการทำงานของวงจรสเต็ปปีงมอเตอร์ได้ผลดังนี้คือ สเต็ปปีงมอเตอร์จะหมุนไปซ้าย 1 รอบและขวา 1 รอบสลับกันไปเรื่อยๆ ปรากฏว่าวงจรสามารถทำงานได้ตามโปรแกรมที่กำหนดไว้

4.3.13 แผงวงจรสวิทช์

1) การทดลอง

วงจสวิทช์ที่ใช้ในการทดลองนี้จะใช้สวิทช์แบบโยก โดยการต่อวงจรจะป้อนแรงดัน 0 โวลต์หรือส่งลอจิก “0” เมื่อต้องการให้สวิทช์อยู่ในสถานะเปิดและป้อนแรงดัน 5 โวลต์หรือส่งลอจิก “1” เมื่อต้องการให้สวิทช์อยู่ในสถานะปิดเพื่อส่งไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เขียนโปรแกรมการทดลองดังรูปที่ 4.15

```

                ORG      2000H
PORT_A          EQU      4000H
PORT_B          EQU      4001H
PORT_C          EQU      4002H
PORT_CON        EQU      4003H

;*****INT_8255*****
                MOV      DPTR,#PORT_CON
                MOV      A,#81H
                MOVX     @DPTR,A

;*****MAIN*****

```

รูปที่ 4.15 โปรแกรมการทดลองแผงวงจรสวิทช์

J0:	JB	P1.0,J00
	SETB	00H
	ACALL	SENDATA
	SJMP	J1
J00:	CLR	00H
	ACALL	SENDATA
J1:	JB	P1.1,J11
	SETB	01H
	ACALL	SENDATA
	SJMP	J2
J11:	CLR	01H
	ACALL	SENDATA
J2:	JB	P1.2,J22
	SETB	02H
	ACALL	SENDATA
	SJMP	J3
J22:	CLR	02H
	ACALL	SENDATA
J3:	JB	P1.3,J33
	SETB	03H
	ACALL	SENDATA
	SJMP	J4
J33:	CLR	03H
	ACALL	SENDATA
J4:	JB	P1.4,J44
	SETB	04H
	ACALL	SENDATA
	SJMP	J5
J44:	CLR	04H
	ACALL	SENDATA
J5:	JB	P1.5,J55
	SETB	05H
	ACALL	SENDATA
	SJMP	J6
J55:	CLR	05H
	ACALL	SENDATA
J6:	JB	P1.6,J66
	SETB	06H
	ACALL	SENDATA

```

J66:          SJMP      J7
              CLR      06H
              ACALL    SENDATA

J7:           JB       P1.7,J77
              SETB    07H
              ACALL    SENDATA
              SJMP    J8

J77:         CLR      07H
              ACALL    SENDATA

J8:          SJMP      J0

;***** SENDATA *****
SENDATA:     MOV      A,20H
              MOV      DPTR,#PORT_A
              MOVX    @DPTR,A
              ACALL    DELAY
              RET

;***** DELAY *****
DELAY:       MOV      R3,#00H
              DJNZ    R3,$
              RET

              END

```

รูปที่ 4.15 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรสวิทช์

2) ผลการทดลอง

จากโปรแกรมที่กำหนดให้ทำการทดสอบผลการทำงานของวงจรสวิทช์ได้ผลดังนี้คือ เมื่อโยกสวิทช์ตัวที่ 1 ให้อยู่ในสถานะเปิด แอลอีดีดวงที่ 1 จะติดสว่างทำแบบนี้ให้ครบสวิทช์ทั้ง 8 ตัว ผลการทำงานก็คือ แอลอีดีจะติดสว่างทั้ง 8 ดวงแล้วให้ลองโยกสวิทช์ตัวที่ 1 กลับมาให้อยู่ในสถานะปิด แอลอีดีดวงที่ 1 ก็จะดับทำให้ครบสวิทช์ทั้ง 8 ตัวผลการทำงานก็คือ แอลอีดีจะดับทั้ง 8 ดวง ปรากฏว่าวงจรสามารถทำงานได้ตามโปรแกรมที่กำหนดไว้

4.3.14 แผงวงจรคีย์สวิตช์

1) การทดลอง

เป็นแผงวงจรที่มีขนาด 4×3 ใช้เป็นอินพุตเพื่อส่งค่าข้อมูลไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ตามต้องการเขียนโปรแกรมการทดลองดังรูปที่ 4.16

```

                                ORG          2000H
PORT_A          EQU          4000H
PORT_B          EQU          4001H
PORT_C          EQU          4002H
PORT_CON        EQU          4003H
NKEY            EQU          20H

;*****INT_8255*****
                                MOV          DPTR,#PORT_CON
                                MOV          A,#81H
                                MOVX         @DPTR,A

;*****MAIN*****

                                MAIN:        ACALL KEYIN
J0:              MOV          A,NKEY
                                CJNE        A,#0DH,J1
                                MOV          NKEY,#00H
                                ACALL       DISPLAY1
J1:              CJNE        A,#01H,J2
                                ACALL       DISPLAY1
J2:              CJNE        A,#02H,J3
                                ACALL       DISPLAY1
J3:              CJNE        A,#03H,J4
                                ACALL       DISPLAY1
J4:              CJNE        A,#04H,J5
                                ACALL       DISPLAY1
J5:              CJNE        A,#05H,J6
                                ACALL       DISPLAY1
J6:              CJNE        A,#06H,J7
                                ACALL       DISPLAY1
J7:              CJNE        A,#07H,J8
                                ACALL       DISPLAY1
J8:              CJNE        A,#08H,J9
                                ACALL       DISPLAY1
J9:              CJNE        A,#09H,MAIN
                                ACALL       DISPLAY1
                                SJMP        MAIN

```

รูปที่ 4.16 โปรแกรมการทดลองแผงวงจรคีย์สวิตช์

```
;*****DISPLAY1 SHOW ON LED *****
```

```
DISPLAY1:      MOV      A,NKEY
               MOV      DPTR,#PORT_A

               MOVX     @DPTR,A
               RET
```

```
;***** CHECK ROW *****
```

```
KEYIN:         MOV      NKEY,#00H
CHK_R0:         MOV      DPTR,#PORT_C
               MOV      A,#0EFH
               MOVX     @DPTR,A

               MOVX     A,@DPTR
               ANL      A,#0FH
               CJNE     A,#0FH,ROW0_IN
               AJMP     CHK_R1

ROW0_IN:        MOV      NKEY,#01H
               SJMP     CHKCOL

CHK_R1:         MOV      A,#0DFH
               MOVX     @DPTR,A

               MOVX     A,@DPTR
               ANL      A,#0FH
               CJNE     A,#0FH,ROW1_IN
               AJMP     CHK_R2

ROW1_IN:        MOV      NKEY,#04H
               AJMP     CHKCOL

CHK_R2:         MOV      A,#0BFH
               MOVX     @DPTR,A

               MOVX     A,@DPTR
               ANL      A,#0FH
               CJNE     A,#0FH,ROW2_IN
               AJMP     CHK_R3

ROW2_IN:        MOV      NKEY,#07H
               AJMP     CHKCOL

CHK_R3:         MOV      A,#07FH
```

```

MOVX    @DPTR,A
MOVX    A,@DPTR
ANL     A,#0FH
CJNE   A,#0FH,ROW3_IN
AJMP    KEYIN

ROW3_IN:  MOV     NKEY,#0CH
          AJMP    CHKCOL

;*****CHECK COLUMN*****
CHKCOL:  CJNE   A,#0DH,CHK_C0
          MOV    NKEY,#00H

CHK_C0:  MOVX   A,@DPTR
          ANL   A,#0FH
          CJNE A,#0EH,CHK_C1
          MOV   A,NKEY
          ADD   A,#00H
          MOV   NKEY,A
          RET

CHK_C1:  MOVX   A,@DPTR
          ANL   A,#0FH
          CJNE A,#0DH,CHK_C2
          MOV   A,NKEY
          ADD   A,#01H
          MOV   NKEY,A
          RET

CHK_C2:  MOVX   A,@DPTR
          ANL   A,#0FH
          CJNE A,#0BH,CHK_C3

          MOV   A,NKEY
          ADD   A,#02H
          MOV   NKEY,A
          RET

CHK_C3:  MOVX   A,@DPTR
          ANL   A,#0FH
          CJNE A,#07H,NOKEY

          MOV   A,NKEY
          ADD   A,#03H
          MOV   NKEY,A
          RET

```

รูปที่ 4.16 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรคีย์สวิตช์

NOKEY:	LJMP	KEYIN
	END	

รูปที่ 4.16 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรคีย์สวิตช์

2) ผลการทดลอง

จากโปรแกรมที่กำหนดให้ทำการทดสอบผลการทำงานของวงจรคีย์สวิตช์ได้ผลดังนี้คือ เมื่อทำการกดปุ่มสวิตช์ปุ่มใดก็จะแสดงค่าออกทางจอแสดงผลแบบผลึกเหลวตามปุ่มนั้นเช่น กดปุ่มเลข 0 ที่จอแสดงผลแบบผลึกเหลวก็จะแสดงตัวเลข 0 ปรากฏว่าวงจรสามารถทำงานได้ตามโปรแกรมที่กำหนดไว้

4.3.15 แผงวงจรเสียงเตือน

1) การทดลอง

เป็นแผงวงจรที่ใช้ในการแสดงผลการทำงานด้วยเสียง โดยการส่งสัญญาณไปควบคุมออปโตและให้ออปโตควบคุมทรานซิสเตอร์อีกครั้งหนึ่งเพื่อจ่ายกระแสให้กับตัวกำเนิดเสียงหรือไซเรน เขียนโปรแกรมการทดลองดังรูปที่ 4.17

	ORG	2000H
START:	SETB	P1.1
	ACALL	DELAY
	ACALL	DELAY
	ACALL	DELAY
	CPL	P1.1
	SJMP	START
DELAY:	MOV	R3,#0FFH
DELAY1:	MOV	R4,#0FFH
	DJNZ	R4,\$
	DJNZ	R3,DELAY1
	RET	
	END	

รูปที่ 4.17 โปรแกรมการทดลองแผงวงจรเสียงเตือน

2) ผลการทดลอง

จากโปรแกรมที่กำหนดให้ทำการทดสอบผลการทำงานของวงจรเสียงเตือนได้ผลดังนี้คือ ตัวกำเนิดเสียงหรือไซเรนจะดังขึ้น 1 ครั้งแล้วหยุด ทำแบบนี้สลับกันไปเรื่อยๆ ปรากฏว่าวงจรสามารถทำงานได้ตามโปรแกรมที่กำหนดไว้

4.3.16 แผงวงจรรับสัญญาณรีโมท

เป็นแผงวงจรที่ได้ออกแบบเหมือนกับชุดเซ็นเซอร์แสงจึงสามารถทำการทดลองเหมือนกับแผงวงจรเซ็นเซอร์แสงได้

4.3.17 แผงวงจรส่งสัญญาณแสง

เป็นแผงวงจรที่ใช้ร่วมกับชุดเซ็นเซอร์แสงจึงสามารถทำการทดลองเหมือนกับแผงวงจรเซ็นเซอร์แสงได้

4.3.18 แผงวงจรควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับ

1) การทดลอง

เป็นแผงวงจรที่ใช้ควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ซึ่งสามารถรองรับกระแสได้ 12 แอมป์ การควบคุมให้วงจรนำกระแสได้เมื่อส่งลอจิก "0" จากแผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์มาทำการควบคุม ออปโตไดรแอก ซึ่งออปโตไดรแอกจะควบคุมไดรแอกที่รองรับกระแสได้ 12 โวลต์ เขียน โปรแกรมการทดลองดังรูปที่ 4.18

	ORG	2000H
PORT_A	EQU	4000H
PORT_B	EQU	4001H
PORT_C	EQU	4002H
PORT_CON	EQU	4003H
;*****INT_8255*****		
	MOV	DPTR,#PORT_CON
	MOV	A,#81H
	MOVX	@DPTR,A
;*****MAIN*****		
J0:	JB	P1.0,J00
	CLR	00H
	ACALL	SENDATA
	SJMP	J1

รูปที่ 4.18 โปรแกรมการทดลองแผงวงจรควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับ

J00:	SETB ACALL	00H SENDATA
J1:	JB CLR ACALL SJMP	P1.1,J11 01H SENDATA J2
J11:	SETB ACALL	01H SENDATA
J2:	JB CLR ACALL SJMP	P1.2,J22 02H SENDATA J3
J22:	SETB ACALL	02H SENDATA
J3:	JB CLR ACALL SJMP	P1.3,J33 03H SENDATA J4
J33:	SETB ACALL	03H SENDATA
J4:	JB CLR ACALL SJMP	P1.4,J44 04H SENDATA J5
J44:	SETB ACALL	04H SENDATA
J5:	JB CLR ACALL SJMP	P1.5,J55 05H SENDATA J6
J55:	SETB ACALL	05H SENDATA
J6:	JB CLR ACALL SJMP	P1.6,J66 06H SENDATA J7
J66:	SETB ACALL	06H SENDATA

รูปที่ 4.18 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับ

```

                CLR        07H
                ACALL     SENDATA
                SJMP     J8
J77:           SETB     07H
                ACALL     SENDATA

J8:            SJMP     J0

;***** SENDATA *****
SENDATA:      MOV        A,20H
                MOV        DPTR,#PORT_A
                MOVX     @DPTR,A
                MOV        DPTR,#PORT_B
                MOVX     @DPTR,A
                ACALL     DELAY
                RET

;***** DELAY *****
DELAY:        MOV        R3,#00H
                DJNZ     R3,$
                RET

                END

```

รูปที่ 4.18 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับ

2) ผลการทดลอง

จากโปรแกรมที่กำหนดให้ทำการทดสอบผลการทำงานของวงจรควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับ ได้ผลดังนี้คือ เมื่อกดสวิตช์ตัวที่ 1 หลอดไฟขนาด 220 โวลต์ดวงที่ 1 ดิดเมื่อกดสวิตช์ตัวที่ 2 หลอดไฟดวงที่ 2 ก็จะติด ซึ่งจะได้ผลแบบนี้กับหลอดไฟทั้ง 8 ดวง ปรากฏว่าวงจรสามารถทำงานได้ตามโปรแกรมที่กำหนดไว้

4.3.19 แผงวงจรอักษรมูน

1) การทดลอง

เป็นแผงวงจรที่ใช้ในการแสดงผลการทำงานตามการหมุนของมอเตอร์ โดยจะประกอบไปด้วย แอลอีดีจำนวน 8 ดวง การส่งข้อมูลมายังแอลอีดีจะใช้การส่งโดยไอซีเบอร์ PCF8574A ซึ่งมีการติดต่อแบบ I²C เขียนโปรแกรมการทดลองดังรูปที่ 4.19

```

PORT_A          EQU          4000H
PORT_B          EQU          4001H
PORT_C          EQU          4002H
PORT_CON        EQU          4003H

FLAG            EQU          02FH
I2C_ACK         BIT          FLAG.0

I2C_DATA        EQU          03CH
I2C_ADDR        EQU          03DH
SDA             BIT          P1.6
SCL             BIT          P1.7

PCF574_ID       EQU          01110000B

;*****INITIAL 8255*****
                                ORG          2000H
                                MOV          A,#80H
                                MOV          DPTR,#PORT_CON
                                MOVX         @DPTR,A

;*****MAIN PROGRAM *****
START:
                                MOV          I2C_ADDR,#PCF574_ID
                                ACALL        I2C_SLAVE
                                MOV          I2C_DATA,#00H
                                ACALL        I2C_DATA_WR
                                ACALL        DELAY
                                ACALL        DELAY
                                MOV          I2C_DATA,#0FFH
                                ACALL        I2C_DATA_WR
                                ACALL        DELAY
                                ACALL        DELAY
                                SJMP        START

;***** I2C_SLAVE *****
I2C_SLAVE:
                                PUSH        ACC
                                SETB        I2C_ACK
                                MOV          A,I2C_ADDR
                                ACALL        I2C_START
                                MOV          R5,#008

```

รูปที่ 4.19 โปรแกรมการทดลองแผงวงจรอักขรหมุน

```

I2C_SLAVE_1:      RLC          A
                  MOV          SDA,C
                  ACALL        I2C_CLK
                  DJNZ        R5,I2C_SLAVE_1
                  SETB        SDA
                  ACALL        I2C_DELAY
                  SETB        SCL
                  ACALL        I2C_DELAY
                  JB          SDA,I2C_SLAVE_2
                  CLR          I2C_ACK

I2C_SLAVE_2: CLR  SCL
                  POP          ACC
                  RET

;*****I2C_DATA_WR*****

I2C_DATA_WR:      PUSH          ACC
                  SETB        I2C_ACK
                  MOV          A,I2C_DATA
                  MOV          R5,#008

I2C_DATA_WR1:     RLC          A
                  MOV          SDA,C
                  ACALL        I2C_CLK
                  DJNZ        R5,I2C_DATA_WR1
                  SETB        SDA
                  ACALL        I2C_DELAY
                  SETB        SCL
                  ACALL        I2C_DELAY
                  JB          SDA,I2C_DATA_WR2
                  CLR          I2C_ACK

I2C_DATA_WR2:     CLR          SCL
                  POP          ACC
                  RET

;*****I2C_DATA_RD *****

I2C_DATA_RD:      PUSH          ACC
                  CLR          A
                  MOV          R5,#008

I2C_DATA_RD1:     ACALL        I2C_DELAY
                  SETB        SCL
                  ACALL        I2C_DELAY
                  MOV          C,SDA
                  RLC          A
                  CLR          SCL

```

รูปที่ 4.19 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรอักษรมุม

```

                                DJNZ      R5,I2C_DATA_RD1
                                MOV       I2C_DATA,A
                                POP       ACC
                                RET

;*****I2C_ACK_BIT*****
I2C_ACK_BIT:                   CLR       SDA
                                ACALL    I2C_DELAY
                                ACALL    I2C_CLK
                                SETB    SDA
                                RET

;*****I2C_NACK_BIT*****
I2C_NACK_BIT:                  SETB    SDA
                                ACALL    I2C_DELAY
                                ACALL    I2C_CLK
                                SETB    SCL
                                RET

;*****I2C_STOP*****
I2C_STOP:                      JNB     SCL,I2C_STOP1
                                CLR      SCL

I2C_STOP1:                     CLR     SDA
                                ACALL    I2C_DELAY
                                SETB    SCL
                                ACALL    I2C_DELAY
                                SETB    SDA
                                RET

;*****I2C_START*****
I2C_START:                     JNB     SCL,I2C_START1
                                CLR      SCL

I2C_START1:                    SETB   SDA
                                SETB   SCL
                                ACALL  I2C_DELAY
                                CLR    SDA
                                ACALL  I2C_DELAY
                                CLR    SCL
                                RET

;*****I2C_CLK*****

