สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อ เตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติควบคุมโดย MCS-51 แสดงประวัติผ่านจอ LCD

THE AUTOMATIC SICKBED CONTROLLER BY MCS-51

ชื่อนักศึกษา

1. นายขวัญชัย	จันเพชร	รหัสประจำตัว	41031402
2. นายจรัส	ฉนัดหมอ	รหัสประจำตัว	41031403
3. นายธนัน	ปลื้มรุ่งโรจน์	รหัสประจำตัว	41031410
4. นายรุ่ง	จันทร์อยู่	รหัสประจำตัว	41031418

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์		ลายมือชื่อ
1. ผศ.ดร.ธีระพล	เทพหัสดิน ณ อยุธยา	.....
2. อาจารย์สุรพงษ์	สิริพงศ์ดี	.....
3. อาจารย์อำพล	ทองระอา	.....
4. อาจารย์ไพบูลย์	พวงวงศ์ตระกูล	.....
5. อาจารย์สุชิน	อาจหาญ	.....

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันศุกร์ที่ 12 พฤษภาคม พ.ศ. 2543 เวลา 12.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.310 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 16 เดือน พ.ค. พ.ศ. 2543

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 37187
วัน, เดือน, ปี - 5 ก.ย. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติควบคุมโดย MCS-51 แสดงประวัติผ่านจอ LCD

THE AUTOMATIC SICKBED CONTROLLER BY MCS-51

นายขวัญชัย จันเพชร

นายจรัส ถนัดหมอ

นายธนัน ปลื้มรุ่งโรจน์

นายรุ่ง จันทร์อยู่

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง เตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติควบคุมโดย MCS-51 แสดงประวัติผ่านจอ LCD

The Automatic Sickbed Controller by MCS-51

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาระบบควบคุมมอเตอร์โดยใช้ MCS-51 ในการควบคุมมอเตอร์
2. เพื่อศึกษาโครงสร้างกลไกทางเครื่องกลของเตียงผู้ป่วย
3. เพื่อศึกษาชุดคำสั่งระบบ MCS-51 ในการประยุกต์ใช้งาน
4. เพื่อสร้างเตียงที่มีคุณภาพและสามารถนำไปใช้งานได้จริงในโรงพยาบาลทั่วไป
5. เพื่อพัฒนาคุณภาพของเตียงที่ถูกสร้างมาแบบอัตโนมัติแต่ยังไม่สมบูรณ์ให้มี Option เพิ่มและมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าเดิม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รับความรู้ในการใช้ชุดคำสั่ง MCS-51 ในการประยุกต์ใช้งานควบคุมมอเตอร์และงานทางเครื่องกล
2. เรียนรู้การทำงานของมอเตอร์และวงจรควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์
3. นำเตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติไปใช้ในโรงพยาบาลทั่วไป
4. ได้เตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพที่ดีกว่าเตียงผู้ป่วยอัตโนมัติแบบเก่า
5. สามารถสร้างเตียงที่มีคุณภาพทัดเทียมจากต่างประเทศ ช่วยประหยัดต้นทุนในการนำเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	เตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติควบคุมโดย MCS-51 แสดงประวัติผ่านจอ LCD
นักศึกษา	นายขวัญชัย จันเพชร
	นายจรัส ฉนัดหมอ
	นายธนัน ปลื้มรุ่งโรจน์
	นายรุ่ง จันทร์อยู่
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชา	อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2542

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการนำเสนอ เตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติ โดยทำการประยุกต์จากเตียงผู้ป่วยธรรมดาซึ่งใช้งานตามโรงพยาบาลทั่วไปซึ่งควบคุมด้วยแรงคน ให้ทำงานเป็นเตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติซึ่งควบคุมการทำงานโดยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ที่ง่ายต่อการติดตั้งและมีประสิทธิภาพในการใช้งาน การทำงานของเตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติ คือการรับค่าของสัญญาณอินพุตจากรีโมทคอนโทล แล้วจึงใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผลส่งแรงดันออกพอร์ตเพื่อขับมอเตอร์เปลี่ยนแปลงระดับการขึ้น-ลงของเตียง ซึ่งจะมีการแสดงประวัติของผู้ป่วยที่จอผลึกเหลวในรูปแบบเมนู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	The Automatic Sickbed Controller by MCS-51	
Student	Mr.Khwanchai	Janphat
	Mr.Jarus	Thanudmor
	Mr.Tanan	Plumerongroj
	Mr.Roong	Janyu
Advisor	Assit.Prof.Dr.Threraphon	Thephasadin Na Ayuthya
Co-advisor	Mr.Surapong	Siripongdee
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education	
Program in	Electronic and Computer	
Academic Year	1999	

ABSTRACT

This thesis presents the project Automatic sickbed controller by mcs-51. It's applied from the normal sickbed controller by mcs-51. Which is used in hospital general control by manual . to be Automatic sickbed control system by microcontroller 8051 for easy control bed and good sufficiency used. The operating of automatic sickbed is geting input from remote control and used microcontroller process sent voltage output for drive motor exchange level bed up-down will be LCD showing history in from menu

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องมาจากความอนุเคราะห์ของ ท่านอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ อาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม และอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรมทุกท่าน ที่กรุณาให้คำปรึกษา ข้อเสนอแนะ และแนวทางแก้ไขปัญหาต่างๆ โดยเฉพาะอาจารย์สุรพงษ์ สิริพงศ์ดี ที่ให้ความอนุเคราะห์เตียงผู้ป่วยมาใช้ทำโครงงาน

ขอขอบคุณ ผู้ที่อยู่เบื้องหลังความสำเร็จของโครงงานนี้อันได้แก่ บิดา มารดา ที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจเป็นอย่างมาก และขอขอบคุณอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม อาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์สถาปัตยกรรมทุกท่าน รวมทั้งเพื่อนๆ ที่ให้คำปรึกษา แนะนำ และให้ความช่วยเหลือในการจัดทำโครงงานจนสำเร็จตามวัตถุประสงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูปภาพ	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์	1
1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน	1
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการ	3
2.1 กล่าวนำ	3
2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	3
2.2.1 หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	3
2.2.2 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งตามลักษณะการกระตุ้น	6
2.2.3 ทฤษฎีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	7
2.2.4 คุณสมบัติของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	20
2.2.5 การเดินเครื่องมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	28
2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	37
2.3.1 คุณสมบัติทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	37
2.3.2 โครงสร้างภายนอกของ MCS-51	38
2.3.3 โครงสร้างภายในของ MCS-51	39
2.3.4 การจัดขาลักษณะภายนอกของ MCS-51	42
2.3.5 ฐานเวลาในการทำงานของ MCS-51	45
2.3.6 การจัดหน่วยความจำของ MCS-51	46
2.3.7 หน่วยความจำภายในของ MCS-51	46
2.3.8 รีจีสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.3.9 การต่อใช้งานพอร์ตอินพุตและพอร์ตเอาต์พุตของ MCS-51	59
2.4 การใช้งาน 8255 กับ 8051	61
2.4.1 ลักษณะพื้นฐานของ 8255	61
2.4.2 การจำแนกกลุ่มของพอร์ต 8255	63
2.4.3 รูปแบบคำสั่งเพื่อกำหนดการทำงานของ 8255	65
2.4.4 การใช้งานโหมด 0 ของ 8255	67
2.4.5 การใช้งานโหมด 1 ของ 8255	70
2.4.6 การใช้งานโหมด 2 ของ 8255	75
2.5 ส่วนแสดงผลจอ LCD DV-12864	77
2.5.1 คำสั่งควบคุมของ LCD	78
2.5.2 การ INTERFACE LCD DV-12864	81
2.5.3 การ INTERFACE กับ Z80 CPU	83
2.5.4 เอกสารเพิ่มเติม DV 12864	84
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	86
3.1 กล่าวนำ	86
3.2 การออกแบบทางด้านกลไก	86
3.2.1 การออกแบบโครงสร้างเตียง	86
3.2.2 การออกแบบตำแหน่งการวางมอเตอร์	87
3.3 การออกแบบวงจรควบคุม	88
3.3.1 การออกแบบวงจรควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์	89
3.3.2 การออกแบบวงจรควบคุมมอเตอร์	92
3.3.3 การออกแบบวงจรขับมอเตอร์	96
3.4 การออกแบบส่วนแสดงผลรายชื่อผู้ป่วย	97
3.4.1 การออกแบบวงจรแสดงผล LCD	97
3.4.2 การออกแบบวงจรชุดควบคุม CP-Z80 V1	100
3.4.3 การออกแบบวงจรควบคุม LCD	102
3.5 การออกแบบวงจรภาคจ่ายไฟ	105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 4 การทดลอง ผลการทดลอง	107
4.1 การทดลองวงจรภาคจ่ายไฟ	107
4.1.1 การทดลองวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์	107
4.1.2 การทดลองวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 32 โวลต์	108
4.2 การทดลองวงจรควบคุมมอเตอร์	109
4.3 การทดลองวงจรขับมอเตอร์	111
4.4 การทดลองวงจรแสดงผล	112
4.4.1 การทดลองส่วนสแกนคีย์บอร์ด	112
4.4.2 การทดลองส่วนของจอ LCD แสดงตัวอักษร	115
4.4.3 การทดลองส่วนของการแสดงผล	117
4.4.4 การทดลองระบบการยกเตียง	119
4.5 ผลการทดลอง และสรุป	120
บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางการแก้ไขและพัฒนา	121
5.1 บทสรุป	121
5.2 ปัญหาในการทำงาน	121
5.3 การแก้ปัญหา	122
5.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงงาน	122
5.5 แนวทางในการแก้ปัญหา	122
ภาคผนวก ก รูปต้นแบบเตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติ	124
ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	130
ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์	137
ภาคผนวก ง คู่มือการใช้งาน	141
ภาคผนวก จ แผนผังและโปรแกรม	148
ภาคผนวก ฉ ราคาต้นทุนในการสร้างเตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติ	177
ภาคผนวก ช รายละเอียดข้อมูล และคุณสมบัติของอุปกรณ์	179
บรรณานุกรม	200
ประวัติผู้แต่ง	201

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 หน้าที่พิเศษของแต่ละขาของพอร์ต P3	39
ตารางที่ 2.2 การตั้งค่า RS0, RS1 ในรีจีสเตอร์ PSW เพื่อเลือกใช้งาน R0-R7 ในแบงก์ต่างๆ	48
ตารางที่ 2.3 สถานะการใช้งานของโปรแกรมสเตตัสเวอร์ด	51
ตารางที่ 2.4 สถานะการใช้งานของรีจีสเตอร์ TMOD	54
ตารางที่ 2.5 สถานะการใช้งานของรีจีสเตอร์ TCON	54
ตารางที่ 2.6 สถานะการใช้งานของรีจีสเตอร์ SCON	55
ตารางที่ 2.7 สถานะการใช้งานของรีจีสเตอร์ IP	56
ตารางที่ 2.8 ระดับความสำคัญของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ประเภทต่างๆ	56
ตารางที่ 2.9 ตำแหน่งเวคเตอร์แอดเดรสของอินเตอร์รัปต์ประเภทต่างๆ	57
ตารางที่ 2.10 สถานะการใช้งานของรีจีสเตอร์ IE	57
ตารางที่ 2.11 สถานะการใช้งานของรีจีสเตอร์ PCON	58
ตารางที่ 2.12 การจำแนกกลุ่มของ 8255	63
ตารางที่ 2.13 หน้าที่การทำงานของขาสัญญาณ 8255	64
ตารางที่ 2.14 ความหมายของแอดเดรส A0 และ A1 ของ 8255	65
ตารางที่ 2.15 ข้อมูลทางขาสัญญาณ D0-D7 ของ 8255	66
ตารางที่ 2.16 ค่าแอดเดรสของรีจีสเตอร์ภายในของ 8255	66
ตารางที่ 2.17 การกำหนดค่าบิตในโหมด 0 ของ 8255	68
ตารางที่ 2.18 ความหมายของสัญญาณ Input Buffer Full	71
ตารางที่ 2.19 ค่าของไบต์ข้อมูลควบคุมของ 8255	72
ตารางที่ 2.20 หน้าที่ของเส้นสัญญาณภายในพอร์ต C เมื่อกำหนดให้ทำงานในโหมด 1 เพื่อบอกสถานะของอินพุตและเอาต์พุตข้อมูล	72
ตารางที่ 2.21 หน้าที่ของบิตภายในพอร์ต C เมื่อกำหนดให้ทำงานในโหมด 2 เพื่อบอกสภาวะของ เส้นสัญญาณการติดต่อทางพอร์ต A	77
ตารางที่ 2.22 การควบคุม LCD	83
ตารางที่ 3.1 การกำหนดขาเพื่อควบคุม LCD	105
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์	108

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 31 โวลต์	109
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองวงจรควบคุมมอเตอร์	110
ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองวงจรขับมอเตอร์	112
ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองการกดคีย์บอร์ด	113
ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองการกดคีย์บอร์ด (ต่อ)	114
ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองการกดคีย์บอร์ดโดยการกด Shift Key	114
ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองการกดคีย์บอร์ดโดยการกดคีย์ Caps Lock	114
ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองการกดคีย์บอร์ดโดยการกดคีย์ Caps Lock (ต่อ)	115