```

รูปที่ 4.19 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรอักษรหมุน

```

I2C_CLK:          ACALL      I2C_DELAY
                  SETB      SCL
                  ACALL      I2C_DELAY
                  CLR       SCL
                  RET

;*****I2C_DELAY*****

I2C_DELAY:        MOV       R3,#02H
I2C_DELAY1:       NOP
                  NOP
                  DJNZ      R3,I2C_DELAY1
                  RET

DELAY:           MOV       TMOD,#11H
                  MOV       TH1,#00H
                  MOV       TL1,#00H
WAI:             SETB      TR1
                  JNB       TF1,WAI
                  CLR       TF1
                  CLR       TR1
                  RET

                  END

```

รูปที่ 4.19 (ต่อ) โปรแกรมการทดลองแผงวงจรอักษรหมุน

2) ผลการทดลอง

จากโปรแกรมที่กำหนดให้ทำการทดสอบผลการทำงานของวงจรอักษรหมุนได้ผลดังนี้คือ แอลอีดีจะกระพริบติด-ดับสลับกันไป โดยขณะที่ทำงานยังไม่ได้มีการสั่งให้มอเตอร์หมุนแต่เป็นการทดสอบการทำงานของแอลอีดีอย่างเดียว ปรากฏว่าวงจรสามารถทำงานได้ตามโปรแกรมที่กำหนดไว้

4.3.20 แผงวงจรขั้วตีซีมอเตอร์ของหุ่นยนต์เดินตามเส้น

เนื่องจากการออกแบบวงจรนี้จะใช้วงจรเดียวกันกับวงจรตีซีมอเตอร์ ซึ่งสามารถทดลองวงจรได้เหมือนกับการทดลองวงจรตีซีมอเตอร์ ผลการทดลองที่ได้ก็จะเหมือนกับการทดลองวงจรตีซีมอเตอร์

บทที่ 5

บทสรุป

5.1 สรุป

ชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นชุดทดลองที่ประกอบด้วย ชุดทดลองโปรแกรม และใบงานการทดลองที่ใช้ในการทดลอง

ชุดทดลองจะประกอบไปด้วยชุดพื้นฐาน ซึ่งจะแบ่งออกเป็นส่วนของชุดการแสดงผลเช่น แอลอีดี แอลอีดี 7 ส่วน จอแสดงผลแบบผลึกเหลว แอลอีดีแบบคอปเมตริกซ์ ส่วนของชุดวงจรเซ็นเซอร์เช่น เซ็นเซอร์แสง เซ็นเซอร์สี และเซ็นเซอร์อุณหภูมิ ส่วนของชุดวงจรมอเตอร์เช่น ดีซีมอเตอร์ สเต็ปปีงมอเตอร์ และส่วนของการประยุกต์ใช้งานเป็นชุดที่แสดงให้เห็นถึงการนำไมโครคอนโทรลเลอร์ไปใช้งานจริง ซึ่งประกอบด้วย หุ่นยนต์เดินตามเส้น นาฬิกาวัฏจักรและควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า ระบบรักษาความปลอดภัยในบ้าน และเครื่องสร้างตัวอักษรด้วยการหมุน

โปรแกรมจะเป็นส่วนที่ใช้ประกอบกับการทดลองควบคู่ไปกับชุดทดลองที่สร้างขึ้น ซึ่งเน้นตั้งแต่เรื่องของการเขียน โปรแกรมขั้นพื้นฐานจนถึงขั้นการประยุกต์

ใบงานการทดลองก็จะแบ่งเป็นใบงานหลักๆ 12 ใบงานด้วยกัน โดยแบ่งออกเป็นส่วนของชุดการแสดงผล 3 ใบงาน ชุดวงจรเซ็นเซอร์ 3 ใบงาน ชุดวงจรมอเตอร์ 2 ใบงาน และชุดของการประยุกต์ 4 ใบงาน โดยจะเรียงลำดับจากพื้นฐานง่ายๆ ไปจนถึงขั้นประยุกต์ใช้งานที่ยากขึ้น ซึ่งผู้ที่ศึกษาจะสามารถศึกษาและทำความเข้าใจได้ง่ายสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานจริงได้

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

จากการดำเนินการสร้างและทดสอบ โครงการปรากฏว่ามีปัญหาเกิดขึ้นหลายประการ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ปัญหา ความล่าช้าในการออกแบบวงจร เนื่องจากชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 นี้เป็นชุดทดลองตั้งแต่ขั้นพื้นฐานจนถึงขั้นประยุกต์ใช้งานทำให้มีเนื้อหาค่อนข้างมากและในส่วนที่เป็นการประยุกต์ใช้งานนั้นจะต้องใช้อุปกรณ์อื่นๆ มาประกอบด้วยเช่น รีโมทคอนโทรล ไอซีตรวจวัฏจักรอุณหภูมิ ไอซีสร้างฐานเวลา ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้มีรูปแบบหรือการโปรโตคอลที่แตกต่างกัน เช่น ไอซีตรวจวัฏจักรอุณหภูมิตัดต่อกับโปรโตคอลแบบสายสัญญาณเส้นเดียว ไอซีฐานเวลาตัดต่อกับโปรโตคอลแบบ I²C บัส

แนวทางแก้ไข แบ่งงานกันศึกษาโปรโตคอลที่ใช้ในการติดต่อแบบต่างๆ และอุปกรณ์ประยุกต์อื่นๆ เพื่อให้สามารถเข้าใจและสามารถเขียนโปรแกรมได้เร็วขึ้น

2. ปัญหา ในขอบเขตของโครงการนี้ได้ระบุว่าในการทำชุดประยุกต์นั้นจะใช้แผงวงจรพื้นฐานมาต่อร่วมกัน แต่เมื่อปฏิบัติจริงไม่สามารถนำมาใช้งานได้เนื่องจากแผงวงจรมีขนาดใหญ่และมีขนาดไม่เหมาะสม

แนวทางแก้ไข สร้างแผงวงจรที่ใช้วงจรเดียวกันแต่สร้างขนาดและโครงสร้างให้เหมาะสมกับที่จะนำไปประยุกต์ใช้งาน

3. ปัญหา ในขั้นตอนการทดสอบวงจรจะใช้วิธีการโยงสายด้วยบอร์ดคอนเนกประสงค์ทำให้เวลาทดลองเกิดข้อผิดพลาดค่อนข้างมาก เนื่องจากการโยงสายด้วยบอร์ดคอนเนกประสงค์ไม่ทนทานเวลาเคลื่อนย้ายชุดทดลองอาจทำให้สายโยงหลุดหรือสายแตะกัน ซึ่งทำให้ผลที่ได้จากการทดลองวงจรผิดพลาดทำให้เสียเวลาในการตรวจสอบหาจุดผิดพลาด

แนวทางแก้ไข ใช้กระดาษปิดด้านหลังของแผงวงจรตรงส่วนที่มีการโยงสายและใช้เทปใสปิดทับอีกครั้งเพื่อป้องกันการหลุดของสายโยงในกรณีที่มีการเคลื่อนย้ายชุดทดลอง หลังจากทดสอบและได้ผลการทดลองเป็นที่ถูกต้องตามต้องการแล้วก็ทำการสร้างแผงวงจรที่มีลายวงจรในตัวเพื่อลดปัญหาสายโยงหลุดไว้สำหรับใช้งานจริง

4. ปัญหา ในส่วนของชุดรีโมทคอนโทรลในโครงการนี้ได้ใช้รีโมททรานส์มิชชั่นของไคสตาร์ ซึ่งส่งสัญญาณแบบอนุกรมทำให้ไม่ทราบจำนวนข้อมูลและอัตราการรับส่งข้อมูลที่ส่งออกไป ทำให้ค่อนข้างยุ่งยากในการเขียนโปรแกรมในส่วนของารรับสัญญาณ

แนวทางแก้ไข ใช้ฮอสซิลโลสโคปความถี่สูงตรวจจับรูปคลื่นสัญญาณที่ตัวรับรับได้ในขณะที่กรีโมทอยู่เพื่อให้ทราบอัตราการรับส่งข้อมูล

5.3 แนวทางการพัฒนา

1. ชุดทดลองนี้ใช้หน่วยความจำแบบ RAM ทำให้สามารถเก็บข้อมูลได้ในกรณีที่มีไฟเลี้ยงจ่ายอยู่เท่านั้น ถ้าถอดไฟเลี้ยงออกจะทำให้ข้อมูลในหน่วยความจำหาย ทำให้ต้องส่งข้อมูลในคอมพิวเตอร์ไปใหม่ทำให้ไม่สะดวกในการใช้กับชุดประยุกต์ต่างๆ จึงควรพัฒนาให้ใช้หน่วยความจำที่สามารถเก็บข้อมูลได้ในขณะที่ไม่มีไฟเลี้ยง

2. การเพิ่มชุดทดลองในส่วนของารประยุกต์ใช้งานให้มากขึ้นเพื่อให้ผู้ที่ศึกษาได้นำไปใช้งานในขั้นประยุกต์ได้หลากหลายยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

บัณฑิต จามรภูติ. คู่มือการใช้งาน Protel 99. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ บัณฑิต. 2546

วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์

MCS-51 แบบเฟลช. กรุงเทพฯ : บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเม้นต์จำกัด. 2545

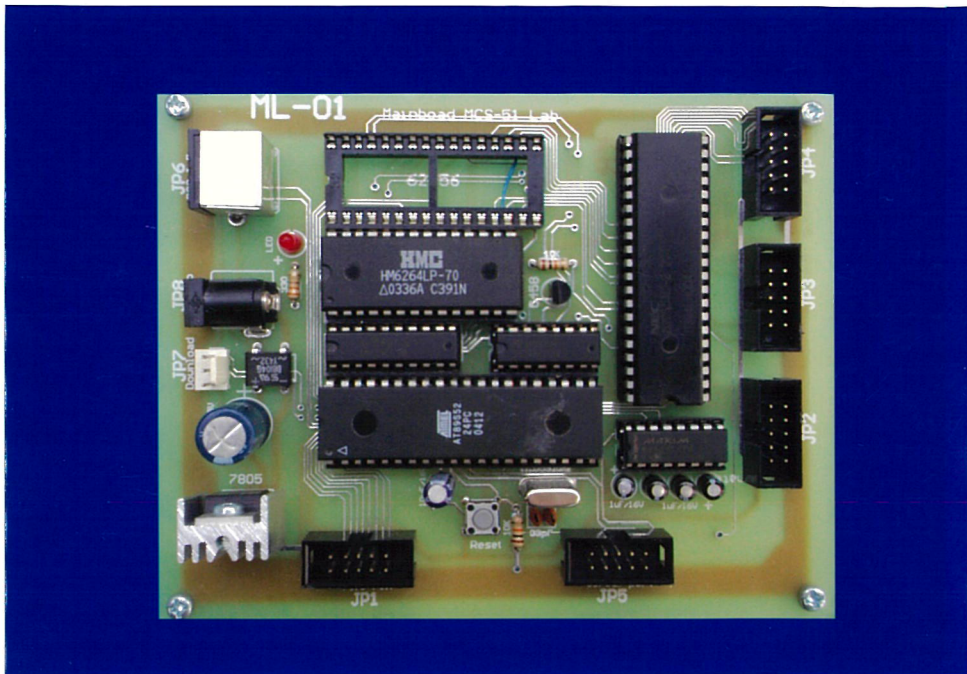
ธีรวัฒน์ ประกอบผล. การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : พิมพ์ดี.

2544

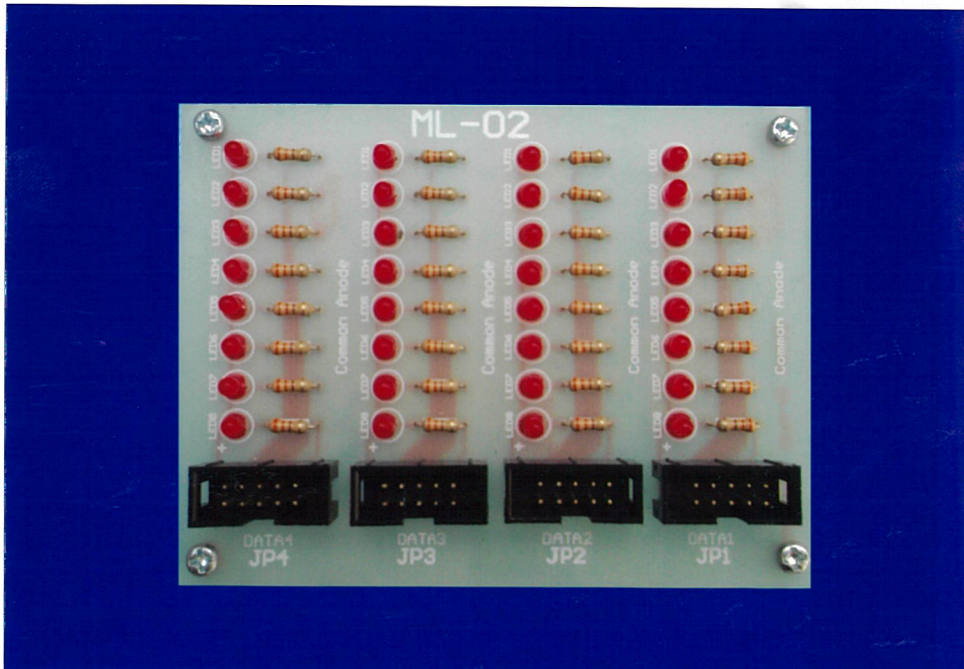
ธีรวัฒน์ ประกอบผล. ประมวลผลภาษาแอสเซมบลีสำหรับ MCS-51. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ :

ทีเอสบีโปรดักส์. 2547

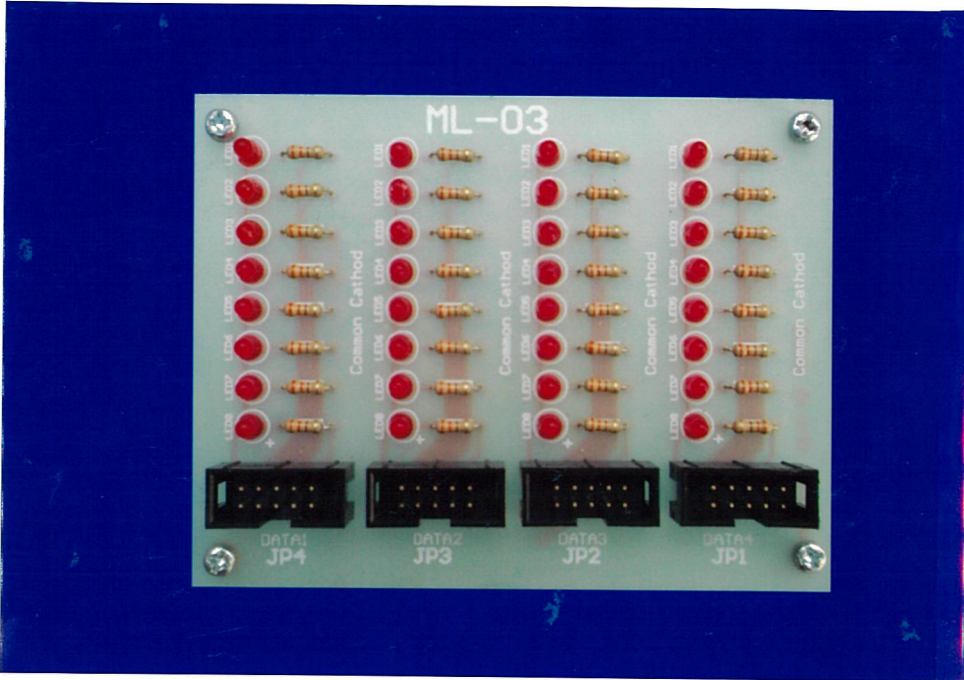
ภาคผนวก ก
รูปแผนวงจร



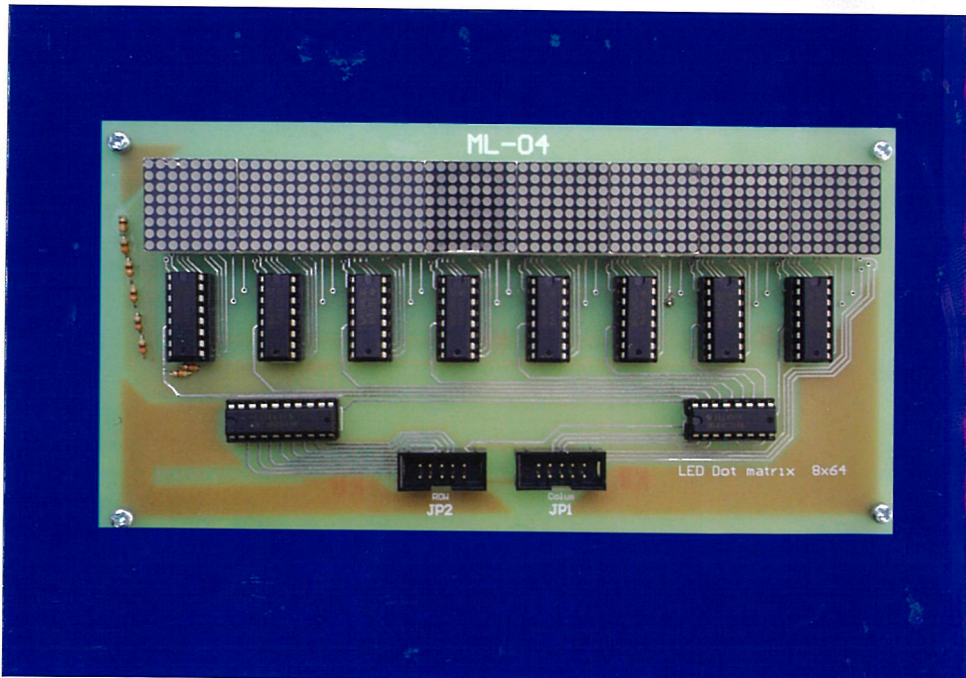
รูปที่ ก.1 แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51



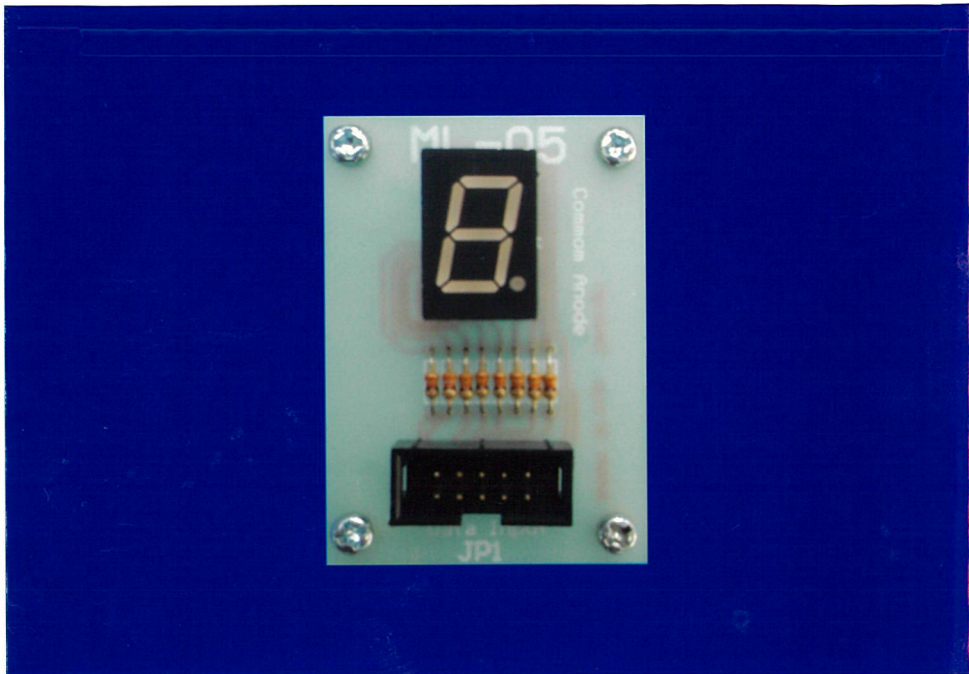
รูปที่ ก.2 แผงวงจรแอลอีดีแบบแอนโนดร่วม



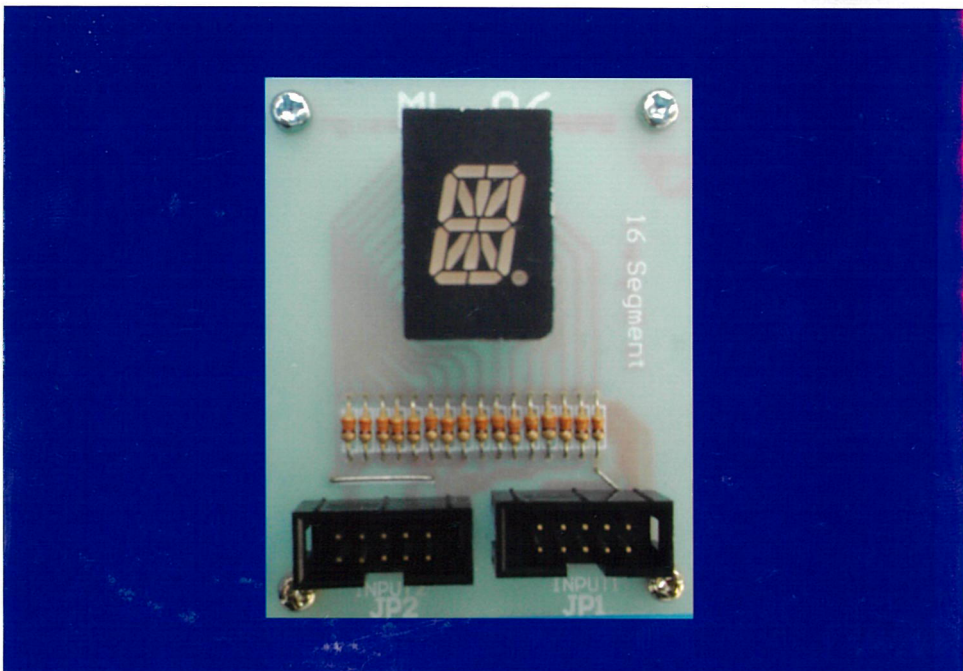
รูปที่ ก.3 แผงวงจรแอลอีดีแบบแคโทดร่วม



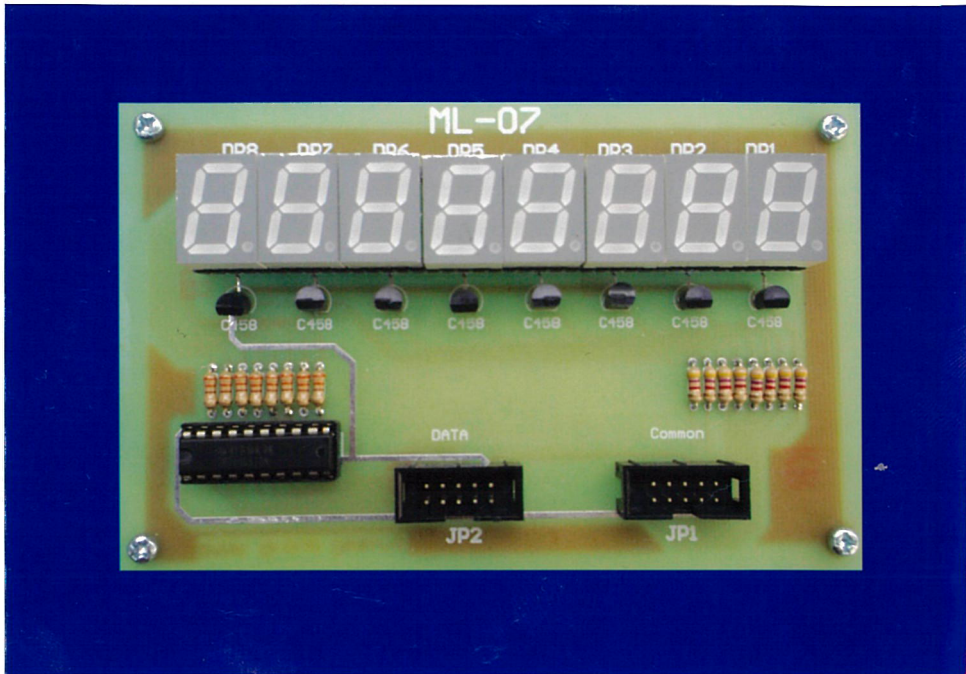
รูปที่ ก.4 แผงวงจรแอลอีดีแบบคอตเมตริกซ์



รูปที่ ก.5 แผงวงจรแอลอีดี 7 ส่วนแบบหลักเดียว



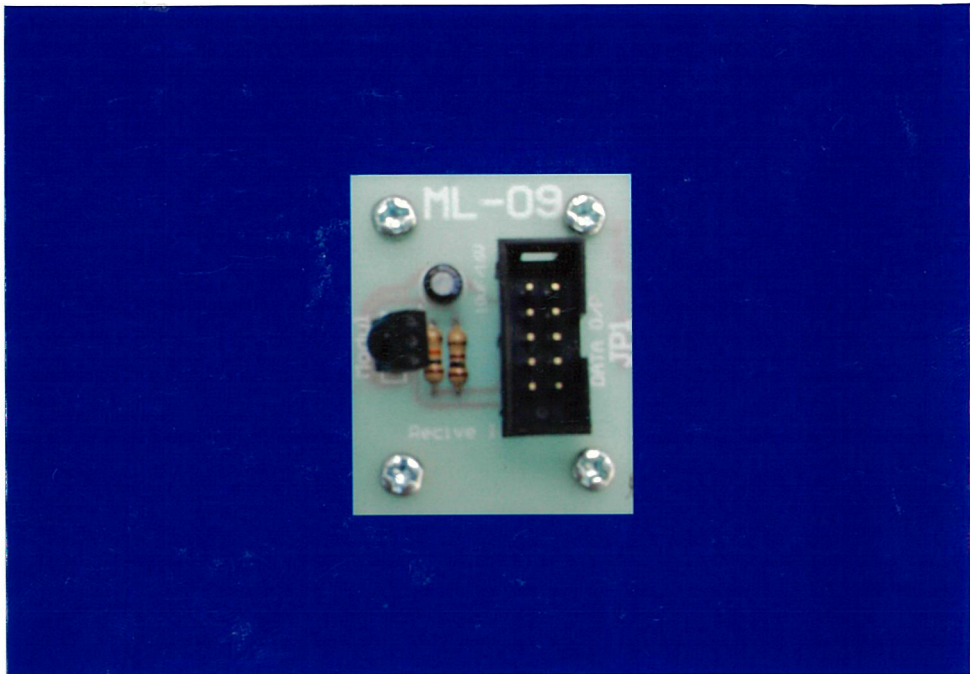
รูปที่ ก.6 แผงวงจรแอลอีดี 16 ส่วนแบบหลักเดียว



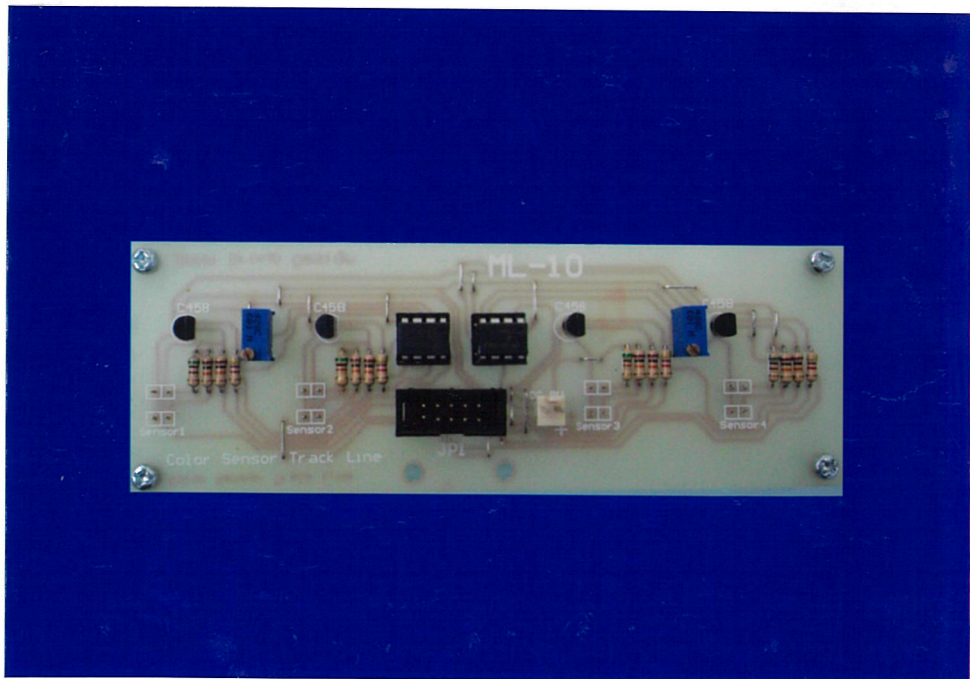
รูปที่ ก.7 แผงวงจรแอลอีดี 7 ส่วนแบบมัลติเพล็กซ์