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป	หน้า
รูปที่ 2.1 กฎมือซ้าย	3
รูปที่ 2.2 หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	4
รูปที่ 2.3 หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	4
รูปที่ 2.4 มอเตอร์คอมปาวด์แบบคิวมูเลทีฟ	6
รูปที่ 2.5 มอเตอร์คอมปาวด์แบบดิฟเฟอเรนเชียล	7
รูปที่ 2.6 ทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ	7
รูปที่ 2.7 ความสำพันธ์ระหว่างกระแสและแรงเคลื่อนไฟฟ้าสลับในวงจรอาร์เมเจอร์	10
รูปที่ 2.8 แรงดันระหว่างแปรงถ่านและแรงดันระหว่างขั้วมอเตอร์คอมปาวด์แบบลองชันต์	10
รูปที่ 2.9 แรงดันระหว่างแปรงถ่านและแรงดันระหว่างขั้วมอเตอร์คอมปาวด์แบบชอร์ตชันต์	11
รูปที่ 2.10 โมเมนซึ่งลวดตัวนำอาร์เมเจอร์กระทำรอบจุดศูนย์กลาง	13
รูปที่ 2.11 อาร์เมเจอร์รีแอคชั่นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง	16
รูปที่ 2.12 อาร์เมเจอร์รีแอคชั่นของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	17
รูปที่ 2.13 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงพร้อมอินเตอร์โพล	18
รูปที่ 2.14 เส้นโค้งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทอร์คและความเร็วรอบ กับกระแสจากแหล่งจ่ายของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน	21
รูปที่ 2.15 เส้นโค้งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทอร์คและความเร็วรอบ กับกระแสจากแหล่งจ่ายของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม	22
รูปที่ 2.16 ลักษณะของสตาร์ตติงรีโอสตัด	29
รูปที่ 2.17 การต่อสตาร์ตติงรีโอสตัดในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน	29
รูปที่ 2.18 ลักษณะการเปลี่ยนของกระแสอาร์เมเจอร์และความเร็วรอบขณะเดินเครื่อง	31
รูปที่ 2.19 การควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานโดยการปรับวงจร	32
รูปที่ 2.20 การควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานโดยการปรับ ความต้านทาน	33
รูปที่ 2.21 การควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานโดยการปรับ วงจรสนาม	34
รูปที่ 2.22 การเปรียบเทียบทอร์ค	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 2.23 การเปรียบเทียบความเร็ว	36
รูปที่ 2.24 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์	40
รูปที่ 2.25 สถาปัตยกรรมภายในของ MCS-51	42
รูปที 2.26 ลักษณะขาภายนอกของ MCS-51 แบบ Pin และ Ped	43
รูปที่ 2.27 การต่อ Power Reset	44
รูปที่ 2.28 การต่อคริสตอลภายนอกเข้ากับ MCS-51	44
รูปที่ 2.29 เวลาพื้นฐานของ MCS-51 และลำดับช่วงเวลาใน 1 แมชชีนไซเคิล	45
รูปที่ 2.30 แผนผังหน่วยความจำแสดงตำแหน่งหน่วยความจำของข้อมูล 128 ไบต์แรก	47
รูปที่ 2.31 หน่วยความจำตำแหน่ง 00H-1FH เป็นรีจีสเตอร์แบงก์	47
รูปที่ 2.32 หน่วยความจำตำแหน่ง 20H-2FH สามารถเข้าถึงบิตได้	48
รูปที่ 2.33 รีจีสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษของ MCS-51	49
รูปที่ 2.33 รีจีสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษของ MCS-51(ต่อ)	50
รูปที่ 2.34 (ก) การส่งข้อมูลไปยังพอร์ตเอาท์พุต ซึ่งจะมีสัญญาณจำนวน 8 เส้น สำหรับส่งข้อมูลไปยังภายนอก	59
รูปที่ 2.35 (ข) การรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกเข้ามายังพอร์ตอินพุตของระบบ ซึ่งจะมีสายสัญญาณ 8 เส้น	60
รูปที่ 2.36 แผนภาพแบบบล็อกภายในและขาสัญญาณของ 8255	62
รูปที่ 2.37 ความหมายของบิตภายในไบต์ข้อมูลควบคุมสำหรับ 8255	64
รูปที่ 2.38 แสดงการสร้างสัญญาณเลือกอุปกรณ์ (CS)ของ 8255โดยการถอดรหัสจากแอดเดรส A2-A7	67
รูปที่ 2.39 แสดงวงจรเชื่อมต่อระหว่าง 8255 กับ 8051	68
รูปที่ 2.40 แสดงลักษณะการทำงานของพอร์ต 8255 ภายหลังการส่งไบต์ข้อมูลควบคุมที่มีค่า 82H	69
รูปที่ 2.41 การใช้สัญญาณบอกสถานะความพร้อมในการติดต่อระหว่าง 8255 กับอุปกรณ์ภายนอก	70
รูปที่ 2.42 การกำหนดการทำงานของ 8255 ในโหมด 1 เพื่อให้พอร์ต A เป็นพอร์ตสำหรับการส่งข้อมูลและพอร์ต B เป็นพอร์ตรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอก	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 2.43 (a) แผนภาพสัญญาณติดต่อเพื่อส่งข้อมูลไปยังพอร์ต A ของ 8255 ตามลักษณะการทำงานที่ได้กำหนดไว้จากตารางที่ 2.20	73
รูปที่ 2.43 (b) แผนภาพสัญญาณติดต่อเพื่อส่งข้อมูลไปยังพอร์ต B ของ 8255 ตามลักษณะการทำงานที่ได้กำหนดไว้จากตารางที่ 2.20	73
รูปที่ 2.44 โฟลว์ชาร์ตแสดงวิธีการรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกโดยใช้พอร์ต A และสัญญาณติดต่อทางพอร์ต C	74
รูปที่ 2.45 โฟลว์ชาร์ตแสดงวิธีการรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกโดยใช้พอร์ต B และสัญญาณติดต่อทางพอร์ต C	75
รูปที่ 2.46 แผนภาพแสดงหลักการทำงานของ 8255 เมื่อกำหนดให้ทำงานในโหมด 2	76
รูปที่ 2.47 แสดงการแบ่งการควบคุมของ LCD	78
รูปที่ 2.48 ตัวอย่างการตั้งค่า Display Start Line	80
รูปที่ 2.49โครงสร้างภายในและขาควบคุมของ LCD	81
รูปที่ 2.50 timing Diagram	82
รูปที่ 2.51 แสดงขาแหล่งจ่ายไฟและการต่อใช้งาน	83
รูปที่ 2.52 การเชื่อมต่อระหว่างบอร์ด Z-80 กับ LCD	84
รูปที่ 3.1 เตียงผู้ป่วยที่ใช้ในโรงพยาบาลทั่วๆ ไป	86
รูปที่ 3.2 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ประกอบต่างๆ ของเตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติ	87
รูปที่ 3.3 ตำแหน่งการวางมอเตอร์	88
รูปที่ 3.4 แผนผังการทำงานของระบบควบคุมเตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติ	89
รูปที่ 3.5 แผนผังการทำงานของชุดคอนโทรลเลอร์	89
รูปที่ 3.6 การเชื่อมต่อหน่วยความจำภายนอก	90
รูปที่ 3.7 การต่อวงจรคีย์บอร์ดแบบ 1 สายต่อ 1 คีย์	91
รูปที่ 3.8 วงจรภาคเอาต์พุต	92
รูปที่ 3.9 วงจรควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์	93
รูปที่ 3.10 แผนผังส่วนควบคุมมอเตอร์	94
รูปที่ 3.11 วงจรควบคุมทิศทางของมอเตอร์	95
รูปที่ 3.12 แผนผังของวงจรขับมอเตอร์	96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 3.13 วงจรขับมอเตอร์	96
รูปที่ 3.14 แผนผังการทำงานของส่วนแสดงผล	97
รูปที่ 3.15 วงจรติดต่อคีย์บอร์ด	98
รูปที่ 3.16 วงจรรวม Z-80 CPU	101
รูปที่ 3.17 โครงสร้างภายในและขาควบคุมของ LCD	102
รูปที่ 3.18 ขาแหล่งจ่ายไฟและการต่อใช้งาน	103
รูปที่ 3.19 การเชื่อมต่อระหว่างบอร์ด Z-80 กับ LCD	104
รูปที่ 3.20 วงจรภาคจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์	105
รูปที่ 3.21 วงจรภาคจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 31 โวลต์	106
รูปที่ 4.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์	107
รูปที่ 4.2 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 31โวลต์	109
รูปที่ 4.3 วงจรควบคุมมอเตอร์	110
รูปที่ 4.4 วงจรขับมอเตอร์	111
รูปที่ 4.5 ส่วนสแกนคีย์บอร์ด	113
รูปที่ 4.6 การต่อจอ LCD แสดงตัวอักษร	116
รูปที่ 4.7 การแสดงผลภาษาอังกฤษ	116
รูปที่ 4.8 การแสดงผลภาษาไทย	116
รูปที่ 4.9 วงจรแสดงผล	117
รูปที่ 4.10 การแสดงผลภาษาอังกฤษ	118
รูปที่ 4.11 การแสดงผลภาษาไทย	118
รูปที่ ก.1 เตียงผู้ป่วยแบบธรรมดาที่ใช้ในโรงพยาบาลทั่วไป	125
รูปที่ ก.2 เตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติ	125
รูปที่ ก.3 วงจรควบคุมมอเตอร์	126
รูปที่ ก.4 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์	126
รูปที่ ก.5 แอคทูเอเตอร์มอเตอร์	127
รูปที่ ก.6 เครื่องควบคุมมอเตอร์	127
รูปที่ ก.7 หน้าปัทม์จอแสดงผล	128

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ ก.8 รีโมทคอนโทรลแบบมีสาย	128
รูปที่ ก.9 ลักษณะการควบคุมเตียงส่วนบนขึ้น ลง	129
รูปที่ ก.10 ลักษณะการควบคุมเตียงส่วนล่างขึ้น ลง	129
รูปที่ ข.1 วงจรควบคุมมอเตอร์	131
รูปที่ ข.2 วงจรสแกนคีย์บอร์ด	131
รูปที่ ข.3 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์	132
รูปที่ ข.4 วงจรภาคจ่ายไฟ	133
รูปที่ ข.5 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ไมโครคอนโทรลเลอร์	134
รูปที่ ข.6 ลายวงจรพิมพ์ไมโครคอนโทรลเลอร์	135
รูปที่ ข.7 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์วงจรควบคุมมอเตอร์	136
รูปที่ ข.8 ลายวงจรพิมพ์วงจรควบคุมมอเตอร์	136
รูปที่ ง.1 ส่วนประกอบต่างๆของเตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติ	142
รูปที่ ง.2 รีโมทคอนโทรลแบบมีสาย	143
รูปที่ ง.3 หน้าปัทม์ของชุดควบคุมคอนโทรลเลอร์	144
รูปที่ ง.4 เครื่องควบคุมมอเตอร์	145
รูปที่ ง.5 จอแสดงผล	147
รูปที่ จ.1 ผังงานของโปรแกรมควบคุมการทำงานของมอเตอร์	149
รูปที่ จ.2 โปรแกรมควบคุมการทำงานของมอเตอร์	152
รูปที่ จ.3 ผังงานของโปรแกรมติดต่อคีย์บอร์ด	153
รูปที่ จ.4 โปรแกรมติดต่อคีย์บอร์ด	155
รูปที่ จ.5 ผังงานของโปรแกรมแสดงผล	156
รูปที่ จ.6 โปรแกรมแสดงผล	176

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปริญญานิพนธ์

เตียงผู้ป่วยแบบธรรมดาที่มีใช้อยู่ทั่วไปในปัจจุบัน ต้องใช้แรงคนในการหมุนคันหมุนเปลี่ยนระดับส่วนต่างๆของเตียง ในการเปลี่ยนอริยาบทของผู้ป่วย หรือเพื่ออำนวยความสะดวกในการรักษาพยาบาลผู้ป่วยของแพทย์ พยาบาล หรือผู้ดูแลคนป่วย ซึ่งทำได้ยากลำบากหากเตียงผู้ป่วยดังกล่าวสามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติ และควบคุมการยกระดับได้หรือโดยการใช้รีโมทคอนโทรล ซึ่งเป็นรีโมทที่มีสายต่อไปยังเครื่องควบคุมทำให้การควบคุมการยกระดับของเตียงเป็นไปอย่างถูกต้องและแม่นยำ

เตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัตินี้จะใช้วงจรทรานซิสเตอร์เป็นส่วนสำคัญในการควบคุมทิศทางของมอเตอร์และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ควบคุมในส่วนของการเปลี่ยนระดับการขึ้นลงของเตียงและควบคุมในส่วนของการแสดงผล ซึ่งทั้งสองวงจรนี้ทำงานได้แม่นยำและเชื่อถือได้ และที่สำคัญเป็นการประหยัดต้นทุนในการผลิต ในการใช้งานเพื่อยกระดับส่วนต่างๆ ของเตียงทำได้โดยการใช้รีโมตคอนโทรลควบคุมการเปลี่ยนระดับของเตียง ซึ่งใช้งานง่าย แพทย์ พยาบาลหรือคนไข้ก็สามารถใช้ได้เองโดยอัตโนมัติ โดยการเลือกกดปุ่มควบคุมของรีโมตคอนโทรลให้เตียงเปลี่ยนระดับขึ้นลงได้ตามต้องการ ซึ่งรีโมทคอนโทรลตัวนี้เป็นรีโมทที่มีสายต่อไปยังเครื่องควบคุมเพื่อให้การควบคุมเป็นไปอย่างแม่นยำ และนอกจากนี้ยังมีจอแสดงผลเพื่อแสดงรายชื่อของผู้ป่วยที่เข้ามารักษาเพื่อให้ญาติของผู้ป่วยที่ไม่รู้จักชื่อของผู้ป่วยเข้ามาเยี่ยมผู้ป่วยได้อย่างถูกต้อง โดยไม่ต้องสอบถามแพทย์หรือพยาบาล