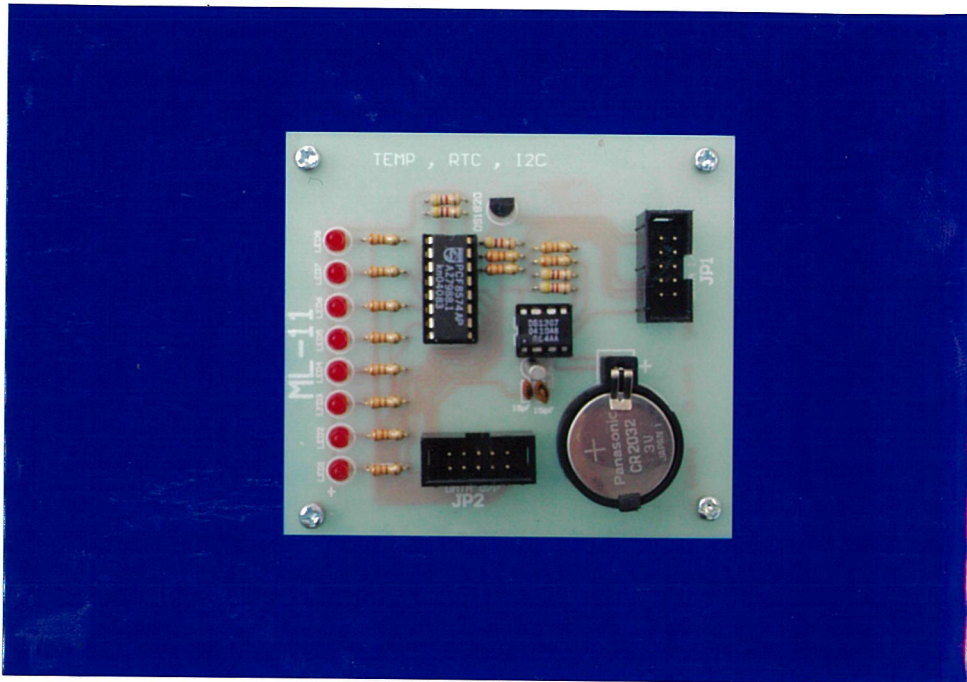
รูปที่ ก.8 แผงวงจรจอแสดงผลแบบผลึกเหลว



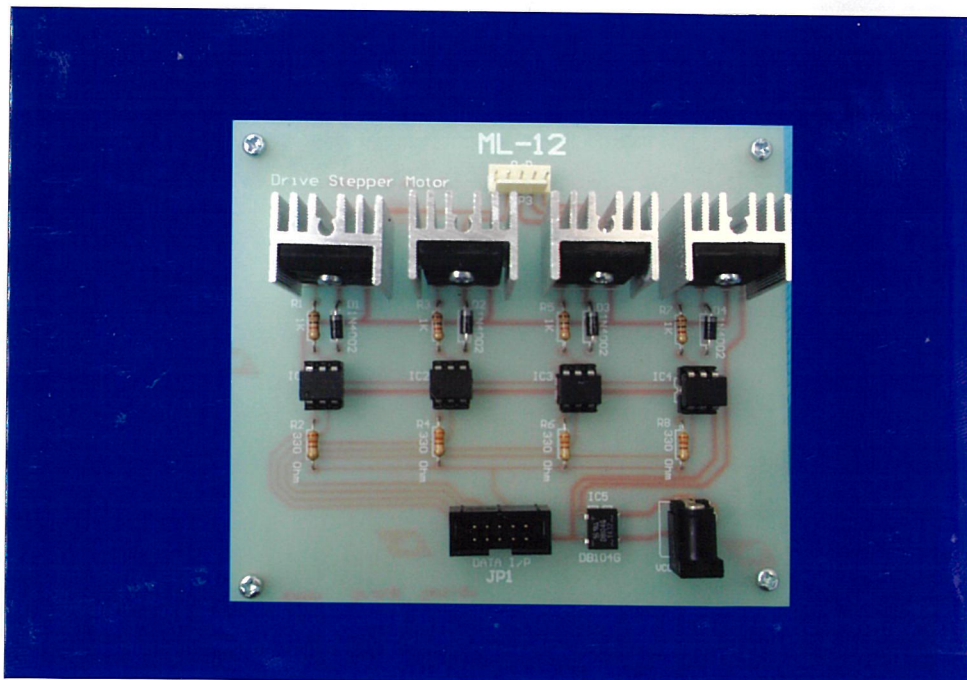
รูปที่ ก.9 แผงวงจรเซ็นเซอร์แสง



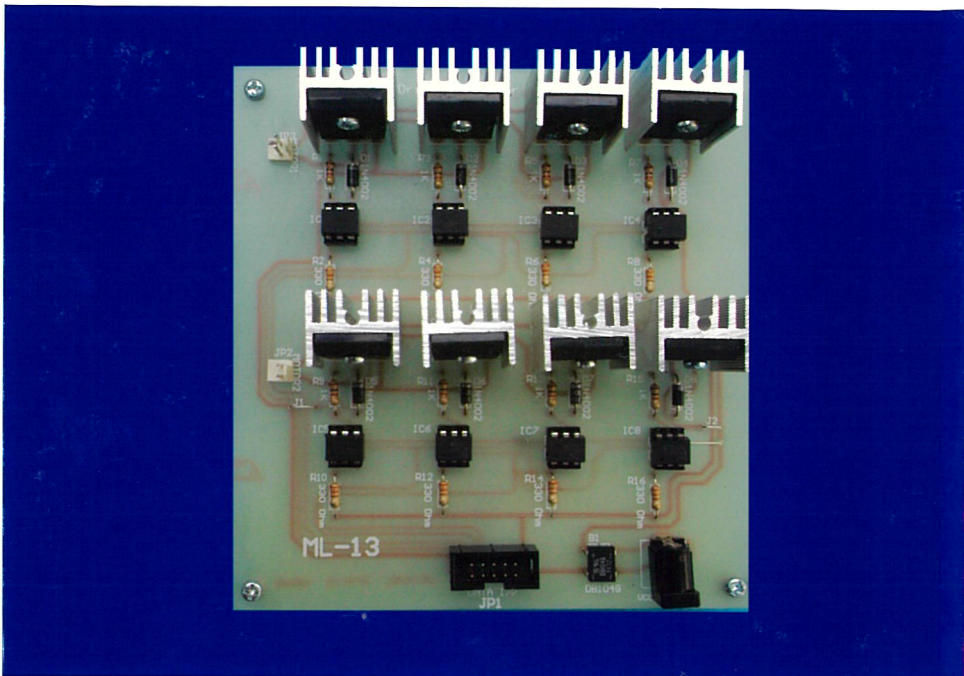
รูปที่ ก.10 แผงวงจรเซ็นเซอร์สี



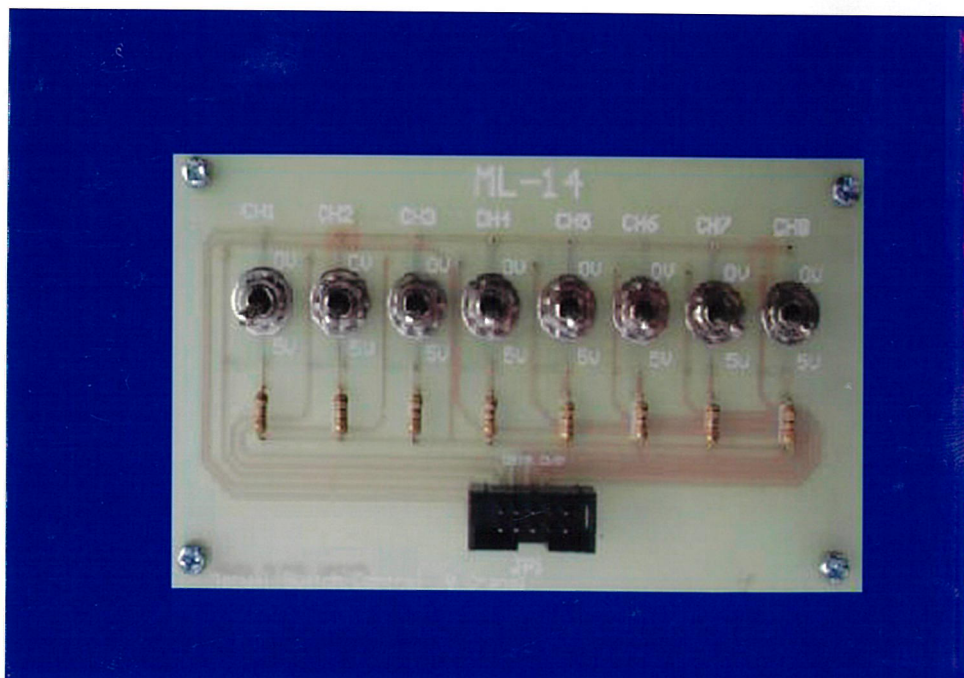
รูปที่ ก.11 แผงวงจรเซ็นเซอร์อุณหภูมิ



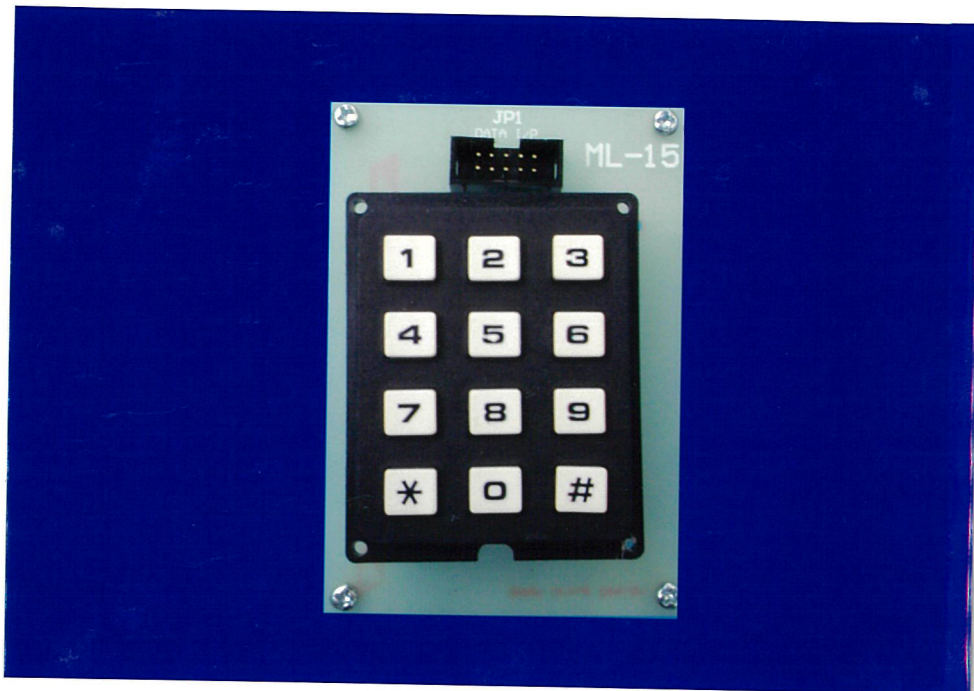
รูปที่ ก.12 แผงวงจรตีปิ้งมอเตอร์



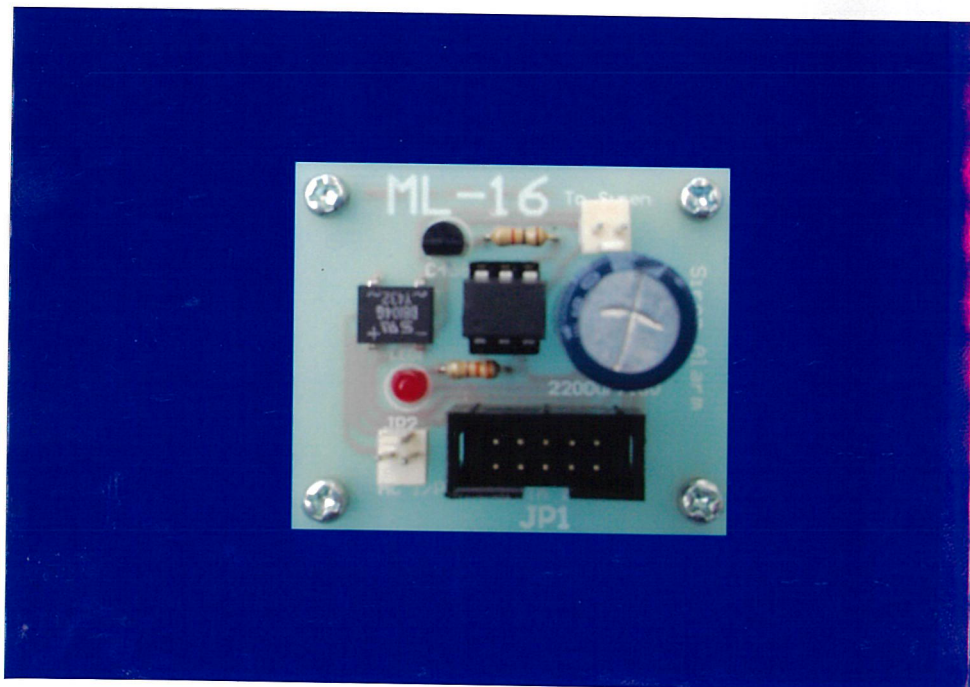
รูปที่ ก.13 แผงวงจรคีชีมอเตอร์



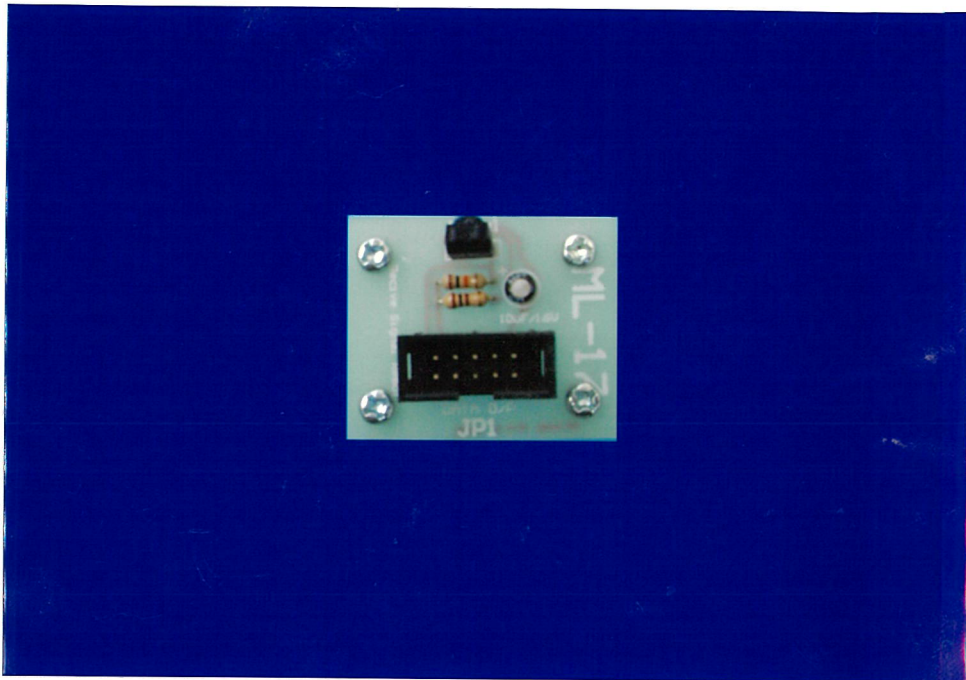
รูปที่ ก.14 แผงวงจรสวิตซ์



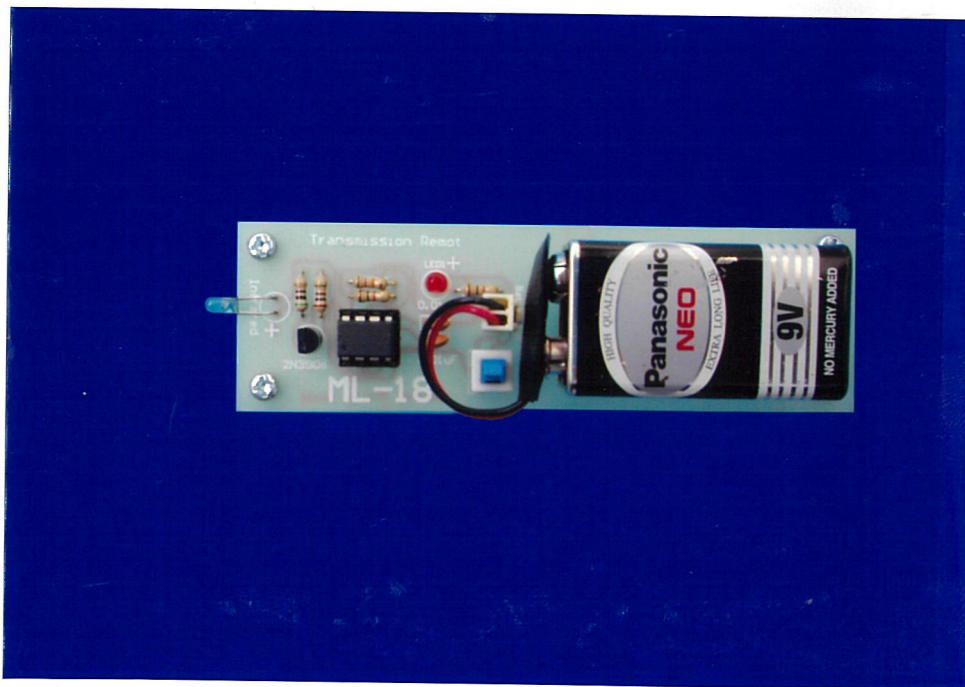
รูปที่ ก.15 แผงวงจรคีย์สวิตช์



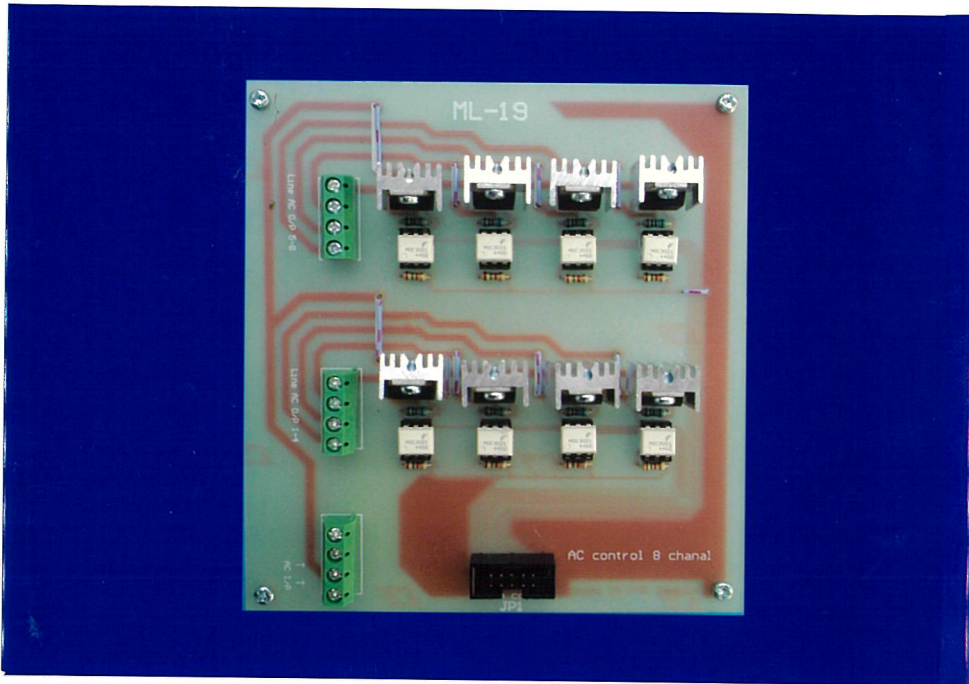
รูปที่ ก.16 แผงวงจรเสียงเตือน



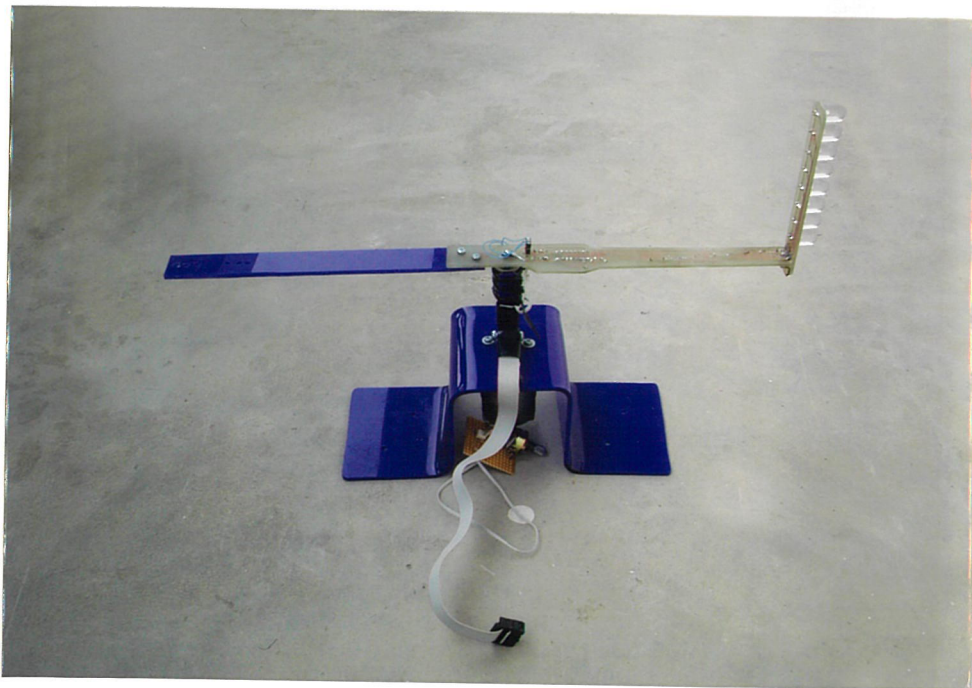
รูปที่ ก.17 แผงวงจรรับสัญญาณรีโมท



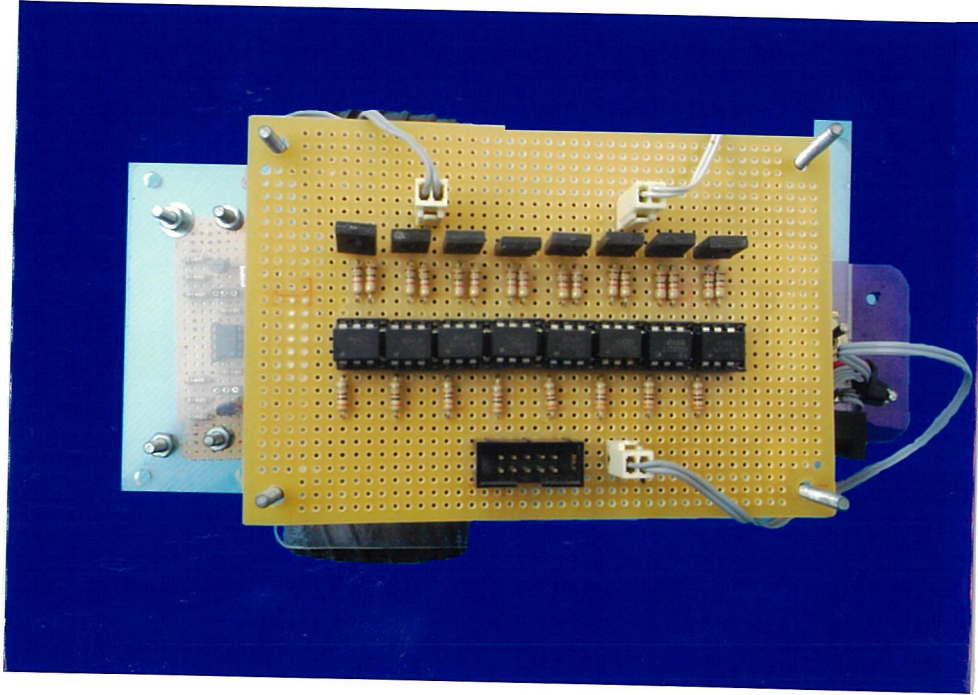
รูปที่ ก.18 แผงวงจรส่งสัญญาณแสง



รูปที่ ก.19 แผงวงจรควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับ

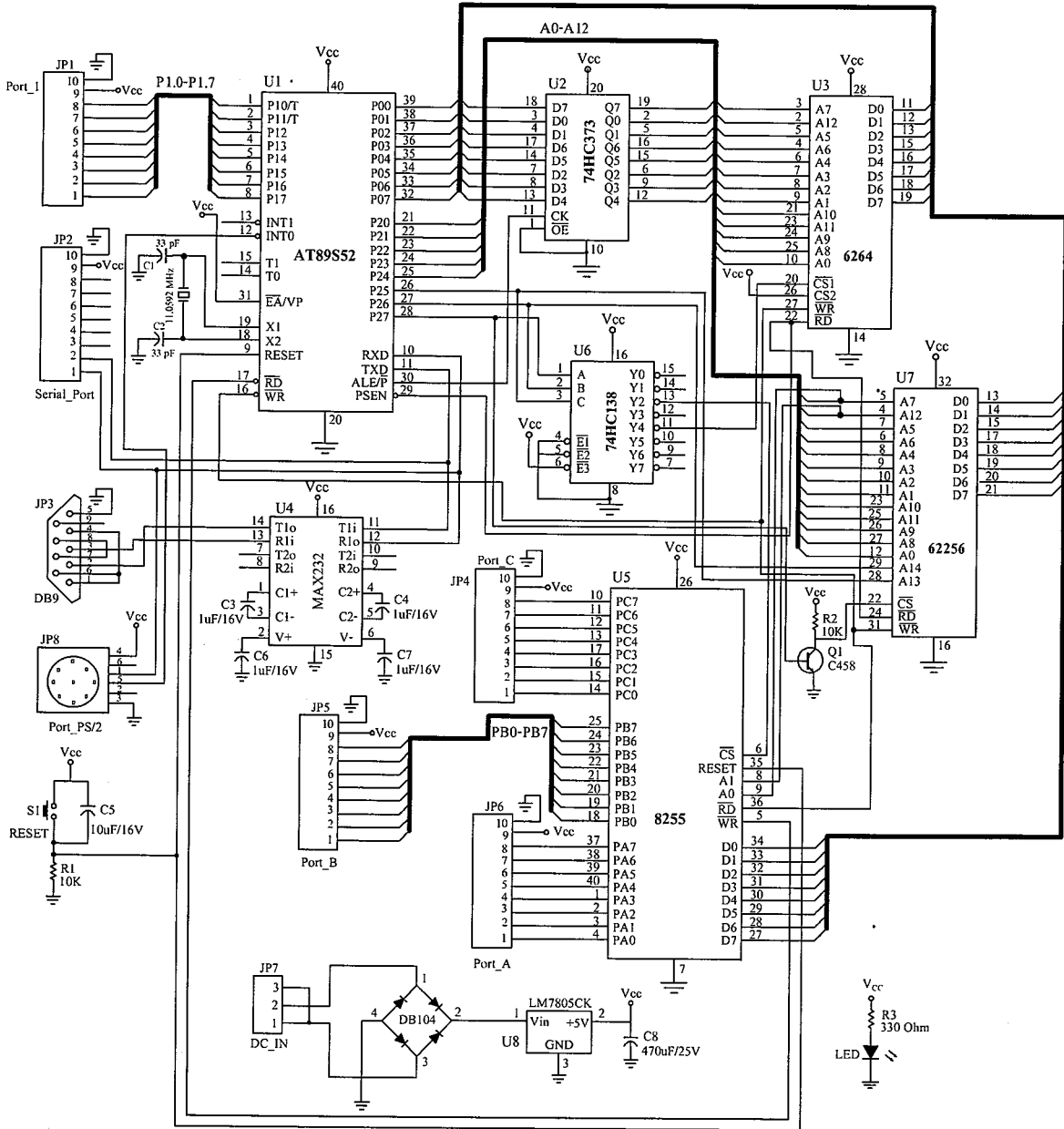


รูปที่ ก.20 แผงวงจรอักษรมอน

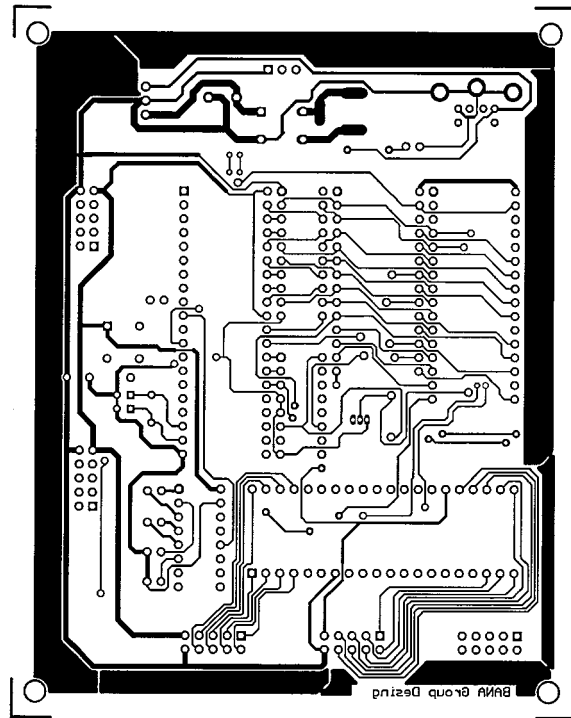


รูปที่ ก.21 แผงวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ของหุ่นยนต์เดินตามเส้น