1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน

1. สามารถรับน้ำหนักได้ไม่เกิน 200 กิโลกรัม
2. สามารถปรับระดับได้ 2 ตอน
3. ปรับระดับขึ้นลงได้ตามต้องการ
4. ปรับระดับการขึ้นลงของเตียงโดยการใช้รีโมทคอนโทรลซึ่งใช้งานได้ง่ายไม่ซับซ้อน
5. สามารถแสดงผลรายชื่อของผู้ป่วยผ่านจอ LCD ได้
6. สามารถนำไปใช้งานได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อความสะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าใจ ในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาที่สำคัญดังนี้

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ ประกอบไปด้วยเนื้อหาในทางทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ซึ่งทำให้ผู้อ่านมีความรู้ความเข้าใจที่เป็นพื้นฐานเสียก่อน อันจะเป็นประโยชน์ต่อการทำความเข้าใจกับวงจรที่ทำงานจริงต่อไป

บทที่ 3 การออกแบบการสร้างและการทำงาน โดยกล่าวถึงการสร้าง การออกแบบและการทำงานของเตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติ การออกแบบโครงสร้างของเตียง และตำแหน่งของการวางอุปกรณ์ต่างๆ การออกแบบตำแหน่งการวางมอเตอร์ การออกแบบระบบควบคุม วงจรควบคุมมอเตอร์ วงจรภาคจ่ายไฟ การออกแบบวงจรแสดงผล รวมทั้งหลักการทำงานในส่วนต่างๆ ซึ่งจะทำให้ผู้อ่านเข้าใจการทำงานโดยรวมของโครงงานนี้

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง กล่าวถึงขั้นตอนการทดลอง การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติ วงจรควบคุมมอเตอร์ วงจรแสดงผล เพื่อตรวจสอบว่าโครงงานนี้สามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์หรือไม่

บทที่ 5 สรุป ปัญหา แนวทางในแก้ไขและพัฒนาโครงงานนี้ การสรุปผลการทำงาน และได้เสนอแนวทางแก้ไข แนวทางในการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพและการใช้งานได้อย่างกว้างขวางมากขึ้น

ในภาคผนวกแสดงรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของเตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติ รายการอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการจัดทำโครงงานดังนี้

ภาคผนวก ก รูปต้นแบบของเตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติ

ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นพิมพ์

ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์

ภาคผนวก ง คู่มือการใช้งาน

ภาคผนวก จ ผังการทำงานและโปรแกรม

ภาคผนวก ฉ ราคาต้นทุนในการสร้างเตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติ

ภาคผนวก ช รายละเอียดของข้อมูล และคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 กล่าวนำ

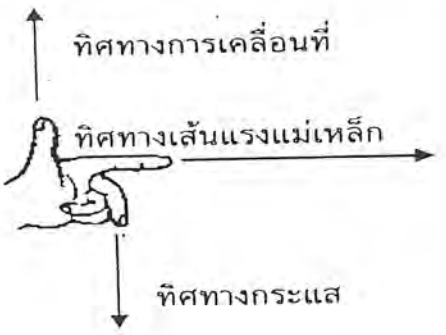
เนื้อหาของปริญญานิพนธ์ในบทนี้เป็นทฤษฎี และหลักการที่นำมาใช้ประกอบการสร้างโครงงาน โดยประกอบไปด้วยทฤษฎีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ทฤษฎีที่เกี่ยวกับการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ทฤษฎีการใช้งานไมโครคอนโทรเลอร์ และทฤษฎีการใช้งานจอแสดงผล LCD GRAPHIC

2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

2.2.1 หลักการของมอเตอร์กระแสตรง

มอเตอร์คือ อุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล และมอเตอร์ซึ่งขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้ากระแสตรงนี้เรียกว่า มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้ากระแสสลับเรียกว่า มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ นอกจากนี้ยังมีมอเตอร์ขนาดเล็กซึ่งอาจจะขับเคลื่อนได้ทั้งไฟฟ้ากระแสตรงหรือไฟฟ้ากระแสสลับ ทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะตรงข้ามกับกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงโดยสิ้นเชิง แต่สำหรับโครงสร้างจะเหมือนกันทุกประการ ดังนั้นจึงสามารถนำเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงมาใช้ทำหน้าที่ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้

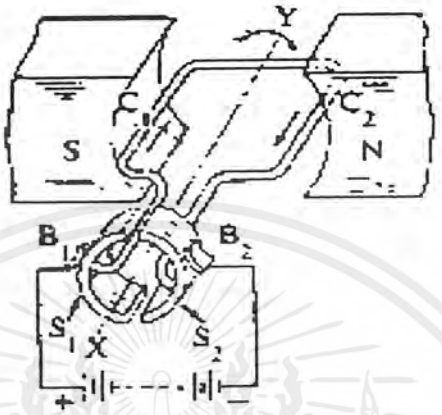
เมื่อป้อนกระแสให้กับมอเตอร์ไฟฟ้ากรแสตรง ทิศทางการหมุนจะเป็นไปตามกฎมือซ้าย ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 กฎมือซ้าย

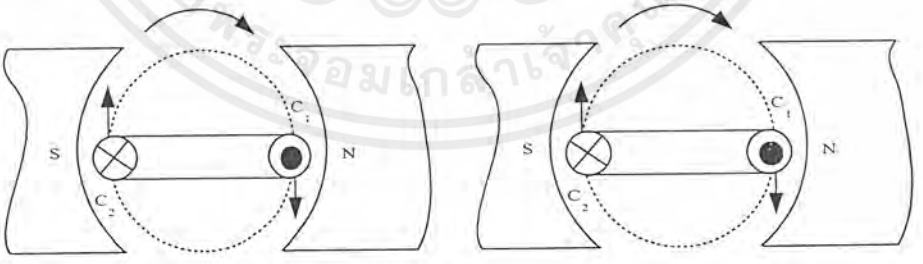
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง สามารถทำหน้าที่ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้นั้นสามารถอธิบายได้ดังนี้



รูปที่ 2.2 หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

จากรูปที่ 2.2 เมื่อทำการปลดโหลดที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ออกแล้วต่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง เข้าแทนที่ โดยที่ให้ขั้วบวกของแหล่งจ่ายต่อกับแปรงถ่าน (+)B_1 และจากนั้นต่อขั้วลบของแหล่งจ่ายต่อกับแปรงถ่าน (-)B_2ขณะนี้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำหน้าที่เป็นมอเตอร์กระแสจะไหลจากแหล่งจ่ายเข้าแปรงถ่าน (+)B_1 เข้าขดอาร์เมเจอร์และมาออกที่แปรงถ่าน (-)B_2 เข้าแหล่งจ่ายเป็นอันครบวงจรและมอเตอร์จะหมุนไปในทิศทางซึ่งเป็นไปตามกฎมือซ้าย โดยพิจารณาจากรูปที่ 2.3



(ก) (ข)

รูปที่ 2.3 หลักการของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

จากรูปที่ 2.2 และรูปที่ 2.3(ก) เมื่อใช้กฎมือซ้ายจะทำให้ได้ทิศทางการหมุนของมอเตอร์ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา เมื่อขดลวดมีการหมุนจากตำแหน่งเดิมไปเป็นมุม 90 องศา ลวดตัวนำ C_1 จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่ด้านบนสุดโดยซี่คอมมิวเทเตอร์ S_2 ของขดลวดตัวนำ C_2 จะเริ่มไม่แตะกับแปรงถ่าน B_2 จากนั้นจะเริ่มแตะกับแปรงถ่าน B_1 ทำให้กระแสเริ่มไหลกลับทิศทางโดยกระแสจะไหลจากแปรงถ่านของ B_1 ผ่านซี่คอมมิวเทเตอร์ S_2 เข้าลวดตัวนำ C_2 และ C_1 มาออกที่ซี่คอมเทเตอร์ S_1 และแปรงถ่าน B_2 กระแสในลวดตัวนำ C_1 จะมีทิศทางเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ ดังรูปที่ 2.3(ก)จนกระทั่ง C_1 อยู่ในตำแหน่งที่ต่ำสุด เมื่อเลยตำแหน่งนี้ไปกระแสในลวดตัวนำ C_1 จะไหลกลับทิศอีกโดยมีทิศทางดังรูปที่ 2.3(ก) และจะคงทิศทางนี้ไปเรื่อย ๆ จนถึงตำแหน่ง C_1 อยู่สูงสุด จากรูปที่ 2.3(ก) และรูปที่ 2.3(ข) จะเห็นได้ว่าลวดตัวนำซึ่งอยู่ใต้ขั้ว N จะมีกระแสไหลในทิศทางพุ่งออก ขณะที่ลวดตัวนำซึ่งอยู่ใต้ขั้ว S มีทิศพุ่งเข้า นั้นคือขณะที่ลวดตัวนำหมุนเคลื่อนที่ไปแม้จะอยู่ที่ตำแหน่งใดก็ตาม เนื่องจากทิศทางสัมพัทธ์ระหว่างกระแสและเส้นแรงแม่เหล็กไม่เปลี่ยนแปลงแรงที่กระทำต่อขดลวดจะมีทิศทางที่เสริมไปในทิศทางเดียวกันเสมอ

จากที่ได้กล่าวมา แม้ในกรณีที่มีขดลวดตัวนำมากกว่านี้ลวดตัวนำเส้นใดก็ตามซึ่งอยู่ใต้ขั้วแม่เหล็กเดียวกัน จะมีกระแสไหลในทิศทางเดียวกันหมด จึงทำให้แรงที่กระทำบนลวดตัวนำแต่ละเส้นมีทิศทางที่เสริมในแนวเดียวกัน ทำให้มอเตอร์หมุนไปได้ ในกรณีที่มีขดลวดมากพอสมควรนั้น ผลรวมของแรงที่กระทำบนขดลวดแต่ละขดที่เวลาใดๆ ให้ถือว่ามีค่าคงที่ และสำหรับมอเตอร์ในทางปฏิบัติจะเป็นไปตามนี้เช่นกัน จึงสรุปได้ว่า โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะเหมือนกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงทุกประการ ตัวอย่างอื่นในทำนองเดียวกันนี้ เช่น พัดลมเมื่อหมุนจะให้กระแสลมตรงกันข้ามถ้าให้กระแสลมปะทะตัวใบพัด พัดลมก็จะหมุน ในกรณีที่สามารถเปลี่ยนรูปที่ 2.3(ก) ให้เป็นรูปที่ 2.3(ข) และรูปที่ 2.3(ข) ให้กลับเป็นรูปที่ 2.3(ก) ได้ ในลักษณะเช่นนี้เรียกว่าการเปลี่ยนกลับไปมาได้

เมื่อเปรียบเทียบมอเตอร์กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะเห็นว่าลวดตัวนำของขดลวดซึ่งหมุนเคลื่อนไปในทิศทางเดียวกัน จะมีทิศทางการไหลของกระแสที่กลับกันตัวอย่างเช่น เมื่อต่อโหลดที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะทำให้มีกระแสไหลผ่านลวดตัวนำของขดลวด ซึ่งกระแสที่เกิดขึ้นพร้อมกับเส้นแรงแม่เหล็กที่อยู่นี้ จะทำให้เกิดแรงกระทำบนลวดตัวนำแต่ละเส้นของขดลวด ในทิศทางที่ต้านกับทิศทางที่ขดลวดกำลังหมุนอยู่เมื่อกระแสโหลดหรือกระแสผ่านลวดตัวนำมีค่ามากขึ้น แรงต้านนี้จะมากขึ้นด้วย ดังนั้นขณะที่ตัวขับเคลื่อนกำลังหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอยู่นั้นแรงต้านนี้จะมากขึ้นเรื่อยๆ จึงทำให้ต้องสูญเสียแรงขับเคลื่อนไปส่วนหนึ่ง ซึ่งเมื่อถูกนำไปใช้ในการหักล้างกับแรงต้านดังกล่าว เนื่องจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถทำหน้าที่เป็นมอเตอร์ไฟฟ้าได้ ดังนั้นไม่ว่าจะเป็นโครงสร้างและชื่อเรียกของแต่ละชิ้นตลอดจนวิธีการพันขดลวดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงจึงสามารถนำมาใช้กับกรณีของมอเตอร์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งตามลักษณะการกระตุ้น

การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ตามลักษณะการกระตุ้น จะเหมือนกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง โดยแบ่งออกเป็น 2 ชนิดดังนี้

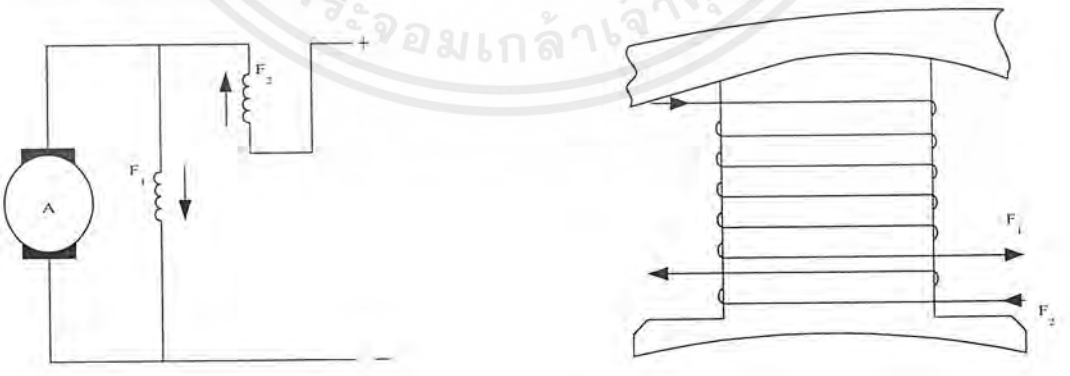
1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นแยก
2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นตัวเอง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทั้ง 2 ชนิด นี้สามารถแบ่งตามวิธีการต่อใช้งานได้ดังนี้

- มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน
- มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม
- มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นแยกนั้น กระแสที่ป้อนให้กับชุดของขดลวดสนามและขดลวดอาร์เมเจอร์จะมาจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากรแสตรงซึ่งแยกชุดกัน ส่วนแบบกระตุ้นตัวเองนั้นจะมาจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง โดยการปรับระดับแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์ จะใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นแยกเป็นกรณีพิเศษเท่านั้น แต่โดยทั่วไปจะใช้แบบกระตุ้นตัวเองเป็นส่วนมากสำหรับลักษณะการต่อวงจรของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม แบบขนาน แบบผสมนั้น จะเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงทุกประการ

สำหรับการต่อวงจรภายในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมนั้น จะมีด้วยกัน 2 ลักษณะคือ ต่อในลักษณะที่ให้แอมแปร์เทอร์จากขดลวดสนามแบบขนานเสริมหรือหักล้างกับขดลวดสนามแบบอนุกรม มอเตอร์ที่ต่อในลักษณะแรกนี้เรียกว่า มอเตอร์คอมปาวด์คิวมูเลทีฟ และแบบหลังเรียกว่า แบบดิฟเฟอเรนเชียล ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.4 และรูปที่ 2.5 ตามลำดับ

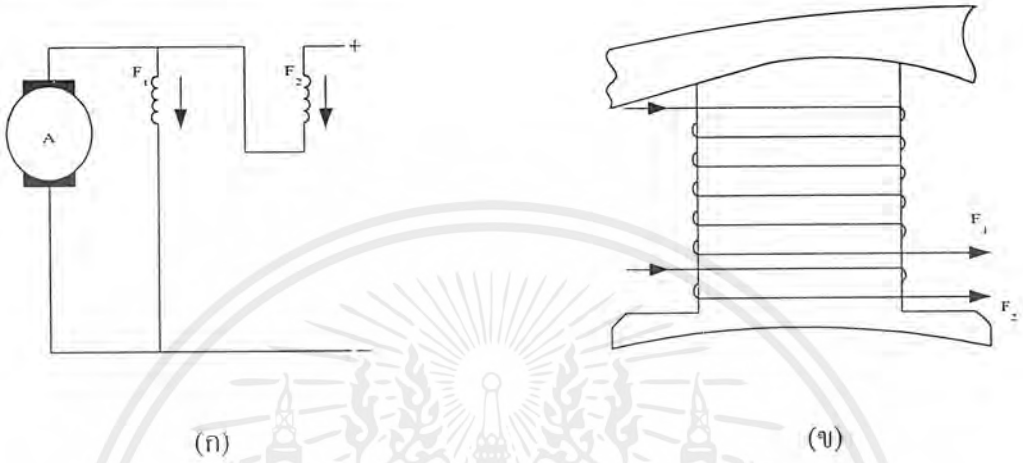


(ก) (ข)

รูปที่ 2.4 มอเตอร์คอมปาวด์แบบคิวมูเลทีฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.4 (ก) และ (ข) แสดงทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้า จากขดลวดสนามแบบขนานและขดลวดสนามแบบอนุกรมของมอเตอร์แบบคอมปาวด์แบบคิวมูเลทีฟ ส่วนรูปที่ 2.5 (ก) และในรูปที่ 2.5 (ข) แสดงทิศทางกรณีดิฟเฟอเรนเชียล



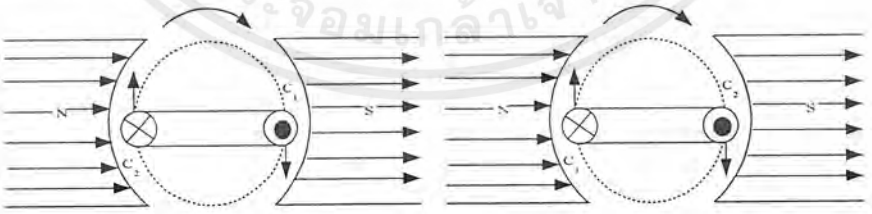
(ก) (ข)

รูปที่ 2.5 มอเตอร์คอมปาวด์แบบดิฟเฟอเรนเชียล

2.2.3 ทฤษฎีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

แรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ

เมื่อมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงหมุนลวดตัวนำแต่ละเส้นซึ่งมีกระแสไหลผ่านจะตัดกับเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กใหญ่ ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้ามาจำนวนหนึ่งในทิศทางที่สวนกับทิศทางของกระแสที่ป้อนให้กับมอเตอร์ ลองพิจารณาทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับดังรูปที่ 2.6



(ก) ทิศทางแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับของอาร์เมเจอร์ (ข) ทิศทางกระแสของอาร์เมเจอร์

รูปที่ 2.6 ทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ

สมมติให้เส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กใหญ่ และการหมุนของขดลวดนี้จะมีทิศทางดังแสดงในรูปที่ 2.6 (ก) ขณะนี้แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตในลวดตัวนำ C_1 และ C_2 จะมีทิศทางพุ่งเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และพุ่งออกตามลำดับ แต่การที่ลวดตัวนำยังคงหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกาได้นั้น จากกฎมือซ้าย กระแสที่ไหลในเส้นลวดตัวนำ C_1 และ C_2 จะมีทิศทางดังแสดงในรูปที่ 2.6 (ข) เท่านั้น นั่นคือมีจะทิศทางของกระแสที่ตรงข้ามกับแรงเคลื่อนไฟฟ้า แรงเคลื่อนที่ผลิตขึ้นในรูปที่ 2.6 (ก) สำหรับกรณีของมอเตอร์เท่านั้นเรียกว่า แรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ เนื่องจากแรงเคลื่อนกลับเกิดจากการที่ลวดตัวนำหมุนตัดผ่านเส้นแรงแม่เหล็ก จากขั้วแม่เหล็กใหญ่ และในทำนองเดียวกับในกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงจึงมีสมการเหมือนกับกรณีของการหาแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นได้ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังนี้

$$E_b = p\Phi \times \frac{n}{60} \times \frac{Z}{a} \qquad (2.1)$$

เมื่อกำหนดให้ Eb คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับ

p คือ จำนวนขั้วแม่เหล็ก

Φ คือ จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กต่อหนึ่งขั้วแม่เหล็ก

n คือ จำนวนวงขนานระหว่างขั้วบวกกับขั้วลบ

Z_c คือ จำนวนเส้นลวดตัวนำทั้งหมดบนอาร์เมเจอร์

จากสมการที่ (2.1) เนื่องจากแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับแปรผันตรงกับจำนวนรอบหมุนของมอเตอร์ดังนั้นในกรณีที่มอเตอร์ไม่เริ่มหมุน (N=0) แรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับจะมีค่าเท่ากับศูนย์ด้วย กำหนดมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 4 กิโลวัตต์ 200 โวลต์ ความต้านทานภายในของอาร์เมเจอร์เป็น 0.5 โอห์ม ถ้าป้อนไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 200 โวลต์ ให้กับมอเตอร์ในสภาพที่หยุดหมุน จะเห็นว่ากระแสจะไหลในขดอาร์เมเจอร์ทันทีถึง 400 โวลท์ $\left(\frac{200}{0.5}\right)$ แต่เนื่องจากกระแสที่ไหลในขดอาร์เมเจอร์ แม้ที่ตำแหน่งโหลดเต็มที่ก็จะมีขนาดน้อยกว่านี้มากประมาณ 25 แอมป์แปร์เป็นอย่างสูง การที่กระแสไหลในขดอาร์เมเจอร์ขณะที่มอเตอร์หมุนด้วยกระแสเพียง 25 แอมป์แปร์ได้นั้น เนื่องมาจากแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับที่เกิดขึ้นนี้จะพยายามต้านกระแสจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างกระแส และแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับในวงจรอาร์เมเจอร์ ดังในรูปที่ 2.7 สามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$I_a = \frac{V - E_b}{r_a} \tag{2.2}$$

หรือ

$$V = E_b + I_a r_a$$

ก็จะได้

$$E_b = V - I_a r_a \tag{2.3}$$

เมื่อกำหนดให้ V คือ แรงดันจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงระหว่างคู่แปรงถ่าน

E_b คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ

r_a คือ ความต้านทานภายในทั้งหมดในวงจรของอาร์เมเจอร์

I_a คือ กระแสอาร์เมเจอร์

กรณีมอเตอร์ทำงานที่โหลดเต็มที่แรงดันตกคร่อม $I_a r_a$ มีค่าประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ของ V ขณะที่มอเตอร์หมุน เนื่องจาก $E_b = 0$ จะได้

$$I_s = \frac{V}{r_a} \tag{2.4}$$

โดยที่ I_s คือ กระแสตอนเริ่มเดินเครื่องมีหน่วยเป็นแอมป์แปร์(A)

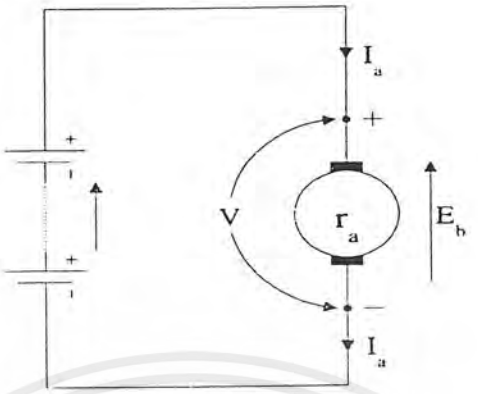
จากสมการที่ (2.2) และ (2.4) สามารถกล่าวได้ว่า ขณะที่มอเตอร์ยังไม่เริ่มหมุน เมื่อป้อนไฟฟ้ากระแสตรงจะมีกระแส I_s ดังสมการที่ (2.4) จำนวนมากไหลในขดอาร์เมเจอร์มอเตอร์จะหมุนด้วยความเร็วรอบสูงในทันทีทำให้ E_b มีค่าสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว กระแสในอาร์เมเจอร์จะมีค่าลดลงเรื่อยๆ จนมีค่าคงที่ในที่สุด

แรงดันระหว่างแปรงถ่านและแรงดันระหว่างขั้ว

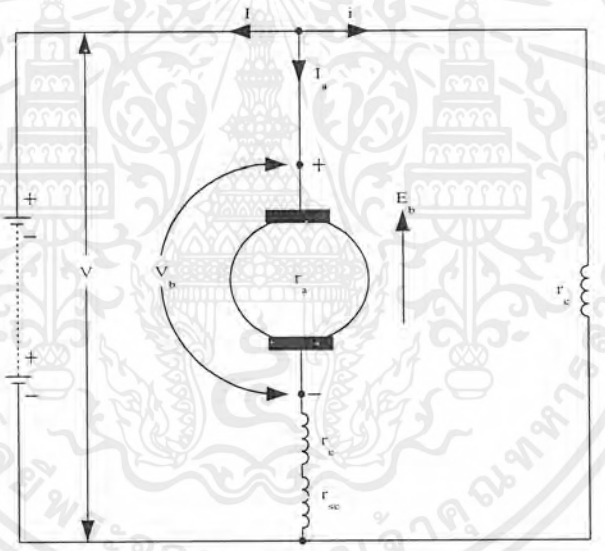
จากรูปที่ 2.7 แรงดันระหว่างแปรงถ่านและแรงดันระหว่างขั้วจะมีค่าเท่ากัน แต่ในกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีอินเทอร์โพล หรือกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบคอมปาวด์แรงดันทั้งสองจะมีค่าต่างกันเล็กน้อย

จากรูปที่ 2.8 เป็นมอเตอร์คอมปาวด์แบบลองชันต์ ซึ่งมอเตอร์โดยทั่วไปจะมีลักษณะการต่อเช่นนี้เป็นส่วนมาก ในรูปที่ 2.8 นี้แรงดันระหว่างขั้วจะมีค่ามากกว่าแรงดันระหว่างแปรงถ่านด้วยค่าแรงดันตกคร่อมขดอนุกรมและขดคอมมิวเทต (หรือขด อินเทอร์โพล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับในวงจรอาร์เมเจอร์



รูปที่ 2.8 แรงดันระหว่างแปรงถ่านและแรงดันระหว่างขั้วมอเตอร์คอมปาวด์แบบลองชันต์

เมื่อกำหนดให้ V_b คือ แรงดันระหว่างแปรงถ่าน

r_{sc} คือ ความต้านทานภายในของขดซีรีส์

r_b คือ ความต้านทานภายในของขดคอมมิเทต

จาก

$$V = V_b + I_a(r_{sc} + r_c) \tag{2.5}$$

แต่

$$V_b = E_b + I_a r_a \tag{2.6}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น

$$V = E_b + I_a r_a + I_a(r_{sc} = r_c) \tag{2.7}$$
$$= E_b + I_a(r_a + r_{sc} + r_c)$$