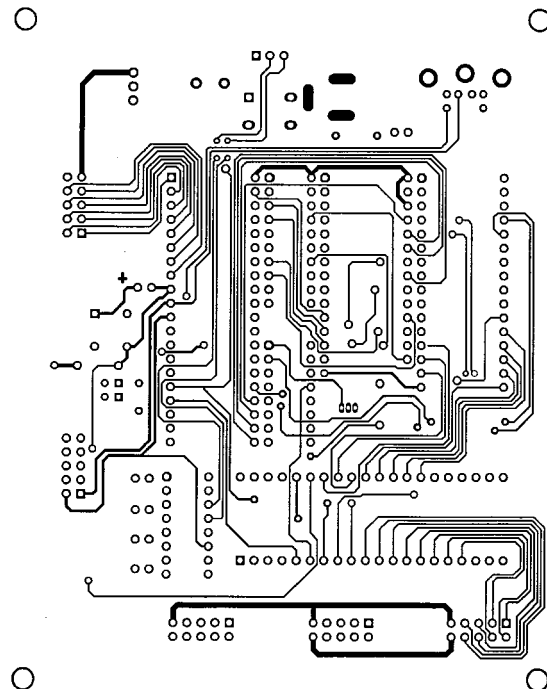
ภาคผนวก ข
วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์



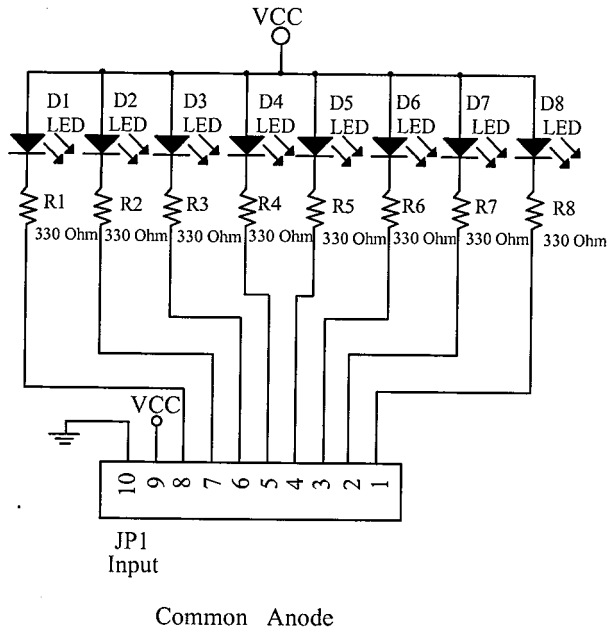
รูปที่ ข.1 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51



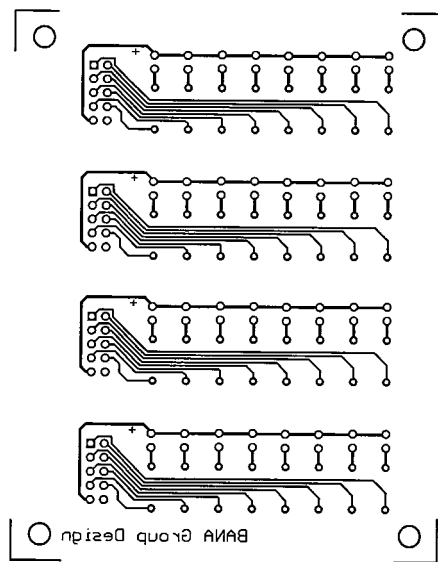
รูปที่ ข.2 แผ่นวงจรพิมพ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 (ด้านหลัง)



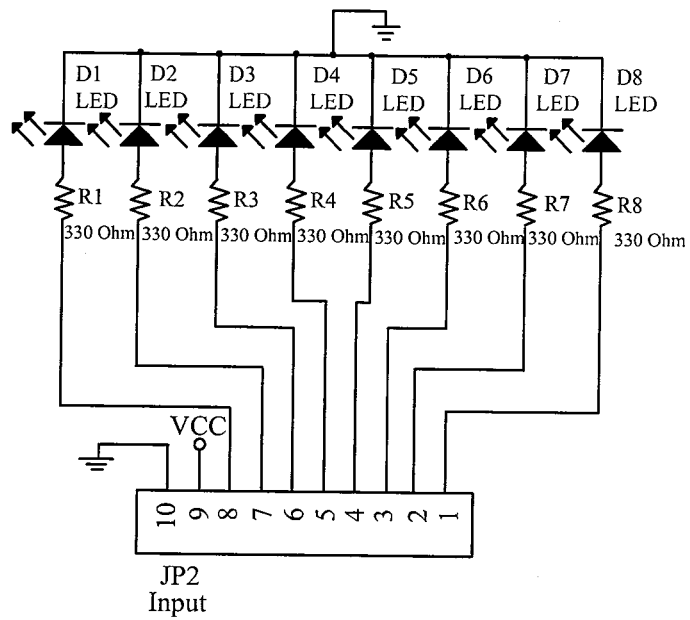
รูปที่ ข.3 แผ่นวงจรพิมพ์ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 (ด้านหน้า)



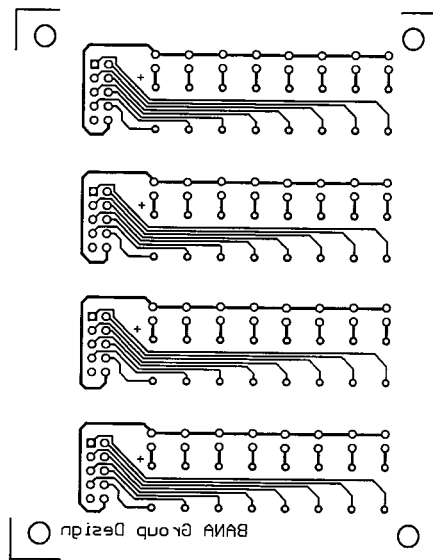
รูปที่ ข.4 วงจรแอลอีดีแบบแอนโอดร่วม



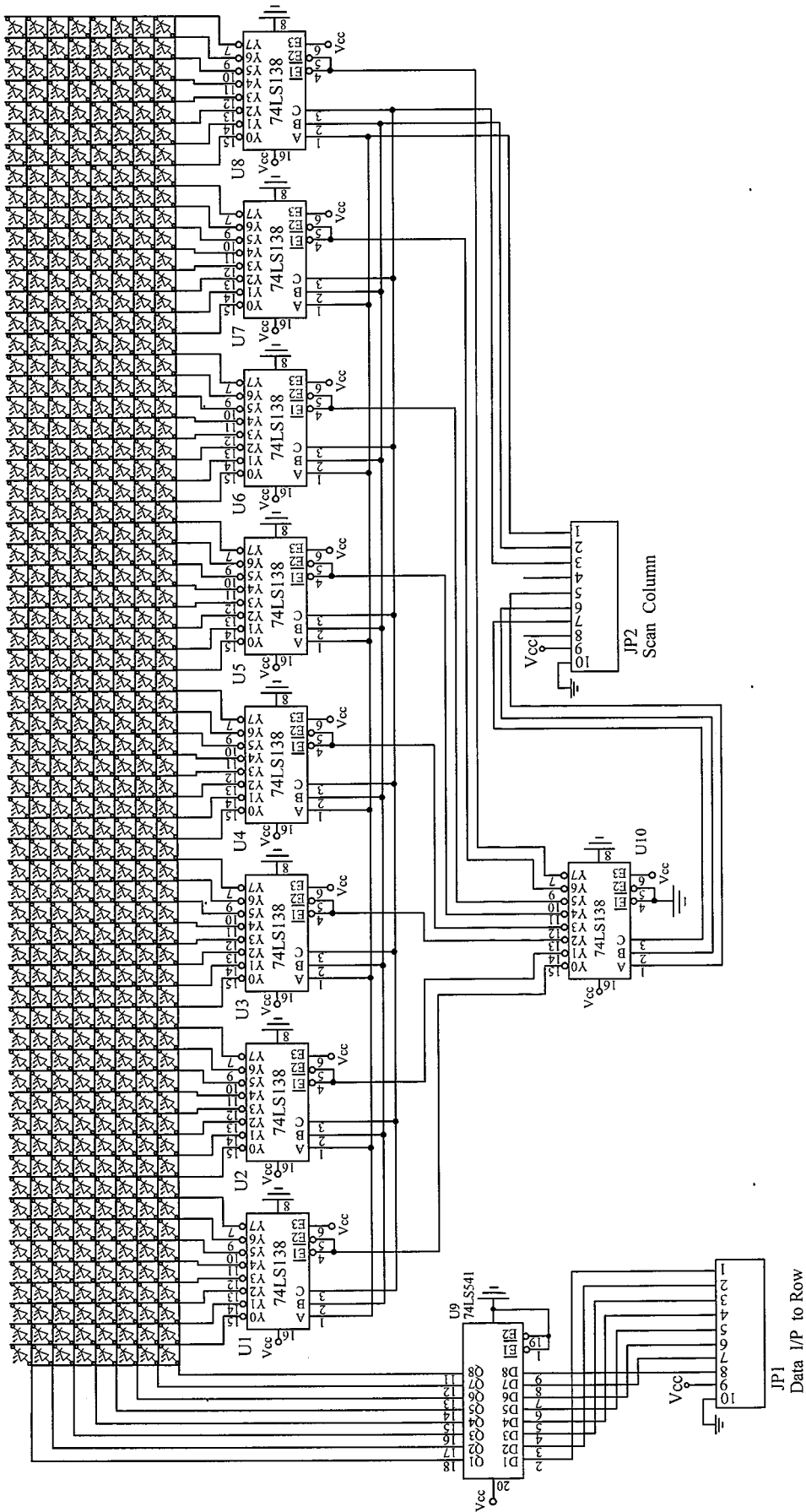
รูปที่ ข.5 แผ่นวงจรพิมพ์แอลอีดีแบบแอนโอดร่วม



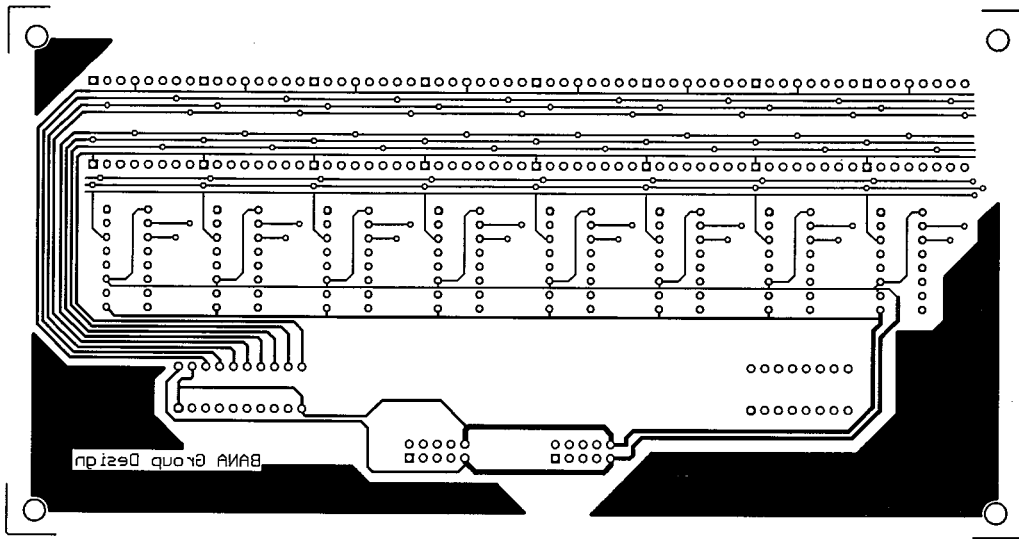
รูปที่ ข.6 วงจรแอลอีดีแบบแคโทดร่วม



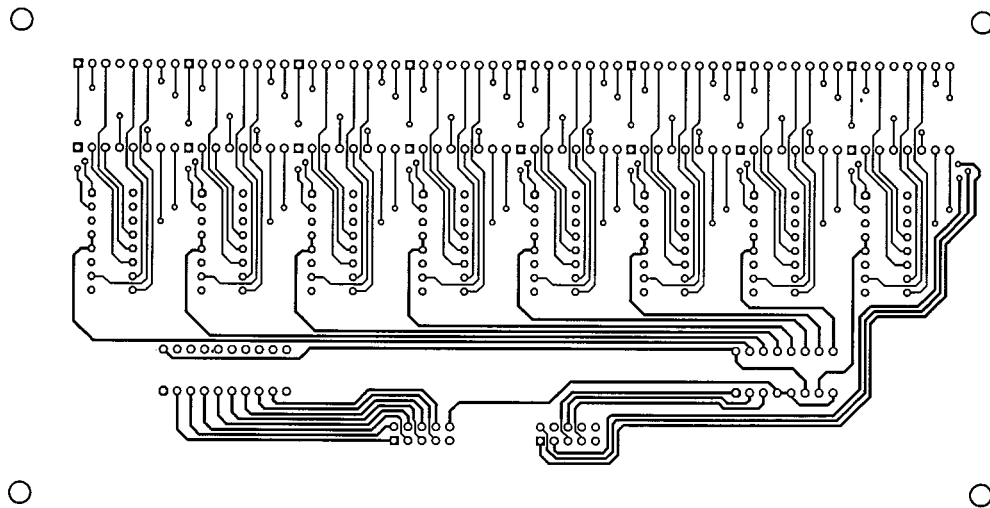
รูปที่ ข.7 แผ่นวงจรพิมพ์แอลอีดีแบบแคโทดร่วม



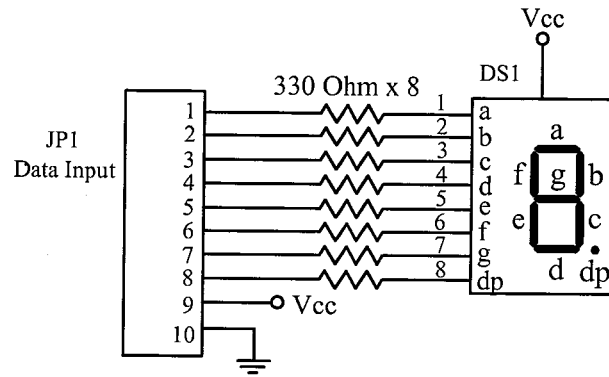
รูปที่ ข.8 วงจรแอลอีดีแบบคอลัมเมตริกซ์



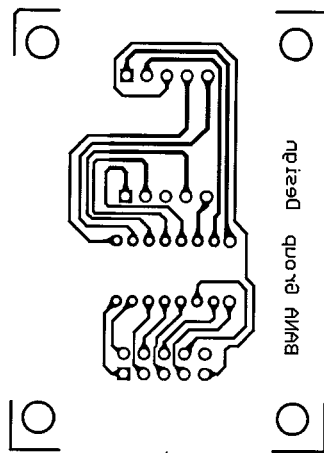
รูปที่ ข.9 แผ่นวงจรพิมพ์แอลอีดีแบบคอตเมตริกซ์ (ด้านหลัง)



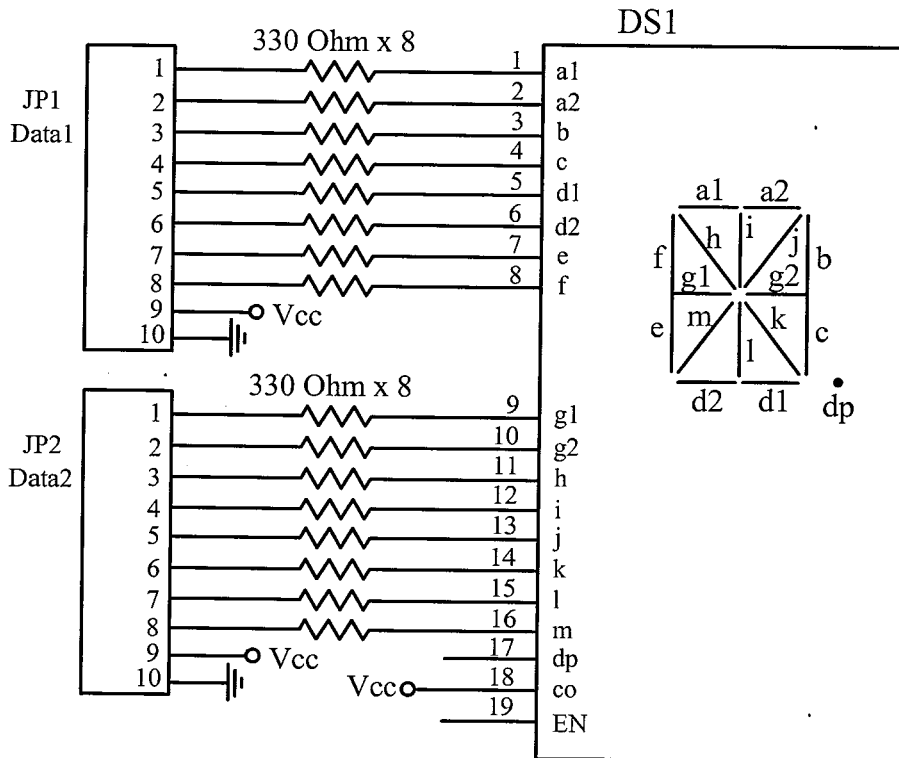
รูปที่ ข.10 แผ่นวงจรพิมพ์แอลอีดีแบบคอตเมตริกซ์ (ด้านหน้า)