จะได้

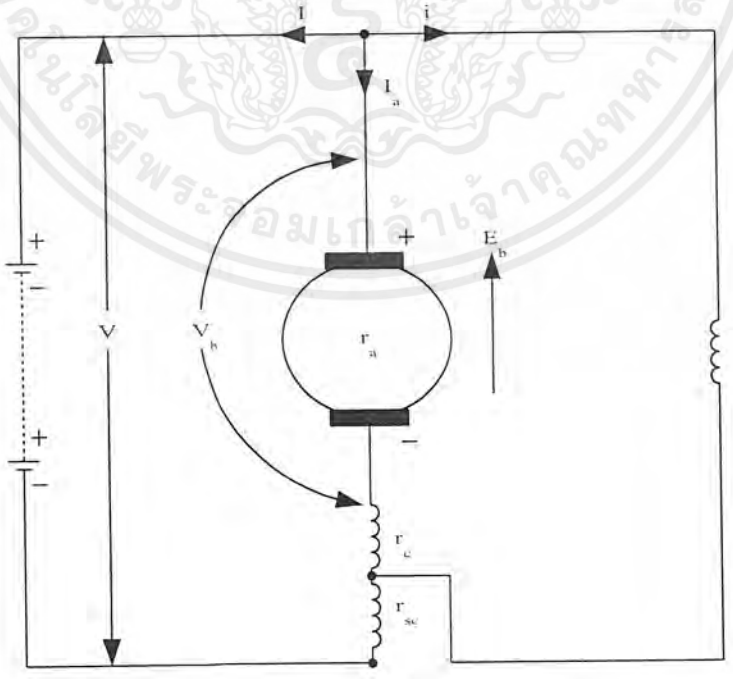
$$I_a = \frac{V - E_b}{r_a + r_{ac} + r_c} \tag{2.8}$$

ในรูปที่ 2.9 เป็นมอเตอร์คอมปาวด์แบบช็อตชันต์ซึ่งจะได้ว่า

$$V = V_b + I_a r_c + (I_a + i) r_{sc} \tag{2.9}$$
$$= E_b + I_a r_c + I_a r_c + I_a r_{sc} + i r_{sc}$$
$$= E_b + I_a(r_a + r_c + r_{sc}) + i r_{sc}$$

จึงได้

$$I_a = \frac{V - E_b - i r_{sc}}{r_a + r_{sc} + r_c} \tag{2.10}$$



รูปที่ 2.9 แรงดันระหว่างแปรงถ่านและแรงดันระหว่างขั้วมอเตอร์คอมปาวด์แบบชอร์ตชันต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากในทางปฏิบัติ r_{sc} และ i มีค่าน้อยมากเพราะฉะนั้น ir_{sc} จึงมีค่าน้อยมากสามารถตัดทิ้งได้

$$I_a = \frac{V - E_b}{r_a + r_{sc} + r_c} \tag{2.11}$$

นั้นคือไม่ว่ามอเตอร์จะเป็นแบบช็อตชันต์หรือลองชันต์จะมีสมการของ i_a ที่เหมือนกันเสมอ

สมการเอาต์พุตของอาร์เมเจอร์

จากสมการที่ (2.3) จะได้ว่า

$$V = E_b + I_a r_a \quad (\text{V}) \tag{2.12}$$

หรือ

$$E_b = V - I_a r_a \quad (\text{V}) \tag{2.13}$$

เมื่อคูณ I_a ตลอดจะได้

$$VI_a = E_b I_a + I_a^2 r_a \tag{2.14}$$

หรือ

$$E_b = VI_a - I_a^2 r_a \tag{2.15}$$

โดยที่ VI_a คือ กำลังไฟฟ้าทางด้านอินพุตที่ป้อนให้กับอาร์เมเจอร์

$I_a^2 r_a$ คือ การสูญเสียจากลวดตัวนำในอาร์เมเจอร์

เมื่อหัก $I_a^2 r_a$ ออกจาก VI_a จะเหลือ $E_a I_a$ ซึ่งเป็นกำลังไฟฟ้าส่วนที่เปลี่ยนเป็นกำลังกล ภายในอาร์เมเจอร์ กำหนดให้เป็น P_{ar} ดังนั้นจะได้ P_{ar} ดังสมการ

$$P_{ar} = E_b I_a \tag{2.16}$$

กำลังกล (P_{ar}) บางส่วนนั้นจะเกิดการสูญเสียไปในรูปแบบการสูญเสียทางกล และการสูญเสียในแกนเหล็กจึงไม่สามารถปรากฏออกมาให้เห็นได้หมด จากสมการที่ (2.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Eb = \frac{p}{a} \times \frac{n}{60} \times Z_c \times \Phi \qquad \text{(V)} \qquad (2.17)$$

เนื่องจากมอเตอร์ซึ่งสร้างสำเร็จรูปนอกจาก n และ Φ แล้วค่าอื่นๆ คือ $\frac{p}{a}$, Z_c มีค่าคงที่ ทั้งหมดจึงสามารถเขียนสมการใหม่ได้ดังนี้

$$Eb = Kn\Phi \qquad (2.18)$$

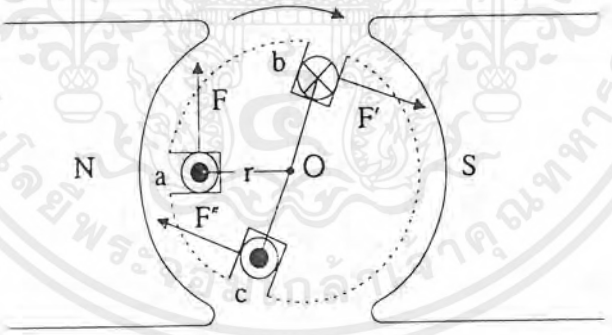
โดยที่

$$K = \frac{p}{a} \times \frac{Z_c}{60} \qquad (2.19)$$

เมื่อคูณ I_a ตลอดจะได้

$$E_b I_a = K_n \Phi I_a = P_{ar} \qquad (2.20)$$

ทอร์คของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง



รูปที่ 2.10 โมเมนต์ซึ่งลวดตัวนำอาร์เมเจอร์กระทำรอบจุดศูนย์กลาง

รูปที่ 2.10 แสดงแรงที่กระทำบนลวดตัวนำ (a) ซึ่งห่างจากจุดศูนย์กลาง เป็นระยะ r (หน่วยเป็นเมตร) ในทิศทางสัมผัสกับเส้นรอบวงของแกนเหล็กอาร์เมเจอร์ที่ตำแหน่งนี้กำหนดค่าให้เป็น F นิวตัน ดังนั้นแรงที่กระทำบนลวดตัวนำนี้จะมีโมเมนต์เท่ากับ $F \times r$ ซึ่งจะพยายามขับเคลื่อนแกนเหล็กอาร์เมเจอร์มีร่อง (สล็อต) เป็นจำนวนมาก และแต่ละร่องมีลวดตัวนำมากเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นแรงที่กระทำบนลวดตัวนำทั้งหมดจะมีโมเมนต์ซึ่งพยายามขับเคลื่อนแกนเหล็กให้หมุนไปในทิศทางเดียวกัน เมื่อรวมโมเมนต์ทั้งหมดนี้เข้าด้วยกันจะได้ผลรวมของโมเมนต์ดังนี้

$$T_a = (Fr + F'r + F''r + ...) \tag{2.21}$$

โดยที่ T_a คือ ทอร์คที่เกิดขึ้นมีหน่วยเป็น N-m

ดังนั้นทอร์คคือ ผลรวมของโมเมนต์ของแรงที่กระทำต่อลวดตัวนำรอบจุดศูนย์กลาง

สมการของความเร็วรอบ

จากสมการที่ (2.3) และ (2.7) จะได้

$$E_b = V - I_a r_a \tag{2.22}$$

และ

$$E_b = K\Phi n$$

$$n = \frac{E_b}{K\Phi} = \frac{V - I_a r_a}{K\Phi} \tag{2.23}$$

จะได้

$$n \approx \frac{V}{K\Phi} \quad \text{(รอบต่อนาที ; rpm)} \tag{2.24}$$

$I_a r_a$ ในสมการนี้ประมาณว่ามีค่าน้อยมาก ซึ่งควรใช้เฉพาะกรณีที่มี I_a หรือกระแสโหลดไม่มากนักเท่านั้น จะเห็นว่าความเร็วรอบแปรผันโดยตรงกับแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับและจะแปรผันผกผันกับจำนวนเส้นแรงแม่เหล็ก

ความสามารถในการปรับกระแสได้เองตามขนาดของโหลด

เมื่อป้อนแรงดัน V คงที่ให้กับมอเตอร์แบบอนุกรมและให้ทำงานที่โหลดต่ำๆ มอเตอร์จะหมุนด้วยความเร็วรอบ (n) ค่าหนึ่ง และจะดึงกระแสจากแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรงด้วยค่า I_a ค่าหนึ่ง เนื่องจากกำลังงานที่ด้านเอาต์พุตของมอเตอร์ในขณะนี้มีน้อย VI_a จึงมีค่าน้อยด้วย นั้นคือกระแส I_a ที่แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจ่ายออกจะต้องมีค่าต่ำด้วย เมื่อให้มอเตอร์ทำงานที่โหลดมากๆ VI_a จะต้องมีค่ามากขึ้น สำหรับกรณีที่แรงดันของแหล่งจ่ายมีค่าคงที่ I_a จำเป็นต้องมีค่ามากขึ้นด้วย นั้นคือเมื่อโหลดน้อยมอเตอร์จะดึงกระแสจากแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงน้อย และเมื่อโหลดมากจะดึงกระแสมากขึ้นโดยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถในการเร่งหรือหน่วงความเร็วรอบ

ลองพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างโหลดทอร์คซึ่งเป็นโหลดที่ทอร์คต้องการ กับมอเตอร์ทอร์คซึ่งเป็นทอร์คที่มอเตอร์จ่ายให้กับโหลด เพื่อให้เข้าใจได้ง่ายขึ้นจะยกตัวอย่างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม ในการอธิบายการหมุนของมอเตอร์ในขณะที่มีโหลดทางกลนั้น จะเท่ากับการใส่แรงเบรกกระทำต่อแกนของอาร์เมเจอร์ เมื่อโหลดทอร์คสูงขึ้นก็จะเท่ากับแรงเบรกที่กระทำต่อแกนอาร์เมเจอร์มีค่ามากขึ้น นั้นคือขณะที่มอเตอร์กำลังหมุนภายใต้โหลดค่าหนึ่งด้วยเสถียรภาพที่ดี ถ้าให้โหลดทอร์คมีค่าสูงขึ้นจะทำให้เกิดความหน่วงขึ้น ความเร็วรอบ (n) จะมีค่าลดลง สำหรับกรณีมอเตอร์แบบอนุกรมถ้าแรงดันระหว่างขั้วมีค่าคงที่ ก็อาจทำให้ Φ มีค่าไม่เปลี่ยนแปลง (ในทางปฏิบัติเนื่องจากอาร์เมเจอร์รีแอกชันทำให้ Φ มีค่าเปลี่ยนแปลงไปบ้าง) ดังนั้นถ้ากรณีความเร็วรอบน้อยลงแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ (E_b) จะมีค่าต่ำลง

แต่เนื่องจากกระแส $$I_a = \frac{(V - E_b)}{r_a}$$

และทอร์ค $$(T) = K'\Phi I_a$$

มอเตอร์ทอร์คจะมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นความเร็วรอบจะลดลงเรื่อยๆ จนกระทั้งทำให้ทอร์ค (T) เท่ากับโหลดพอดี จากนั้นมอเตอร์จะเริ่มทำงานที่ตำแหน่งใหม่นี้

ในทางตรงกันข้ามถ้าโหลดทอร์คมีค่าน้อยกว่ามอเตอร์ทอร์ค แรงที่หมุนอาร์เมเจอร์จะมากกว่าแรงเบรก ทำให้เกิดความเร่งเพิ่มขึ้นและความเร็วรอบจะเพิ่มขึ้น เมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับจะมีค่ามากขึ้น

กระแส $(I_a) = \frac{(V - E_b)}{r_a}$ จะมีค่าน้อยลง

และทอร์ค $(T) = K'\Phi I_a$ จะมีค่าลดลงด้วย

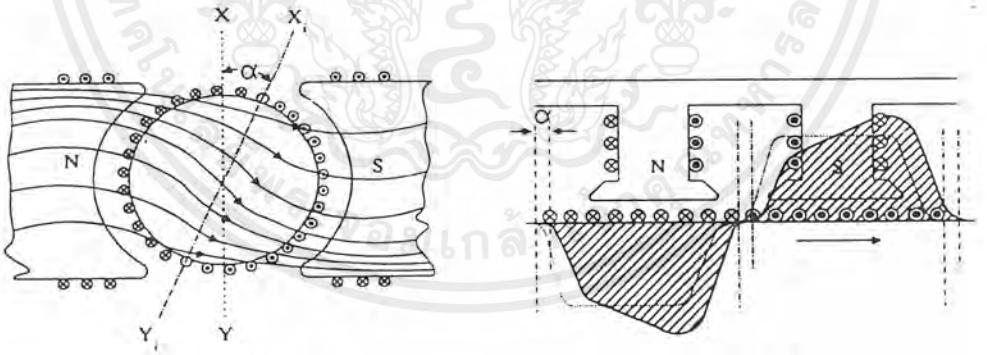
ความเร่งจะมีค่าน้อยลงจนมีค่าเป็น 0 เมื่อทอร์คจากมอเตอร์มีค่าเท่ากับโหลดทอร์คพอดี จากนั้นมอเตอร์จะเริ่มทำงานที่ตำแหน่งใหม่นี้ ในการเริ่มเดินมอเตอร์จากสภาพที่หยุดนิ่งไป จนกระทั้งเริ่มหมุนนั้น แรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ (E_b) จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จาก $E_b = 0$ ในช่วงแรกสุดนั้นเนื่องจากมีกระแสสูงมาก ทอร์คจากมอเตอร์จะมีค่าสูงกว่าโหลดทอร์คมากจึงทำให้เกิดความเร่งสูงมาก ความเร็วรอบจะสูงขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั้งโหลดทอร์คเท่ากับมอเตอร์ทอร์คและความเร็วรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คงที่ โหลดทอร์คจะเปลี่ยนตามความเร็วรอบหรือมีค่าคงที่เมื่อความเร็วรอบเปลี่ยนไป หรือไม่ก็ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของโหลด ตัวอย่างเช่น พัดลมนั้นยิ่งหมุนที่ความเร็วรอบสูงขึ้น โหลดทอร์คหรือทอร์คที่โหลดต้องการจะยิ่งมีค่ามากขึ้น ในขณะที่เครื่องกลึงไม่ว่าความเร็วรอบจะเปลี่ยนไปอย่างไรก็ตาม โหลดจะต้องการทอร์คเกือบคงที่โดยตลอด