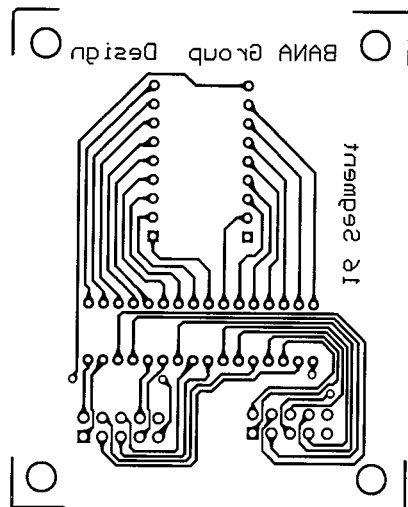
รูปที่ ข.11 วงจรแอลอีดี 7 ส่วนแบบหลักเดียว



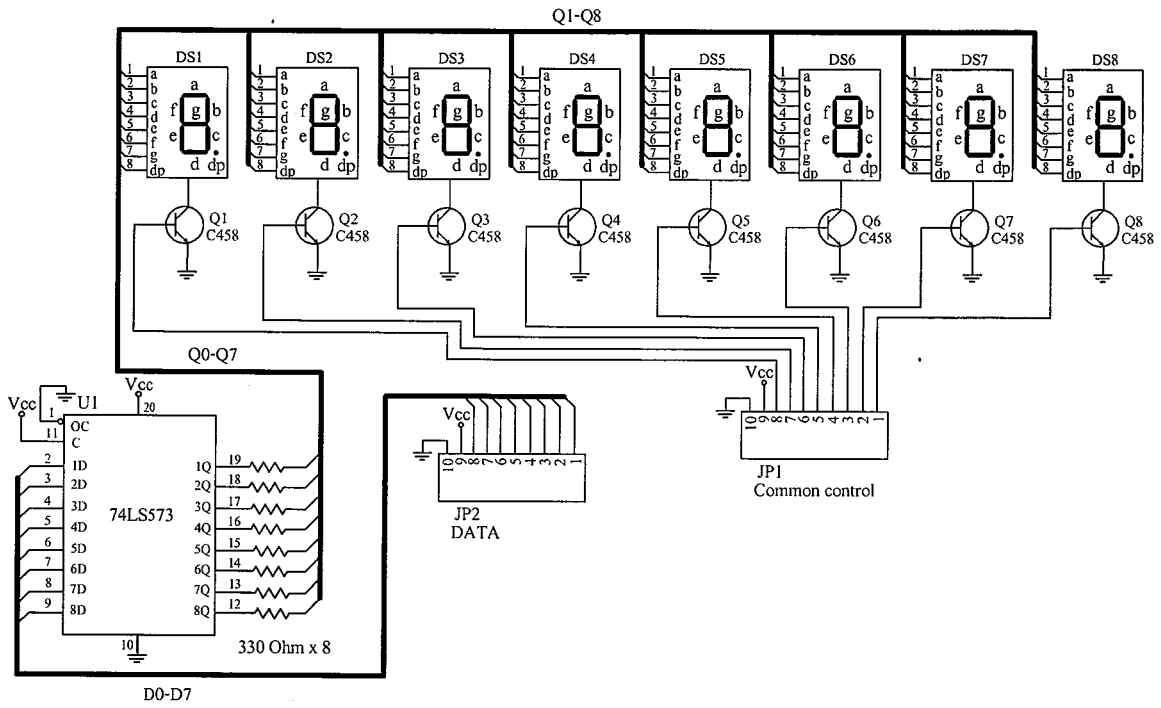
รูปที่ ข.12 แผ่นวงจรพิมพ์แอลอีดี 7 ส่วนแบบหลักเดียว



รูปที่ ข.13 วงจรแอลอีดี 16 ส่วนแบบหลักเดียว

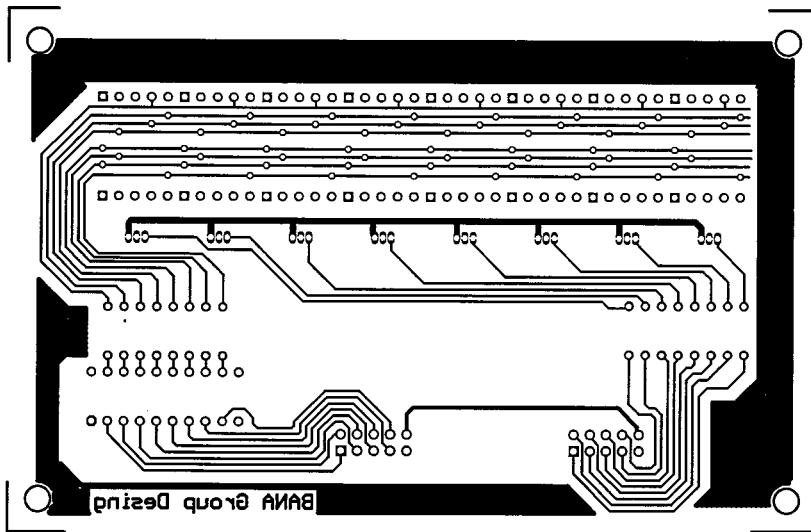


รูปที่ ข.14 แผ่นวงจรพิมพ์แอลอีดี 16 ส่วนแบบหลักเดียว

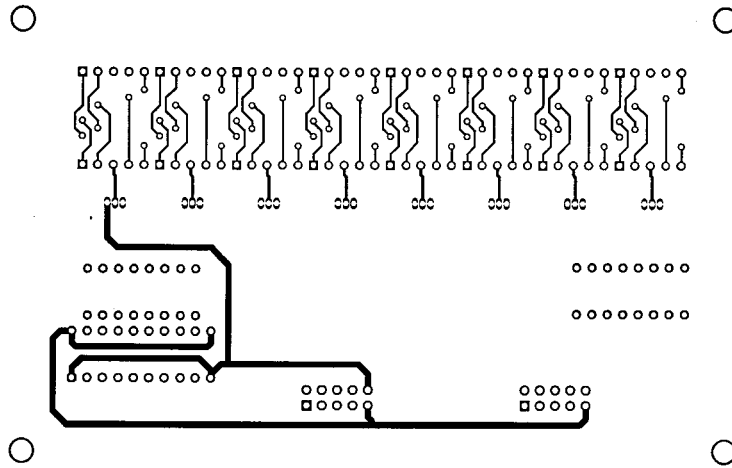


D0-D7

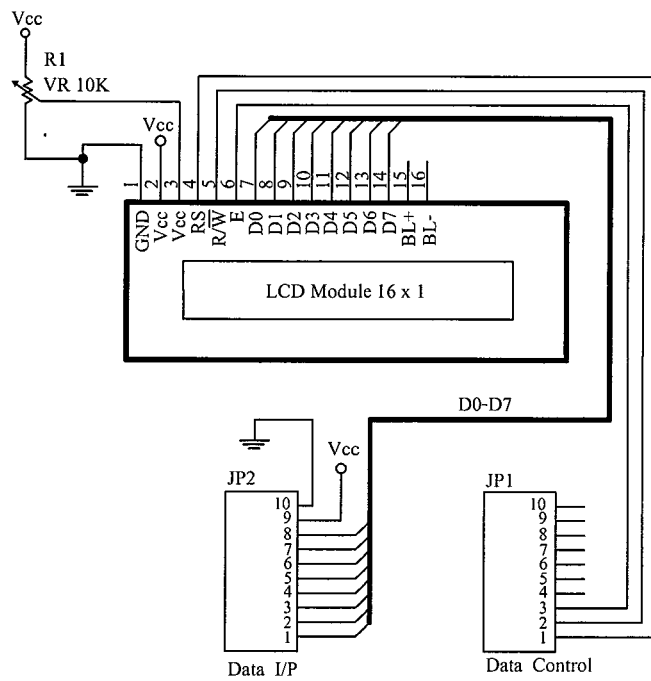
รูปที่ ข.15 วงจรแอลอีดี 7 ส่วนแบบมัลติเพล็กซ์



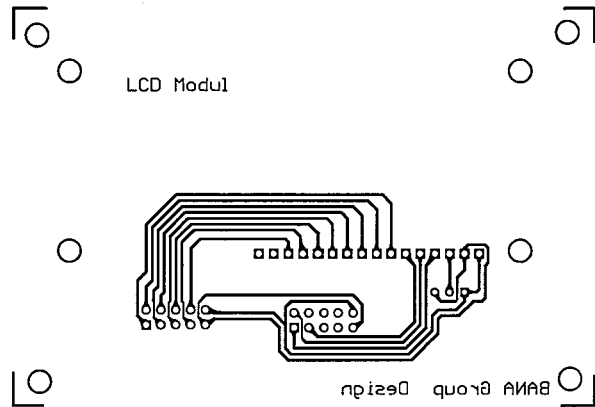
รูปที่ ข.16 แผ่นวงจรพิมพ์แอลอีดี 7 ส่วนแบบมัลติเพล็กซ์ (ด้านหลัง)



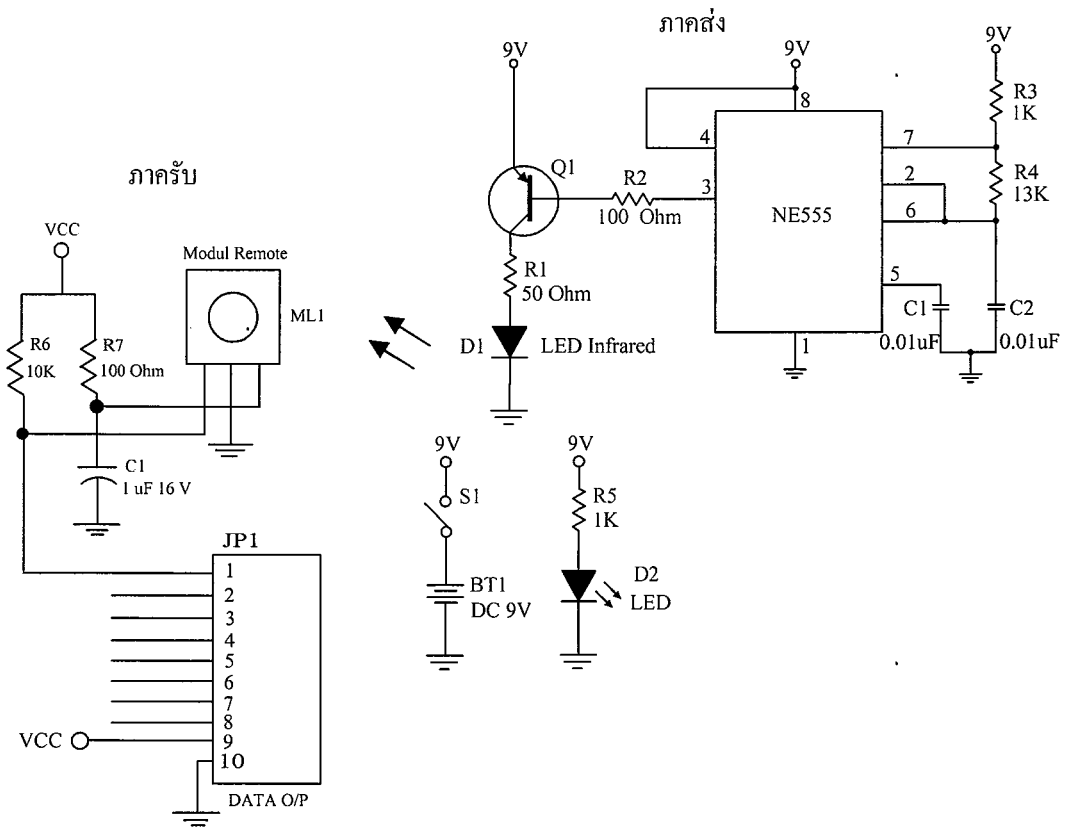
รูปที่ ข.17 แผ่นวงจรพิมพ์แอลอีดี 7 ส่วนแบบมัลติเพล็กซ์ (ด้านหน้า)



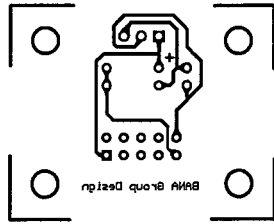
รูปที่ ข.18 วงจรจอแสดงผลแบบผลึกเหลว



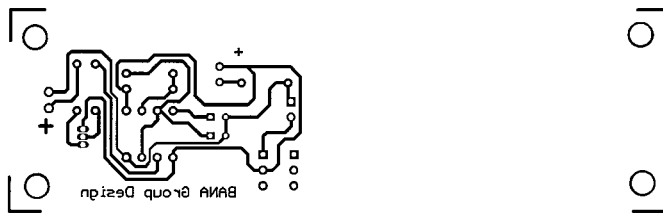
รูปที่ ข.19 แผงวงจรพิมพ์จอแสดงผลแบบผลึกเหลว



รูปที่ ข.20 วงจรเซ็นเซอร์แสง

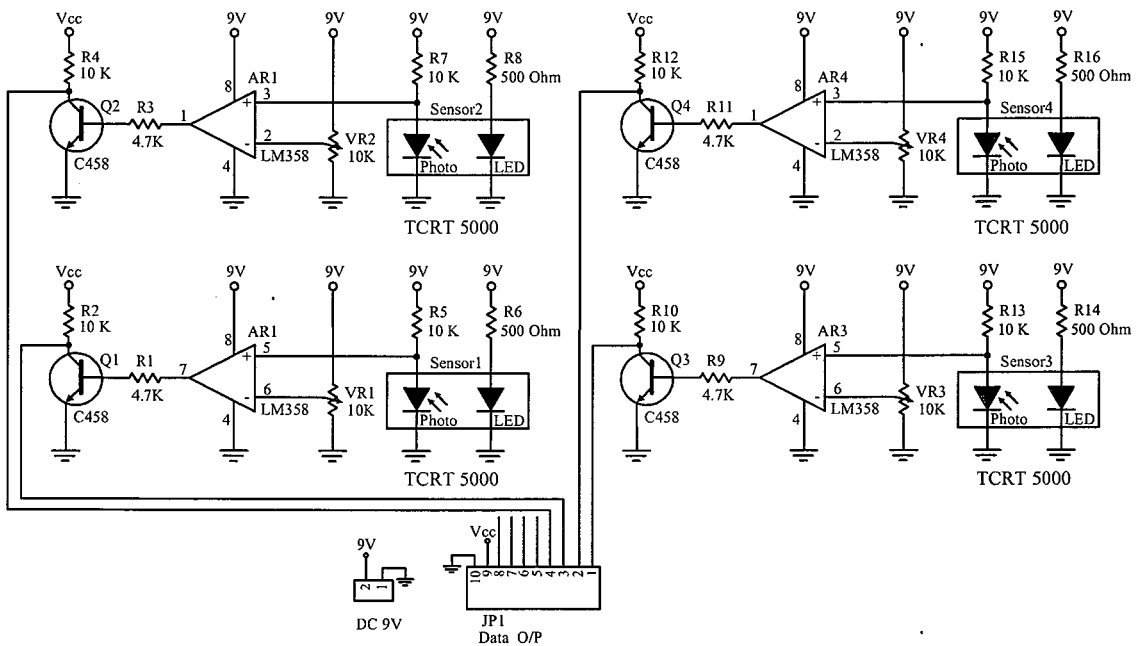


(n)

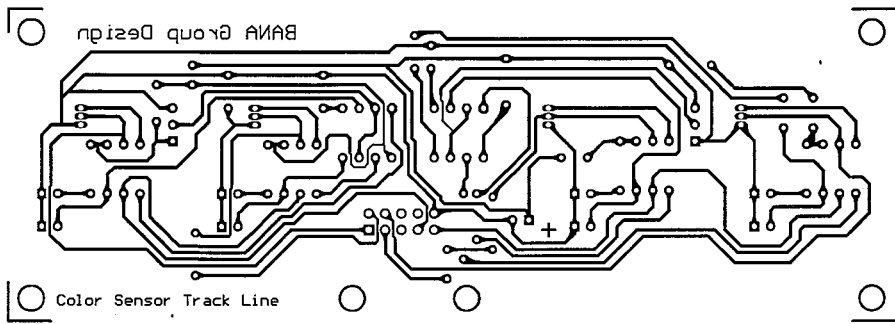


(j)

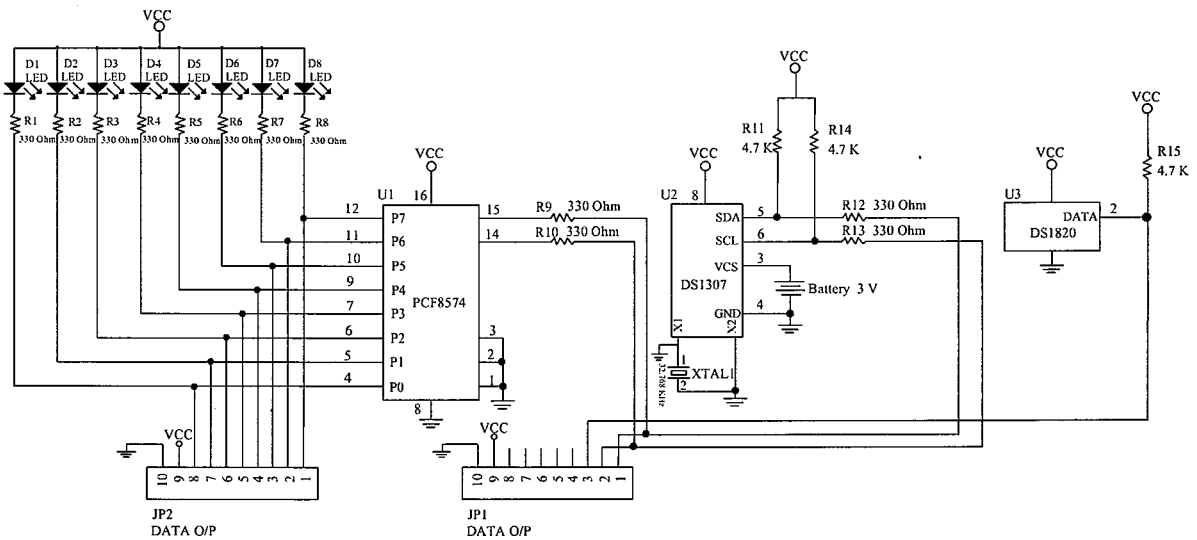
รูปที่ ข.21 แผ่นวงจรพิมพ์เซ็นเซอร์แสง (ก) ภาครับ (จ) ภาคส่ง