อาร์เมเจอร์รีแอกชัน

เมื่อมีกระแสไหลในขดอาร์เมเจอร์ ก็จะมีเส้นแรงแม่เหล็กอันเนื่องมาจากแรงเคลื่อนไฟฟ้าของขดอาร์เมเจอร์ที่เกิดขึ้น และทำให้เส้นแรงแม่เหล็กรวมนี้เบี้ยวเอนไปจากเดิม เมื่อกระแสของอาร์เมเจอร์มากขึ้นการเบี้ยวเอนก็ยิ่งมากขึ้น นั่นคือแกนนิวทรัลของเส้นแรงแม่เหล็กจะเคลื่อนไปจากเดิม เหตุการณ์เช่นนี้จะเหมือนกับกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงทุกประการ จะต่างกันตรงที่ว่า ทิศทางของกระแสที่ไหลในขดลวดตัวนำที่อยู่ใต้ขั้วแม่เหล็ก N และ S ที่ทิศทางการหมุนของ อาร์เมเจอร์เดียวกันจะต่างกัน ดังได้กล่าวไว้แล้วว่ากรณีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทิศทางการไหลของกระแสจะมีทิศทางเดียวกันกับทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ได้ในแต่ละกรณีของมอเตอร์นั้น เนื่องจากทำงานในรูปของแรงเคลื่อนไฟฟ้า กระแสจึงไหลในทิศทางที่ตรงกันข้ามกับแรงเคลื่อนไฟฟ้า ดังนั้นแรงเคลื่อนไฟฟ้าของอาร์เมเจอร์ที่เกิดขึ้น จึงมีทิศตรงกันข้ามกับกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วย เพื่อความเข้าใจลองพิจารณารูปที่ 2.11 และรูปที่ 2.12



(ก) (ข)

รูปที่ 2.11 อาร์เมเจอร์รีแอกชันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

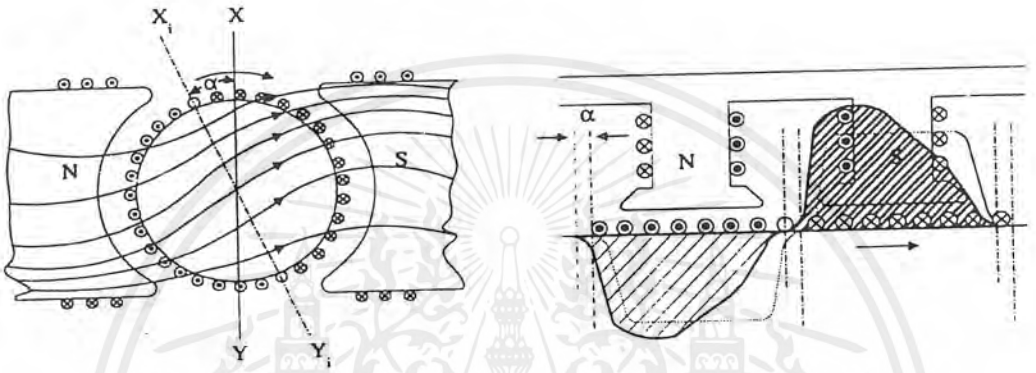
ผลของอาร์เมเจอร์รีแอกชันที่เกิดขึ้นในกรณีที่เกิดกับมอเตอร์นี้ จะเหมือนกับกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทุกประการ ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาหลายประการ เช่น จะทำให้เกิดปัญหาในการคอมมิวเทต และจะทำให้เกิดการครอสแมกเนไตซิงฟิลด์ (cross magnatizing field) ขึ้น จึงมีความจำเป็นต้องติดตั้งอินเตอร์โพลและคอมเพนเสตติ้งโพล (Compenseting pole) เช่นเดียวกับกรณีของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง แต่สำหรับมอเตอร์ซึ่งไม่ได้ติดตั้งอินเตอร์โพลไว้นั้นเนื่องจากแกนนิวทรัลเลื่อนไปจากเดิม

ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนแปรงถ่านไปด้วย แต่ต้องเลื่อนไปในทิศทางสวนกับทิศทางการหมุนของมอเตอร์เพื่อให้เกิดแรงดันคอมมิวเทตในขดอาร์เมเจอร์ขึ้นจะเห็นได้ว่าในการเลื่อนแปรงถ่านจะเลื่อนในทิศทางตรงข้ามกับกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 2.12



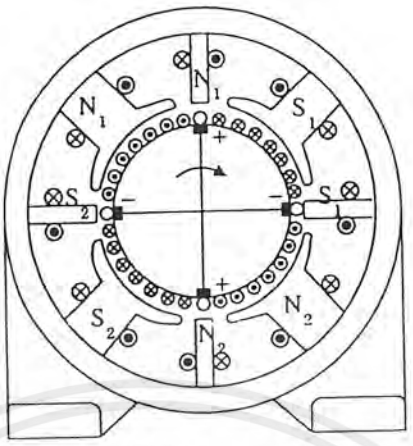
รูปที่ 2.12 อาร์เมเจอร์รีแอกชันของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

จากเหตุการณ์ในทำนองเดียวกันนี้ ขั้วของอินเตอร์โพลจะตรงข้ามกับกรณีของเครื่องกำนิดไฟฟ้า เมื่อมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีทิศทางการหมุนเดียวกัน

กล่าวคือในกรณีของมอเตอร์ ขั้วของอินเตอร์โพลจะต้องมีชนิดของขั้วตรงข้ามกับชนิดของขั้วแม่เหล็กใหญ่อันต่อไป ในทิศทางการหมุนเป็นขั้วใต้ (S) อินเตอร์โพลจะต้องเป็นขั้วเหนือ (N) ดังรูปที่ 2.13

ในกรณีของมอเตอร์ก็เช่นเดียวกันกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงกล่าวคือจะต้องมีการอินเตอร์โพลเสมอ โดเฉพาะอย่างยิ่งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน เนื่องจากมอเตอร์ชนิดนี้จะเปลี่ยนความเร็วรอบด้วยการปรับกระแสสนามของขั้วแม่เหล็กใหญ่ ซึ่งเท่ากับว่าเป็นการเพิ่มหรือลดความแรงของขั้วแม่เหล็กใหญ่ และเป็นผลให้แกนนิวทรัลเลื่อนไปมาจากตำแหน่งเดิมอยู่ตลอดเวลา ในกรณีนี้ถ้าใช้การเลื่อนแปรงถ่านแทนการใช้อินเตอร์โพล การใช้อินเตอร์โพลในกรณีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จึงจำเป็นเสียยิ่งกว่ากรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ในการต่อขดอินเตอร์โพลจะต่ออย่างอนุกรมกับขดอาร์เมเจอร์เหมือนกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทุกประการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
37187



รูปที่ 2.13 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงพร้อมอินเตอร์โพล

ดังนั้นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งมีอินเตอร์โพลติดตั้งเรียบร้อยแล้ว มาป้อนกระแสเข้าที่ขั้วเพื่อให้ทำหน้าที่ของมอเตอร์แล้ว จะได้กระแสอาร์เมเจอร์ในทิศทางการไหลที่กลับกับกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้กระแสซึ่งไหลผ่านขดอินเตอร์โพลมีทิศทางซึ่งกลับกับกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและอินเตอร์โพลจะมีชนิดของขั้วที่กลับกันด้วย แต่เนื่องจากกระแสที่ไหลเข้าขดลวดสนามของขั้วแม่เหล็กใหญ่ ไม่ว่าจะเป็นกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือมอเตอร์เนื่องจากทิศทางของกระแสนี้ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ขั้วแม่เหล็กใหญ่จึงมีชนิดของขั้วเหมือนเดิมทุกประการนั้นคือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถทำหน้าที่ของมอเตอร์ได้ โดยไม่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงใดๆ ทั้งสิ้น

อินเตอร์โพลของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม

ในกรณีของมอเตอร์ไฟฟ้าแบบกระแสตรงแบบอนุกรม เมื่อกระแสโหลดเปลี่ยนแปลงกระแสสนาม หรือแรงเคลื่อนแม่เหล็กไฟฟ้าของขดลวดอนุกรมก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย และในขณะเดียวกันครอสแมกเนไตซิงแอมแปร์เทอร์นอันเนื่องมาจากอาร์เมเจอร์รีแอกชั่นจะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วยในอัตราส่วนเดียวกัน นั้นคือมุมที่แกนนิวทรัลเลื่อนไปจะมีค่าคงที่ไม่ว่ากระแสโหลดจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร ดังนั้นเมื่อตั้งแปรงถ่านให้เลื่อนไปหนึ่งครั้งภายใต้กระแสโหลดค่าหนึ่งแล้ว ที่กระแสโหลดอื่นๆ ก็คงตำแหน่งแปรงถ่านไว้เช่นนั้นได้ตลอด และไม่มีความจำเป็นที่ต้องใช้อินเตอร์โพลสำหรับกรณีเช่นนี้ แต่เนื่องจากในการนำมอเตอร์ไปใช้งานบางอย่าง เช่น ลิฟท์ มอเตอร์ที่ใช้งานด้านรถไฟฟ้า หรือมอเตอร์ที่นำมาประกอบเตียงอัตโนมัติตัวนี้เป็นต้น การหมุนของมอเตอร์ต้องมีทิศทางกลับไปกับมาอยู่บ่อยครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีเช่นนี้จะต้องเลื่อนตำแหน่งของแปรงถ่านกลับไปมาอยู่ตลอดเวลาเช่นกัน ปัญหาความไม่สะดวกนี้สามารถแก้ไขให้หมดสิ้นได้ด้วยการใช้อินเตอร์โพลเข้าไปทำงานร่วมกันกับส่วนต่างๆ ที่มีอยู่เดิมแล้ว

ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในเรื่องเครื่องกำเนิดไฟฟ้าว่า คอมเพนเสตติงไวน์ดิงนั้นจะมีการทำงานที่ต่างไปจากอินเตอร์โพลที่สำคัญคือ ชุดขดลวดนี้สามารถกำจัดอาร์เมเจอร์รีแอกชันได้หมดสิ้น การเบี้ยวเอนของสนามแม่เหล็กจึงไม่เกิดขึ้น สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานหรือแบบคิวมูเลทีฟคอมปาวด์ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอบมากกว่านั้น เนื่องจากในย่านความเร็วรอบสูงๆ สนามแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กใหญ่จะมีผลต่อความเร็วรอบน้อย ขณะที่อาร์เมเจอร์รีแอกชันมีผลต่อความเร็วรอบมาก สนามรวมก็จะเบี้ยวเอนไปจากเดิมมาก ซึ่งจะเป็นผลทำให้แรงดันระหว่างซี่คอมมิวเทเตอร์เพิ่มสูงขึ้น จนเกิดประการไฟที่น่ากลัวอันตรายขึ้นได้ ดังนั้นสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ขนาดกิโลวัตต์มากและความเร็วรอบสูง นั้นอาจอันตรายมากเกินไปจึงจำเป็นที่จะต้องติดคอมเพนเสตติงโพลเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดประกายไฟ ดังที่กล่าวมาแล้วเพราะไม่เช่นนั้นแล้วจะส่งผลกระทบหลายๆ ด้านไม่ว่าจะเป็นตัวชิ้นงานเองหรือตัวมอเตอร์เอง

การเปลี่ยนทิศทางการหมุน

การทำให้เตียงผู้ป่วยเปลี่ยนระดับขึ้นลงได้นั้น จำเป็นจะต้องสลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ ส่วนเครื่องจักรกลในโรงงานสามารถควบคุมการเดินหน้าถอยหลังได้ โดยการให้มอเตอร์มีทิศทางหมุนเดียวกันตลอด แต่ต้องอาศัยเกียร์ในการเปลี่ยนทิศทางการหมุนซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่กันอยู่ทั่วไป แต่ในบางโอกาสการเปลี่ยนทิศทางการหมุนของเครื่องจักรกลอาจใช้วิธีการเปลี่ยนทิศทางการหมุนของมอเตอร์โดยตรง

ทิศทางการหมุนของมอเตอร์สามารถหาได้โดยการอาศัยกฎมือซ้าย ดังนั้นไม่ว่าจะเปลี่ยนทิศทางเส้นแรงแม่เหล็กของขั้วแม่เหล็กใหญ่ (นั้นคือทิศทางของกระแสสนาม) หรือทิศทางการไหลของกระแสอาร์เมเจอร์ก็ตามอย่างใดอย่างหนึ่ง ก็สามารถกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ได้ สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมหรือแบบขนาน ถ้ากลับขั้วที่ต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแล้ว เนื่องจากทิศทางของกระแสอาร์เมเจอร์และทิศทางของกระแสสนามจะกลับพร้อมกัน ทิศทางการหมุนจะไม่เหมือนเดิมโดยไม่กลับทิศในกรณีที่มีอินเตอร์โพลติดตั้งอยู่นั้น ถ้าต้องการกลับทิศทางของกระแสอาร์เมอจอร์ก็จำเป็นที่จะต้องกลับทิศของกระแสอินเตอร์โพลไปพร้อมกัน นั้นคือในการกลับทิศทางนั่นให้ถือว่าขดอินเตอร์โพลและขดอาร์เมเจอร์เป็นขดลวดชุดเดียวกัน จะแยกกลับขดใดขดหนึ่งไม่ได้โดยเด็ดขาด เพราะนั้นอาจจะนำความเสียหายมาสู่ขดลวดภายในมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 คุณสมบัติของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

คุณสมบัติของมอเตอร์แบบขนาน

สำหรับกรณีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน เนื่องจากวงจรสนามและวงจรอาร์เมเจอร์ซึ่งต่อขนานกันได้รับไฟฟ้ากระแสตรงจากแหล่งจ่ายเดียวกัน เมื่อแรงดันของแหล่งจ่ายและความต้านทานสนามมีค่าคงที่ แม้โหลดจะมีค่าเปลี่ยนแปลงก็ตามถือว่า Φ มีค่าคงที่และจากสมการของทอร์คที่ว่า

$$To = K'\Phi I_a \tag{2.25}$$

โดยที่ $To \alpha I_a$ นั้นคือเส้นโค้งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทอร์คและกระแสจะมีลักษณะเกือบเหมือนเส้นตรงดังรูปที่ 2.14 ซึ่งเป็นรูปแสดงเส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างทอร์คและความเร็วรอบกับกระแสจากแหล่งจ่าย

สำหรับความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานนั้น จากสมการที่ 2.6 จะได้ดังสมการที่ 2.26

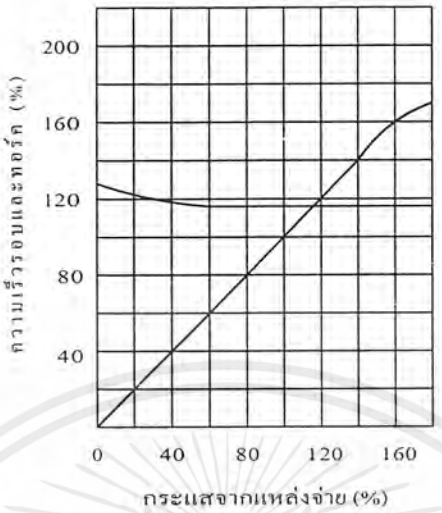
คือ

$$n = \frac{E_b}{K\Phi} = \frac{V - I_a r_a}{K\Phi} \tag{2.26}$$

ขณะการทำงานของมอเตอร์ถ้าหลดโหลดให้มีค่าต่ำลง I_a ก็จะมีค่าต่ำลงด้วยแต่เนื่องจาก Φ มีค่าเกือบคงที่เมื่อ V คงที่ ดังนั้นจากสมการที่ผ่านมาความเร็วรอบจะมีค่าเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ตรงกันข้ามถ้าให้โหลดหรือกระแส I_a มีค่าลดลง ความเร็วรอบจะลดน้อยลงมาก นั้นคือการรักษาระดับความเร็วรอบ (Speed Regulation) มีค่าน้อยมากดังแสดงด้วยเส้นโค้งในรูปที่ 2.14 และเส้นโค้งนี้เรียกว่า เส้นโค้งความเร็วรอบและกระแส ซึ่งมีลักษณะเกือบเป็นเส้นตรงในระดับแนวนอน

ที่กล่าวไว้แล้วนั้นไม่ได้คำนึงถึงเรื่องอาร์เมเจอร์รีแอชัน ถ้าคำนึงถึงอาร์เมเจอร์รีแอกชันด้วยแล้ว สำหรับกรณีที่ I_a มีค่าน้อยๆ Φ จะมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนกรณีที่ I_a มีค่ามากๆ Φ จะมีค่าลดลงบ้างเล็กน้อย ทำให้การรักษาระดับความเร็วรอบในภาวะการเปลี่ยนแปลงของโหลดมีค่าน้อยกว่ากรณีที่ไม่คำนึงถึงเรื่องอาร์เมเจอร์รีแอกชัน จากคุณสมบัตินี้จะเห็นว่ามอเตอร์แบบขนานจะเหมาะกับงานที่ต้องการรักษาระดับความเร็วน้อยๆ เป็นอย่างยิ่ง เช่น งานด้านเครื่องมือเครื่องจักร เป็นต้น แต่ไม่เหมาะกับงานที่ต้องการทอร์คสูงๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 เส้นโค้งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทอร์คและความเร็วรอบกับกระแสจากแหล่งจ่ายของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน

คุณสมบัติของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมจะต่างกับแบบขนานที่ว่า จำนวนเส้นแรงแม่เหล็ก Φ จะไม่คงที่ แต่จะมีค่าเพิ่มลดตามกระแส I_a และบริเวณเส้นตรงที่อยู่ต่ำกว่าส่วนโค้งงอของเส้นโค้งแมกนีไตเซชันลงมา

เนื่องจาก $\Phi \alpha I_a$

และ $\tau_a \alpha \Phi I_a$

ดังนั้น $\tau_a \alpha I_a^2$

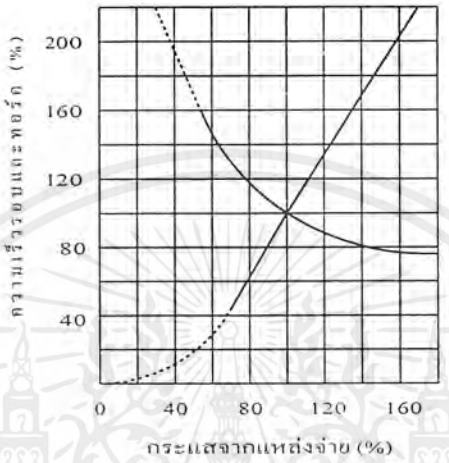
เมื่อ τ_a คือ ทอร์ค

α คือ เครื่องหมายแทนการแปรผัน

ถ้า I_a มีค่ามากจนทำให้ทุกๆ ส่วนของแกนแม่เหล็กอิ่มตัวแล้ว แม้จะเพิ่มกระแสให้มากกว่านี้ก็ตาม Φ จะมีค่าเกือบคงที่ คือหลังจากที่แกนแม่เหล็กเริ่มอิ่มตัวจะได้ทอร์คเท่ากับ $\tau_a \alpha I_a$ ดังนั้นเมื่อกระแส I_a มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงกว้าง ในย่านที่กระแส I_a มีค่าน้อยๆ จะได้ $\tau_a \alpha I_a^2$ และในย่านที่กระแส I_a มีค่ามากๆ ซึ่งก็จะได้ $\tau_a \alpha I_a$ ในทางปฏิบัตินั้นเนื่องจากบริเวณเส้นโค้งแมกเนไตเซชัน จะได้รับการออกแบบให้อยู่ใกล้เคียงกับโหลดพิกัด ถ้าใช้งานในย่านที่ต่ำกว่านี้จะได้ $\tau_a \alpha I_a^2$ ดังรูปที่ 2.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\tau_a \alpha I_a^2$ และในย่านที่กระแส I_a มีค่ามากๆ จะได้ $\tau_a \alpha I_a$ ในทางปฏิบัติเนื่องจากบริเวณเส้นโค้งแมกเนไตเซชัน จะได้รับการออกแบบให้อยู่ใกล้เคียงกับโหลดพิกัด ถ้าใช้งานในย่านที่ต่ำกว่านี้จะได้ $\tau_a \alpha I_a^2$ ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างทอร์คและความเร็วรอบกับกระแสจากแหล่งจ่ายของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม

โดยทั่วไปมอเตอร์จะใช้กระแส 1.3 ถึง 1.7 เท่าของกระแสพิกัดในการขับเคลื่อนให้หมุน ดั้งนั้นที่ใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์หมุนจะมีค่ามากกว่าทอร์คที่กระแสพิกัดมาก ยิ่งให้กระแสขับเคลื่อนนี้มีค่ามากทอร์คขับเคลื่อนก็จะยิ่งมีค่ามากเช่นกัน แต่สำหรับกรณีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบชันต์ เนื่องจากทอร์ค $\tau_a \alpha I_a$ ถ้าให้กระแสขับเคลื่อนมีค่า 1.5 เท่าจะได้ทอร์คขับเคลื่อนเพียง 1.5 เท่าของทอร์คพิกัดเท่านั้น แต่ถ้าเป็นกรณีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมแล้วจะได้ทอร์คขับเคลื่อนมากกว่า 1.5 เท่า (เนื่องจาก $\tau_a \alpha I_a^2$ จะได้ทอร์คขับเคลื่อนเป็น 2.25 เท่า แต่ถ้า $\tau_a \alpha I_a^{1.7}$ จะได้ทอร์คขับเคลื่อนเป็น 2 เท่า) นั่นคือ ถ้าใช้กระแสขับเคลื่อนในอัตราส่วนที่เท่าๆ กัน มอเตอร์แบบอนุกรมจะให้ทอร์คขับเคลื่อนได้มากกว่า

สำหรับสปีดเร็กกูเลชันจะเห็นว่ามอเตอร์แบบอนุกรมจะให้ความเร็วรอบที่เปลี่ยนไปมากเมื่อกระแสมีค่าเปลี่ยนไปเพียงเล็กน้อย ทั้งนี้ถึงแม้ว่า V จะมีค่าคงที่ก็ตามเมื่อกระแสโหลด I_a มีค่าเปลี่ยนแปลงไป Φ จะเปลี่ยนแปลงตามตาม I_a ด้วยและจากสมการ

$$n\alpha \frac{V - I(r_s + r_a)}{\Phi} \tag{2.27}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่าเมื่อ I_a เพิ่มขึ้นไม่เพียงแต่จำนวนเศษมีค่าลดลง แต่ในขณะเดียวกันจำนวนส่วนจะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นมอเตอร์แบบขนานจึงจัดอยู่ในประเภทความเร็วรอบคงที่ ขณะที่มอเตอร์แบบอนุกรม จัดอยู่ในประเภทที่สามารถเปลี่ยนค่าความเร็วรอบได้ดังแสดงในรูปที่ 2.15 ที่ผ่านมา

จากเส้นโค้งซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบกับกระแสมอเตอร์แบบอนุกรมนี้ จะเห็นว่า ไม่ว่าจะทำการขับเคลื่อนมอเตอร์ขณะที่ไม่มีโหลดหรือมีโหลดต่ออยู่น้อยมากโดยการป้อนกระแสที่แรงดันพิกัด หรือจะทำการปลดโหลดออกมาหมด หรือเพียงบางส่วนในขณะการทำงานของมอเตอร์ก็ตาม ความเร็วรอบของมอเตอร์จะมีค่าเพิ่มขึ้นมากอย่างน่ากลัวซึ่งลักษณะเช่นนี้เรียกว่า รันอะเวย์ (Runaway) และจำเป็นที่จะต้องหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดขึ้น ดังนั้นในกรณีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม จึงตั้งเป็นกฎข้อห้ามไม่ให้ใช้สายพานในการหมุนขับเคลื่อนระหว่างมอเตอร์กับโหลด ทั้งนี้ถ้าสายพานขาดหรือหลวมคลายตัวออกจะทำให้มอเตอร์เกิดรันอะเวย์ได้

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างทอร์คและกำลังทางอินพุทของมอเตอร์นั้น สำหรับกรณีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน เนื่องจาก $\tau_a \alpha I_a$ และ V มีค่าคงที่จะได้กำลังอินพุทดังนี้

$$P = VI_a\tau_a \tag{2.28}$$

นั่นคือ กำลังอินพุทจะแปรผันโดยตรงกับทอร์ค แต่สำหรับกรณีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมในย่านกระแสโหลดที่ต่ำกว่ากระแสพิกัดเนื่องจาก $\tau_a \alpha I_a^2$ จะได้กำลังอินพุตดังนี้

$$P = VI\alpha\sqrt{\tau_a} \tag{2.29}$$

และในย่านกระแสโหลดที่มีค่ามากๆ เนื่องจากแกนเหล็กเกิดการอิ่มตัวและ $\tau\alpha I_a$ จะได้กำลังอินพุตดังนี้

$$P = VI\alpha\tau_a \tag{2.30}$$

สำหรับการใช้งานทั่วไปๆ จะเห็นได้ว่ากำลังอินพุตของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม จะมีการเปลี่ยนแปลงตามการเปลี่ยนแปลงของทอร์คที่น้อยกว่ากรณีของมอเตอร์แบบขนาน

คุณสมบัติของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสม

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งอาศัยการทำงานร่วมกันของขดลวดอนุกรม (ให้ทอร์คขณะเริ่มเดินเครื่องสูง) และขดลวดแบบขนาน (ให้ความเร็วรอบคงที่) ในอัตราส่วนที่เหมาะสมนั้นก็คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบคิวมูเลทีฟคอมปาวด์ มอเตอร์ชนิดนี้จะให้กระแสจำนวนมาก ไหลผ่านขดลวดอนุกรมในช่วงเดินเครื่อง จึงให้คุณสมบัติของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมในช่วงนี้ กล่าวคือให้ทอร์คขณะเริ่มเดินเครื่องที่สูงกว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน ในปริมาณของกระแสเริ่มเดินเดียวกันหลังจากนั้นเมื่อความเร็วรอบ (n) สูงขึ้นเรื่อยๆ จนทำให้คุณสมบัติของขดลวดอนุกรมที่แสดงออกลดน้อยลง ในช่วงการทำงานของมอเตอร์ชนิดนี้จะแสดงคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานนั่นเอง