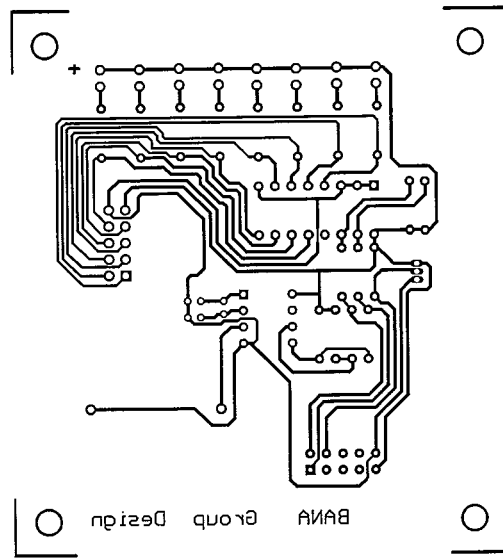
รูปที่ ข.22 วงจรเซ็นเซอร์สี่



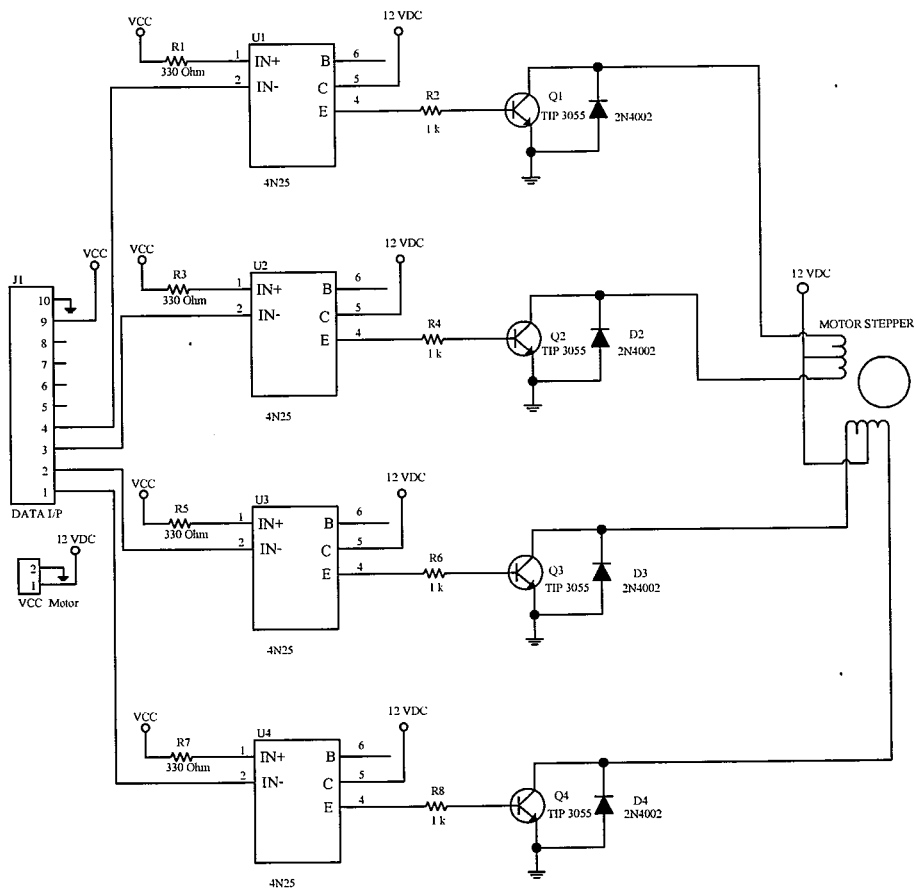
รูปที่ ข.23 แผ่นวงจรพิมพ์เซ็นเซอร์สี



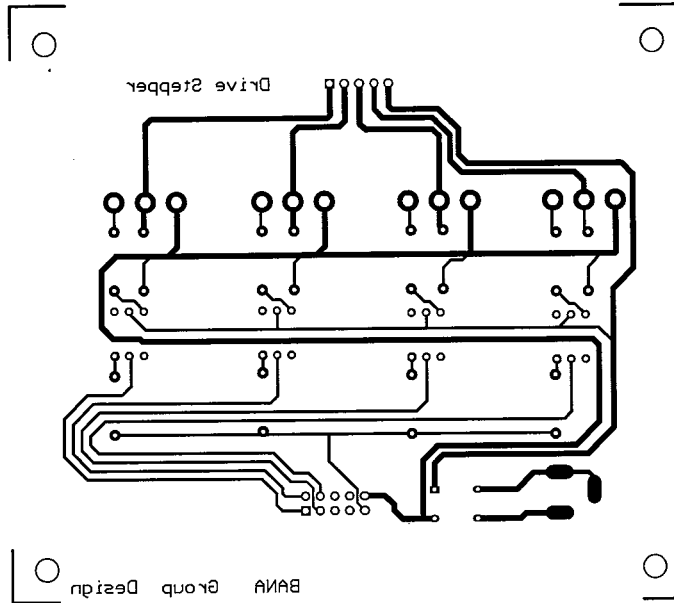
รูปที่ ข.24 วงจรเซ็นเซอร์อุณหภูมิ



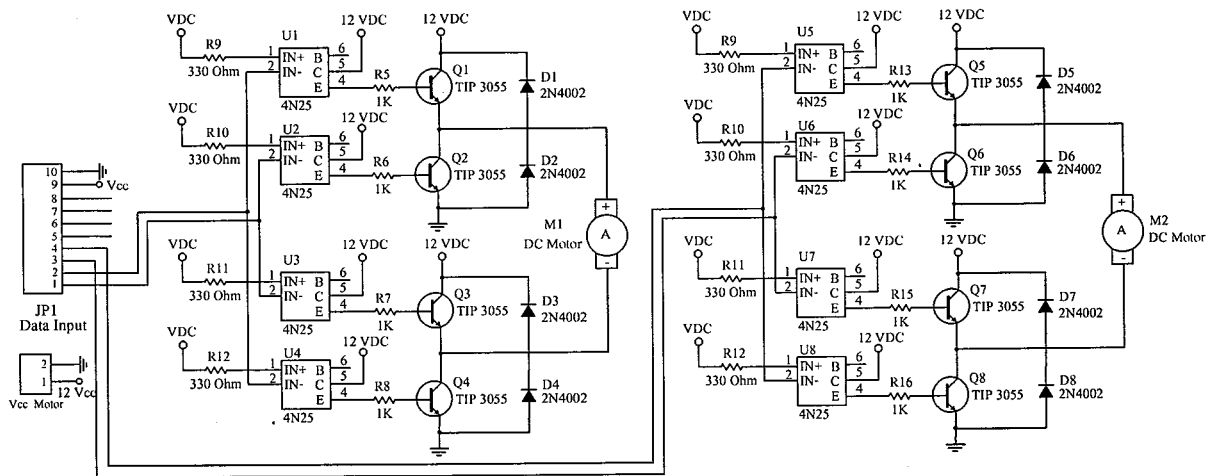
รูปที่ ข.25 แผ่นวงจรพิมพ์เซ็นเซอร์อุณหภูมิ



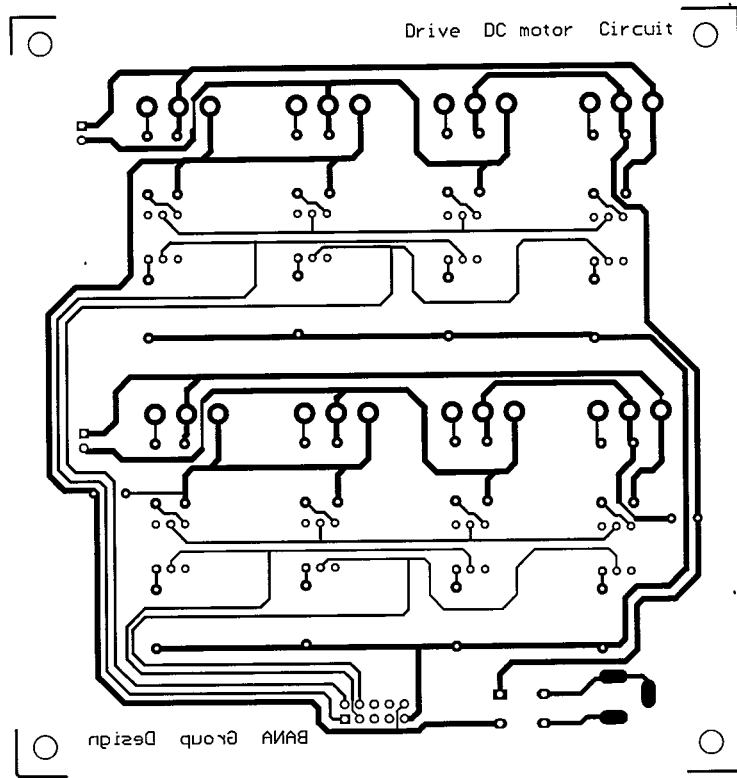
รูปที่ ข.26 วงจรสตีปมอเตอร์



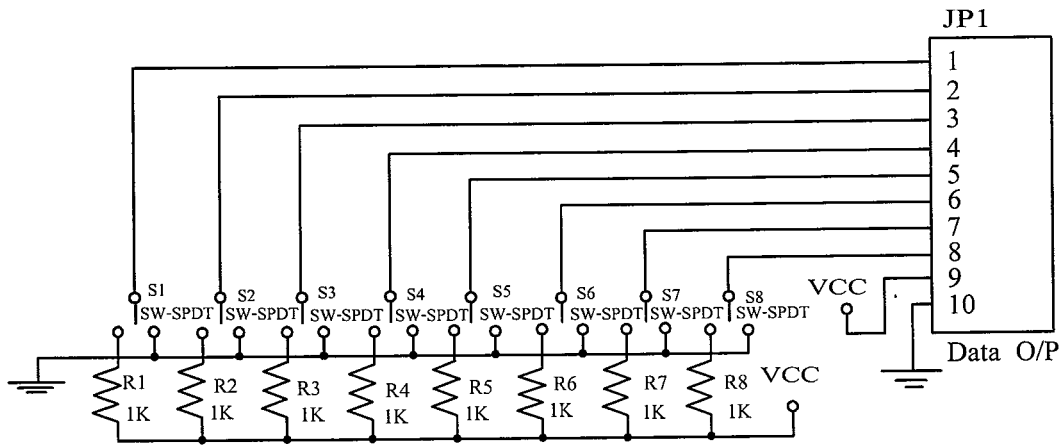
รูปที่ ข.27 แผงวงจรพิมพ์สี่สเต็ปิงมอเตอร์



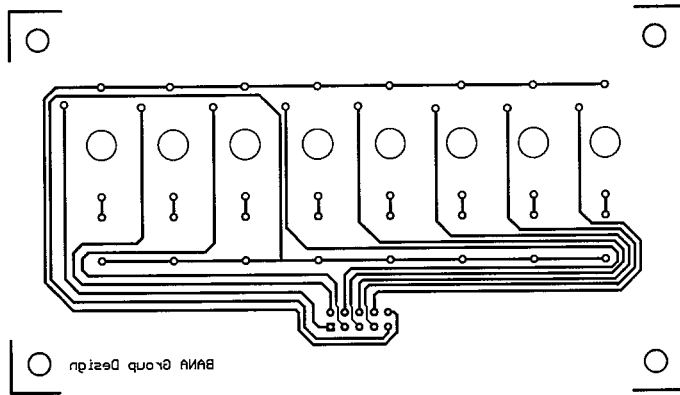
รูปที่ ข.28 วงจรสี่ขั้วมอเตอร์



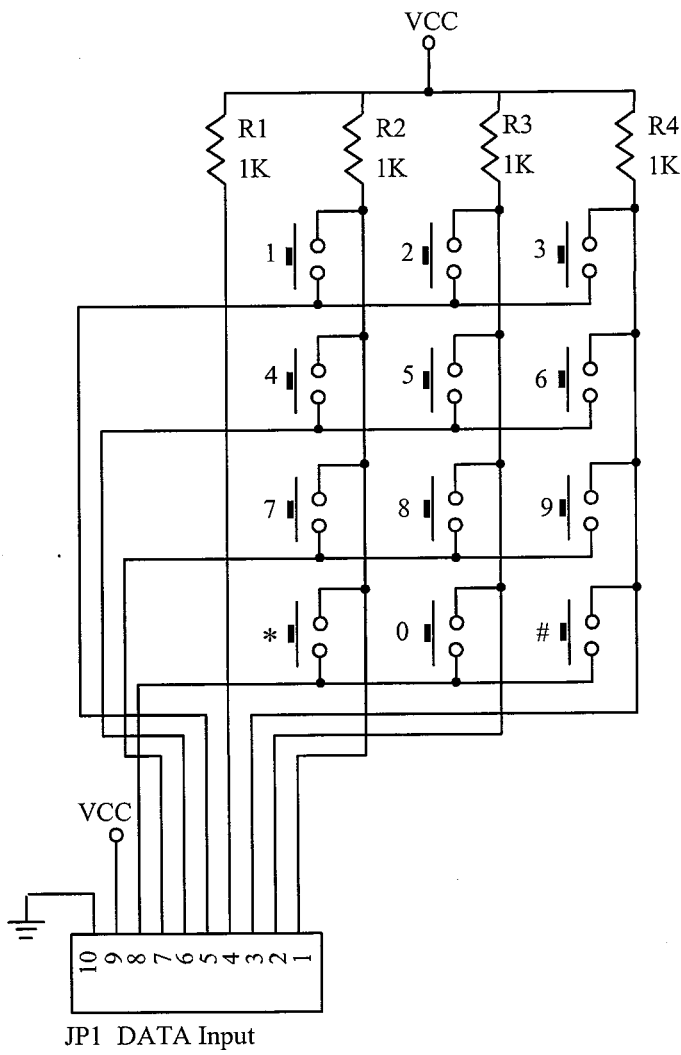
รูปที่ ข.29 แผงวงจรพิมพ์ขับเคลื่อนมอเตอร์



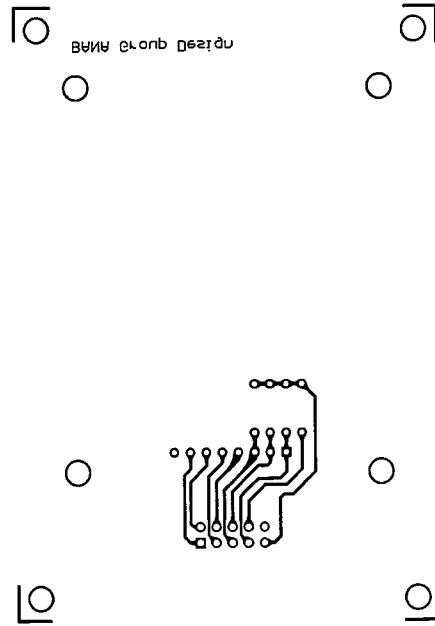
รูปที่ ข.30 วงจรสวิตช์



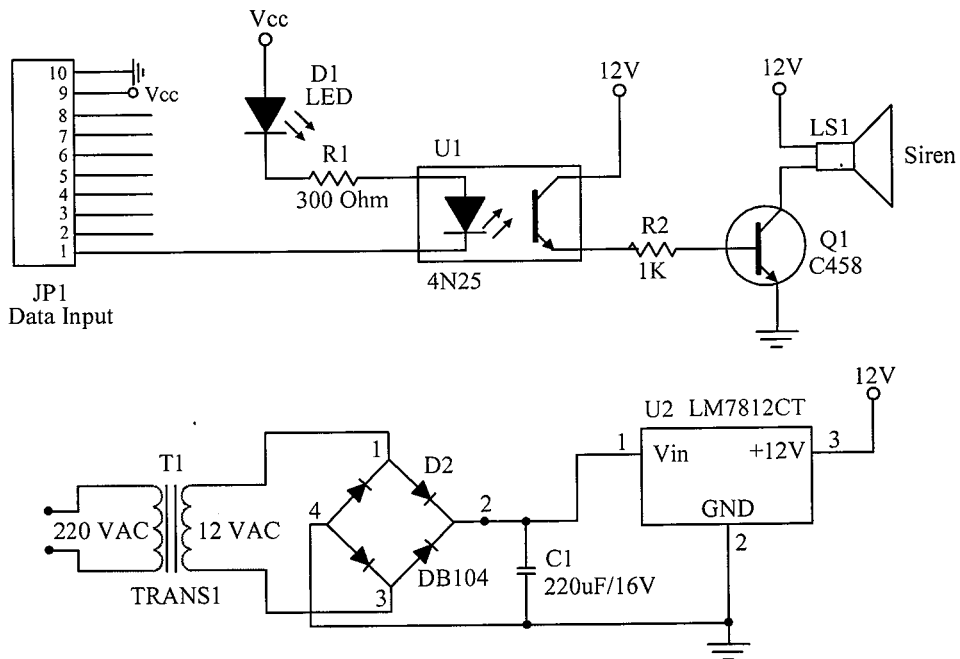
รูปที่ ข.31 แผ่นวงจรพิมพ์สวิตช์



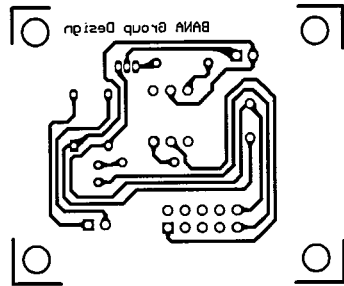
รูปที่ ข.32 วงจรคีย์สวิตช์



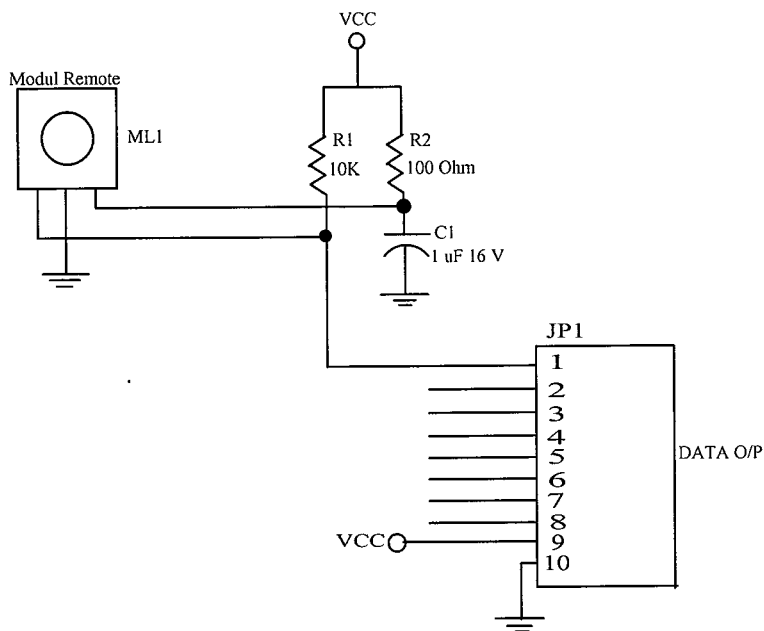
รูปที่ ข.33 แผ่นวงจรพิมพ์รีเลย์สวิตช์



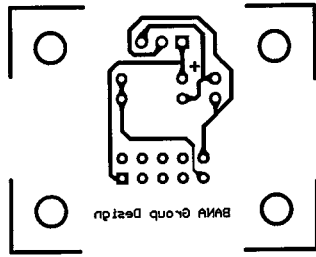
รูปที่ ข.34 วงจรเลี้ยงเต็อน



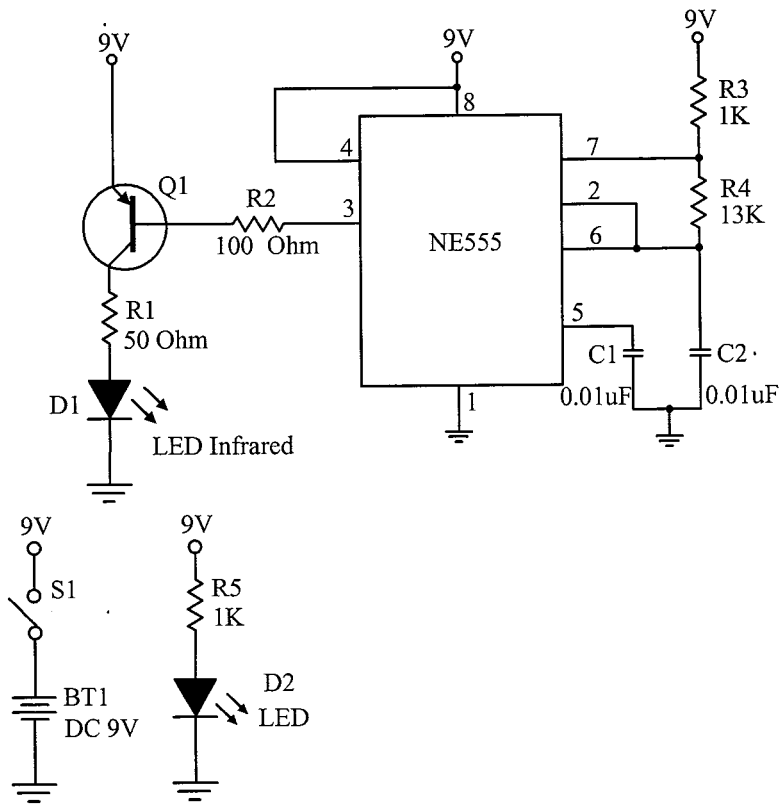
รูปที่ ข.35 แผ่นวงจรพิมพ์เสียงเตือน



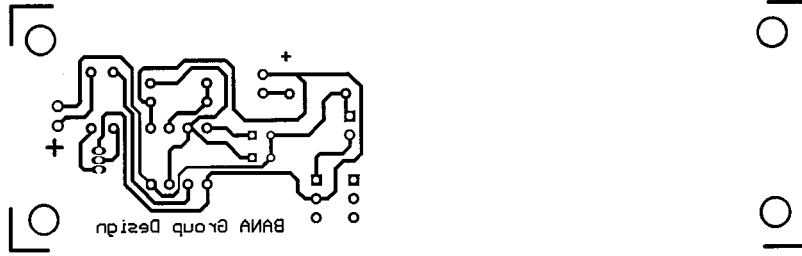
รูปที่ ข.36 วงจรรับสัญญาณรีโมท



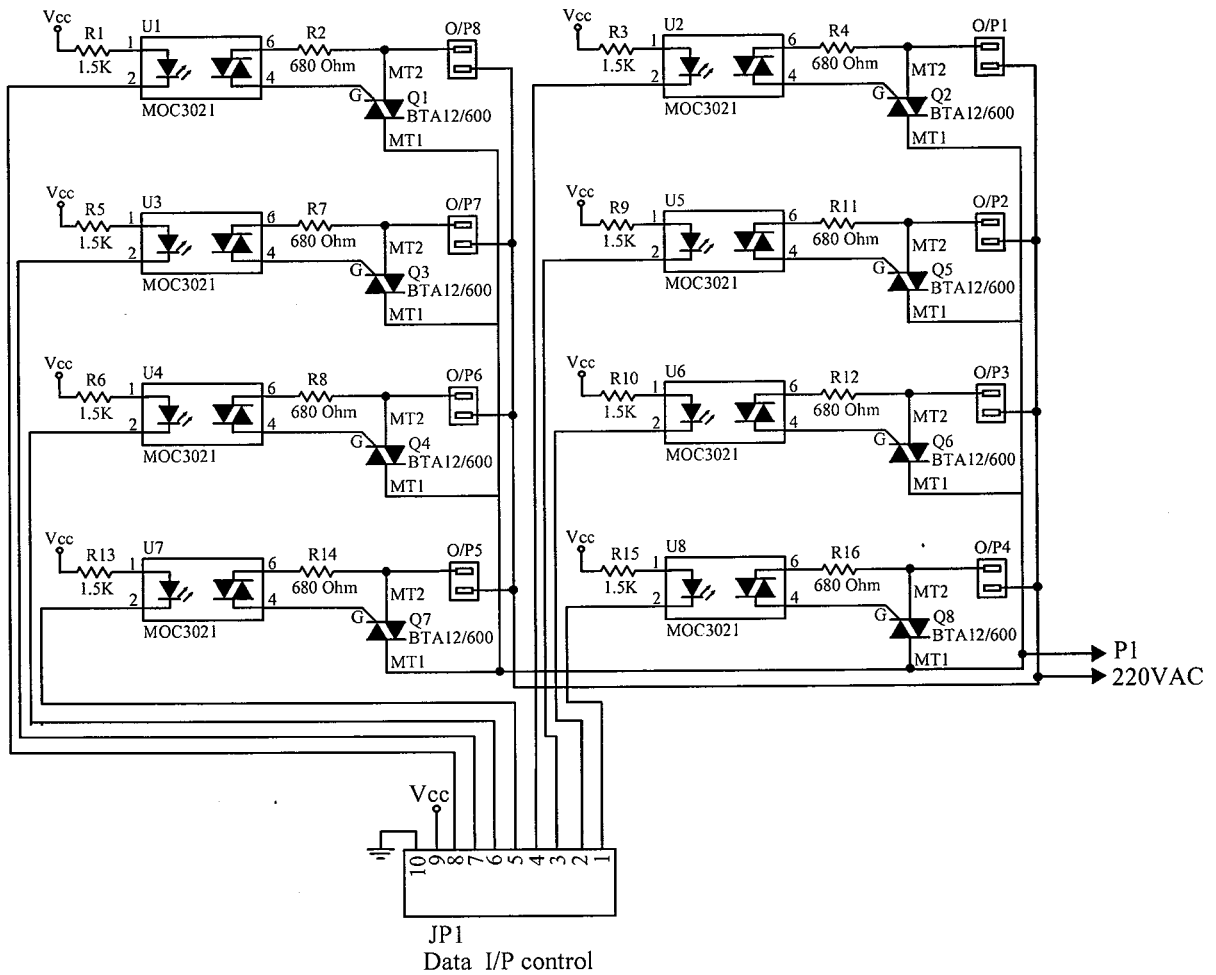
รูปที่ ข.37 แผ่นวงจรพิมพ์รับสัญญาณรีโมท



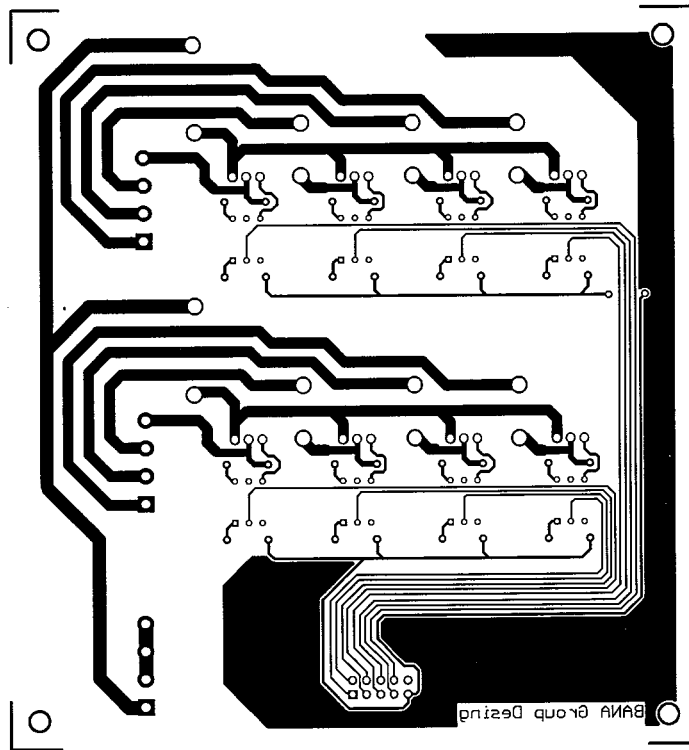
รูปที่ ข.38 วงจรส่งสัญญาณแสง



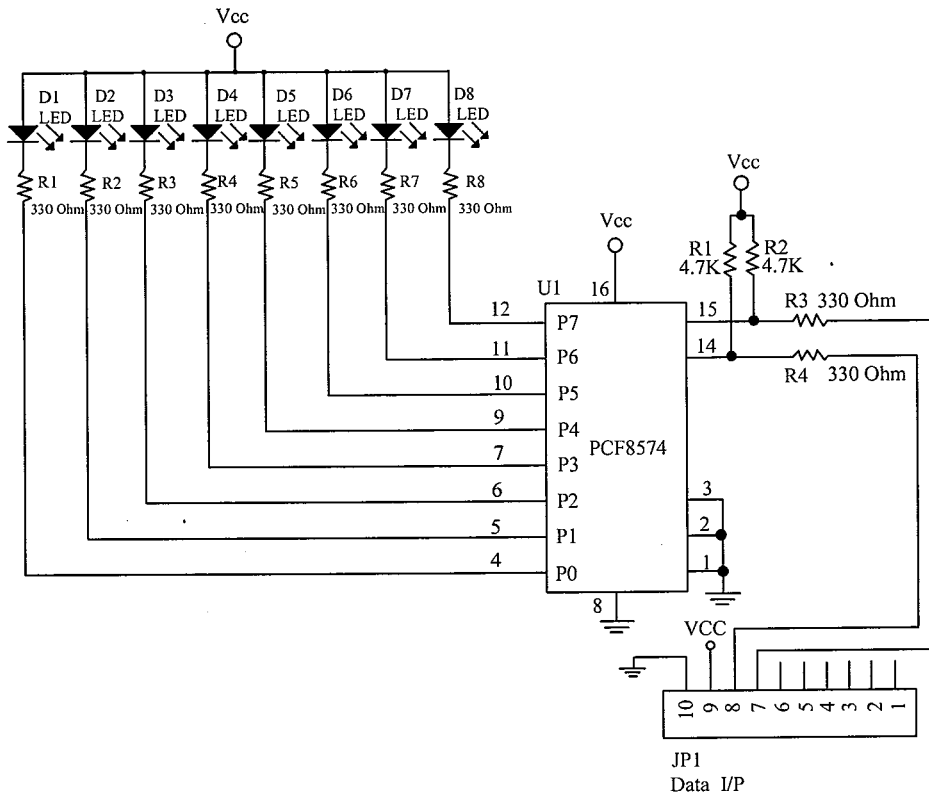
รูปที่ ข.39 แผงวงจรพิมพ์การส่งสัญญาณแสง



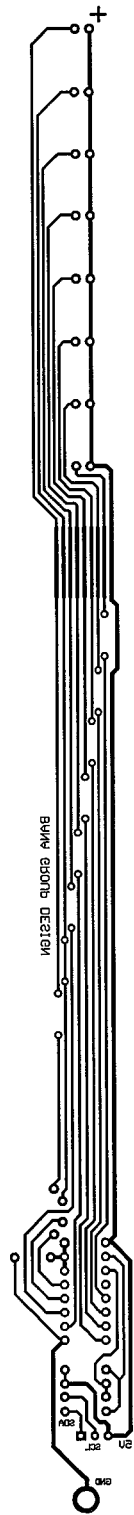
รูปที่ ข.40 วงจรควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับ



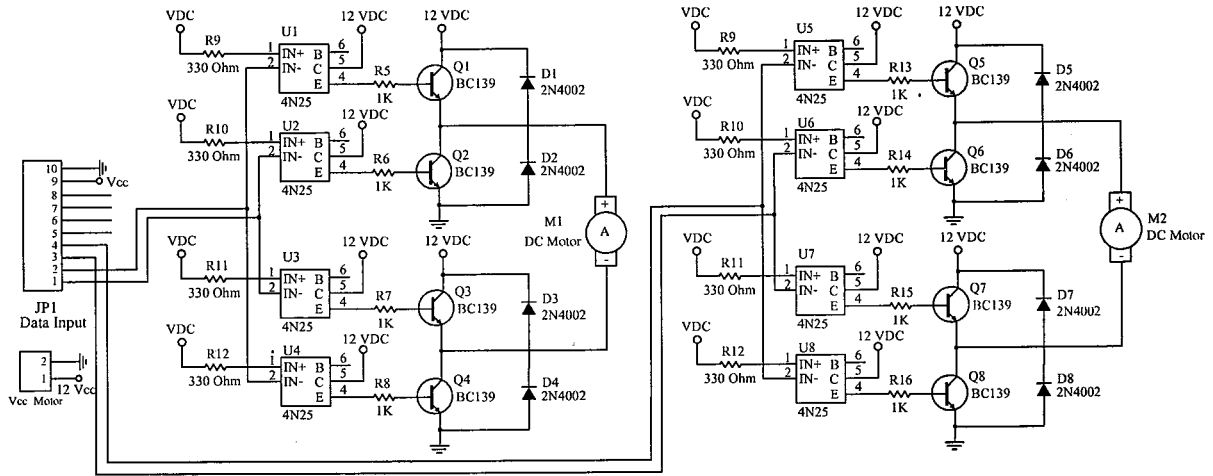
รูปที่ ข.41 แผ่นวงจรพิมพ์ควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับ



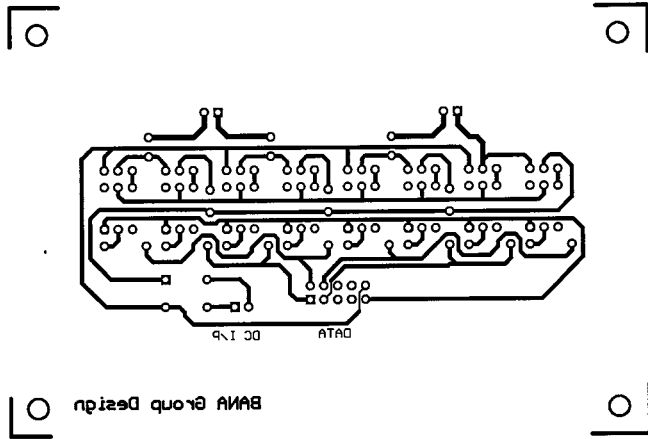
รูปที่ ข.42 วงจรอักษรหมุน



รูปที่ ข.43 แผงวงจรพิมพ์อักษรหมุน



รูปที่ ข.44 วงจรขับสี่ขั้วมอเตอร์ของหุ่นยนต์เดินตามเส้น



รูปที่ ข.45 แผ่นวงจรพิมพ์ชุดขับสี่ขั้วมอเตอร์ของหุ่นยนต์เดินตามเส้น

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อ-สกุล

นางสาววัลยา ลำเต๊ะ

วัน เดือน ปีเกิด

17 มิถุนายน พ.ศ. 2524

ภูมิลำเนา

46/2 หมู่ 4 ตำบลท่าชะมวง อำเภอรัตนภูมิ
จังหวัดสงขลา 90180

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา

โรงเรียนบ้านกำแพงเพชร จังหวัดสงขลา

มัธยมศึกษาตอนต้น

โรงเรียนรัตนภูมิวิทยา จังหวัดสงขลา

ประกาศนียบัตรวิชาชีพ

วิทยาลัยเทคนิคหาดใหญ่

ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตภาคใต้

ปริญญาตรี

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

คติพจน์

ทำทุกวันของวันนี้ให้ดีที่สุด

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อ-สกุล	นายหมาดกอเต็ม แดสา
วัน เดือน ปีเกิด	7 กันยายน พ.ศ. 2520
ภูมิลำเนา	114 หมู่ 6 ตำบลเกตรี อำเภอเมือง จังหวัดสตูล 91140 โทรศัพท์ 0-4071-8993
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านเกตรี จังหวัดสตูล
มัธยมศึกษาตอนต้น	ศูนย์บริการการศึกษานอกโรงเรียน
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคสตูล
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตภาคใต้
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
คติพจน์	ความพยายามอยู่ที่ไหนความสำเร็จอยู่ที่นั่น

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อ-สกุล

นายอดิศร ทับบุรี

วัน เดือน ปีเกิด

17 ตุลาคม พ.ศ. 2525

ภูมิลำเนา

12/1 หมู่ 9 ตำบลห้วยชัน อำเภออินทร์บุรี
จังหวัดสิงห์บุรี 16110 โทรศัพท์ 0-5131-8707 .

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา

โรงเรียนวัดหนองสุม จังหวัดสิงห์บุรี

มัธยมศึกษาตอนต้น

โรงเรียนอินทร์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี

ประกาศนียบัตรวิชาชีพ

วิทยาลัยเทคนิคสิงห์บุรี

ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

วิทยาลัยเทคนิคสิงห์บุรี

ปริญญาตรี

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

คติพจน์

รากฐานของต้นไม้คือดิน รากฐานของอิฐคือตึก รากฐานของชีวิต
คือการศึกษา

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อ-สกุล

นางสาวโฉมตรู ใจตระหนักมงคลทรัพย์

วัน เดือน ปีเกิด

6 มิถุนายน พ.ศ. 2524

ภูมิลำเนา

64 หมู่ 3 ตำบลหนองบอน อำเภอเมือง
จังหวัดสระแก้ว 27000

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา

โรงเรียนอนุบาลวัดสระแก้ว จังหวัดสระแก้ว

มัธยมศึกษาตอนต้น

โรงเรียนมัธยมศึกษาสระแก้ว จังหวัดสระแก้ว

ประกาศนียบัตรวิชาชีพ

วิทยาลัยเทคนิคสระแก้ว

ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตนนทบุรี

ปริญญาตรี

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

คติพจน์

ระยะทางพิสูจน์น้ำ กาลเวลาพิสูจน์คน