ในอุตสาหกรรมเกี่ยวกับการผลิตบางชนิด ซึ่งต้องการความเร็วรอบคงที่ตลอดไม่ว่าโหลดจะเปลี่ยนแปลงอย่างไรก็ตามนั้น แม้ว่าจะเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานก็ตาม ก็ไม่สามารถตอบสนองความต้องการนี้ได้ เพราะจากคุณสมบัติทางด้านความเร็วรอบของมอเตอร์แบบขนานนี้ จะเห็นว่าเมื่อโหลดมีการเปลี่ยนแปลงไปอัตราการเปลี่ยนแปลงของจำนวนเศษและส่วนในสมการความเร็วรอบจะมีค่าไม่เท่ากัน

ดังนั้นจึงสามารถหาจำนวนรอบ (n) ได้ดังนี้

$$n = \frac{E}{K} = \frac{V - I_a r_a}{K} \tag{2.31}$$

ปัญหานี้สามารถแก้ไขได้ โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบดิฟเฟอเรนเชียลคอมปาวด์ และในช่วงการเปลี่ยนแปลงของโหลดจากสภาวะไร้โหลดจนถึงโหลดเต็มที่นั้น จะให้อัตราการเปลี่ยนแปลงของจำนวนเศษ และจำนวนส่วนในสมการความเร็วรอบเท่ากันดังนั้นสปีดเรกูเลชันของมอเตอร์ชนิดนี้จะมีค่าประมาณศูนย์

แต่เนื่องจากมอเตอร์แบบนี้มีข้อเสียอย่างมากตรงที่ทอร์คขณะเริ่มเดินเครื่อง และในช่วงเริ่มเดินอาจหมุนกลับทิศได้ ทั้งนี้เพราะขดลวดอนุกรมและขดลวดแบบขนานซึ่งต่ออยู่ในลักษณะที่ให้แรงเคลื่อนแม่เหล็กหักล้างกัน ในช่วงเริ่มเดินเครื่องขดลวดอนุกรมจะมีแรงเคลื่อนแม่เหล็กสูงกว่าปกติมาก ในปัจจุบันจึงไม่นิยมใช้ และในกรณีที่ต้องใช้มอเตอร์ซึ่งใช้ความเร็วรอบคงที่ จะหันไปใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิดอื่นแทน

การรักษาระดับแรงดัน

การรักษาระดับแรงดันคือ เทอมซึ่งแสดงขนาดการเปลี่ยนแปลงของความเร็วอันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของโหลด ในมอเตอร์ที่ให้ความเร็วรอบคงที่ และยังหมายถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของจำนวนรอบหมุนจากสภาวะโหลดเต็มที่ มาเป็นสภาวะไร้โหลด ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด และอัตราการเปลี่ยนแปลงจะอยู่ในรูปเปอร์เซ็นต์ของความเร็วรอบในสภาวะโหลดเต็มที่ โดยที่มีคำจำกัดความนี้คล้ายกับโวลต์เตจเรกูเลชันในกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งวิธีการทดลองเพื่อหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าการรักษาระดับแรงดันคือ ให้การเดินเครื่องมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แบบขนาน หรือในแบบดิฟเฟอเรนเชียลคอมปาวด์อย่างใดอย่างหนึ่ง โดยการป้องกันพิกัดเข้าขั้วอินพุตมอเตอร์จากนั้นให้เพิ่มโหลดของมอเตอร์ขึ้นเรื่อยๆ จนมีค่าโหลดเต็มที่ หลังจากที่อุณหภูมิตามส่วนต่างๆ ของมอเตอร์เพิ่มขึ้นจนถึงจุดอิ่มตัวแล้ว ทำให้การวัดจำนวนรอบหมุนของมอเตอร์ขณะนั้นสมมติให้เป็น n จากนั้นให้เพิ่มโหลดของมอเตอร์ออกให้หมด แล้วจึงวัดความเร็วรอบ สมมติให้มีค่าเท่ากับ n_o อนึ่งแรงดันระหว่างขั้วที่ป้อนให้มอเตอร์นั้น จะต้องปรับไว้ที่ค่าคงที่เสมอตลอดการทดลอง สำหรับค่าความต้านทานในวงจรสนามนั้น จะต้องมีค่าคงที่เช่นเดียวกันโดยไม่มีการปรับจาก n และ n_o ที่วัดได้นี้สามารถคำนวณหาค่าการรักษาระดับแรงดันได้ดังนี้

$$\text{การรักษาระดับแรงดัน} = \frac{n_o - n}{n} \times 100(\%) \tag{2.32}$$

ประสิทธิภาพ

ให้ η คือ ประสิทธิภาพของมอเตอร์ ดั้งนั้นจะได้สมการ

$$\eta = \frac{Input}{Output} \times 100 \tag{2.33}$$

$$\eta = \frac{(Input) - (LoadIoss) - (FixIoss)}{Input} \times 100\% \tag{2.34}$$

เนื่องจากมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงเป็นอุปกรณ์เครื่องกลไฟฟ้าที่มีรูปร่างลักษณะเหมือนกันทุกประการ การหาค่าการสูญเสียจึงเหมือนกันทุกประการและโดยทั่วไปในการสูญเสียของเครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรงจะใช้ฟลักซ์ที่คงที่ (การเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์จากขั้วแม่เหล็กใหญ่อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของโหลดที่มีค่าต่ำเช่น มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน) นั้นสามารถแบ่งออกได้ 2 ชนิดคือ

1. การสูญเสียคงที่ (Fixloss) ซึ่งในทางปฏิบัติถือว่ามีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับขนาดของโหลด

2. การสูญเสียขณะที่มีโหลด (Lodeloss) ซึ่งมีค่าเปลี่ยนแปลงตามกระแสโหลดยกกำลังสองโดยประมาณ

สำหรับการสูญเสียของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งใชฟลักซ์ที่เปลี่ยนแปลง (การเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์จากขั้วแม่เหล็กใหญ่ตามการเปลี่ยนแปลงของโหลดมีค่ามาก เช่น มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม) นั้นทั้งหมดมีค่าเปลี่ยนแปลงตามขนาดของโหลดและความเร็วรอบ

กำหนดให้ V คือ แรงดันระหว่างขั้วค่าพิกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

I คือ กระแสที่ป้อนจากแหล่งจ่าย

i คือ กระแสในขดลวดสนามแบบขนาน

I_a คือ กระแสอาร์เมเจอร์ $(I-i)$

r_a คือ ความต้านทานในวงจรอาร์เมเจอร์ระหว่างขั้วแปรงถ่าน (รวมทั้งความต้านทานของขดอินเตอร์โพลด้วย) และเป็นค่าความต้านทานที่อุณหภูมิ 75^0 C

r_F คือ ความต้านทานในวงจรขดลวดสนามแบบชันต์ที่อุณหภูมิ 75^0 C

r_s คือ ความต้านทานในวงจรขดลวดสนามแบบซีรีที่อุณหภูมิ 75^0 C

ประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ค่ากระแส I ใดๆ ภายใต้แรงดันระหว่างขั้วพิกัด V ที่คงที่สามารถแสดงให้เห็นได้ดังนี้

การสูญเสียในขดลวดตัวนำของขดลวดอนุกรมและขดอาร์เมเจอร์ $= I_a^2(r_a + r_s)$

การสูญเสียคงที่ (P_K) = (การสูญเสียของขดลวดตัวนำในวงจรขดลวดสนามแบบขนาน + การสูญเสียในแกนเหล็ก+การสูญเสียทางกล)

ทั้งนี้ P_K เป็นค่าการสูญเสียคงที่ที่แรงดันพิกัดและความเร็วรอบพิกัด กรณีมอเตอร์ไฟฟ้าแบบอนุกรม $i = 0$ ดั้งนั้นการสูญเสียของขดลวดตัวนำในวงจรขดลวดสนามแบบขนานจึงมีค่า = 0

กรณีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมชนิดลองชันต์ได้ว่า

$$\eta = \frac{VI - I_a^2(r_a + r_s) - P_K}{VI} \times 100(\%) \qquad (2.35)$$

กรณีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบผสมชนิดช็อตชันต์นั้นจะได้

การสูญเสียจากขดอาร์เมเจอร์ $= I_a^2 r_a$

การสูญเสียจากขดลวดอนุกรม $= I_a^2 r_a$

ดังนั้นจะได้

$$\eta = \frac{VI - \left(I_a^2 r_a + I_a^2 r_s + P_K\right)}{VI} \times 100\,(\%) \qquad (2.36)$$

ประสิทธิภาพสูงสุด

จาก

$$\eta = \frac{VI\left(I_a^2 r_a + P_K\right)}{VI} \times 100 \qquad (2.37)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \left(1 - \frac{I_a^2 r_a + P_K}{VI}\right) \times 100$$

แต่

$$I = I_a$$

ดังนั้น

$$\eta = \left[1 - \frac{1}{V}\left(I_a r_a + \frac{P_K}{I_a}\right)\right] \times 100 \qquad (2.38)$$

นั่นคือประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อ $\left(I_a r_a + \frac{P_K}{I_a}\right)$ มีค่าต่ำสุด

เพราะว่า

$$\left(I_a r_a\right)\left(\frac{P_K}{I_a}\right) = r_a P_K = \text{ค่าคงที่} \qquad (2.49)$$

และ

$$\left(I_a r_a\right)^2 = \left(I_a r_a - \frac{P_K}{I_a}\right)^2 + 2 I_a r_a \times \frac{P_K}{I_a} \qquad (2.40)$$

$$\left(I_a r_a\right)^2 = \left(I_a r_a - \frac{P_K}{I_a}\right)^2 + \text{ค่าคงที่} \qquad (2.41)$$

จากสมการที่ (2.9) และ (2.10) จะได้ว่า $\left[I_a r_a + \left(\frac{P_K}{I_a}\right)\right]^2$ หรือ $I_a r_a + \left(\frac{P_K}{I_a}\right)$ มีค่าต่ำสุด

เมื่อ $\left[I_a r_a - \left(\frac{P_K}{I_a}\right)\right]^2$ มีค่าเท่ากับ 0

นั่นคือ

$$I_a r_a = \frac{P_a}{I_a}$$

ดังนั้นจะได้ประสิทธิภาพสูงสุด

$$P_K = I_a^2 r_a$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วๆ ไปแล้วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จะได้รับการออกแบบให้บริเวณโหลดพิกัดมีประสิทธิภาพสูงสุด ด้วยการพิจารณาค่าการสูญเสียแบบคงที่ และการสูญเสียของขดลวดตัวนำในอาร์เมเจอร์ (การสูญเสียขณะโหลด) หลักการพิจารณานี้ไม่เพียงแต่จะใช้กับกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเท่านั้นแม้ในกรณีของหม้อแปลงก็มีหลักการพิจารณาในทำนองเดียวกัน

2.2.5 การเดินเครื่องมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

สตาร์เตอร์

การทำให้มอเตอร์ซึ่งหยุดนิ่งหมุนเคลื่อนที่ด้วยการป้อนแรงดันระหว่างขั้วอินพุตนั้นเรียกว่า การเดินเครื่องหรือสตาร์ต

กำหนดให้

V คือ แรงดันแหล่งจ่าย

E_b คือ แรงดันไฟสลับ

I_a คือ กระแสอาร์เมเจอร์

โดยที่

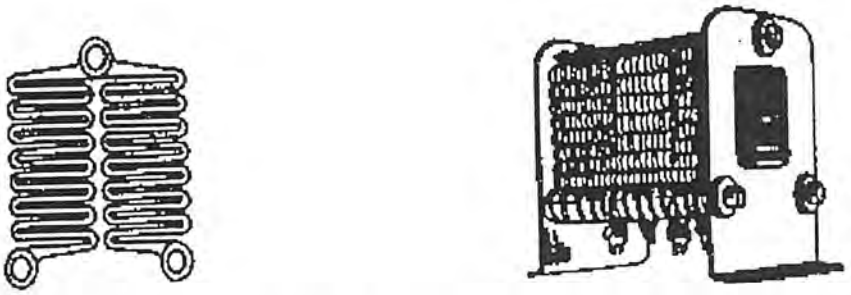
r_a คือ ความต้านทานในขดอาร์เมเจอร์

r_s คือ ความต้านทานในขดซีรี (กรณีแบบขนาน $r_s = 0$)

จะเห็นว่าเมื่อรักษาแรงดัน V ให้คงที่ ขณะที่ E_b มากขึ้น I_s มีค่าน้อยลง ดังนั้นที่ V คงที่ที่ค่าแรงดันพิกัดนั้น กรณีที่ความเร็วรอบ n มีค่ามาก E_b ซึ่งแปรผันโดยตรงกับ n จะมีค่ามากทำให้ $(V - E_b)$ มีค่าน้อย และแม้ $(r_a + r_s)$ มีค่าน้อยก็ตาม I_a ก็จะมีค่าจำกัดค่าหนึ่ง แต่ในขณะที่เริ่มเดินเครื่องมอเตอร์ให้หมุนนั้น เนื่องจากความเร็วรอบ n = 0 , $E_b = 0$ ด้วย และถ้าป้อน V ที่ค่าแรงดันพิกัดโดยทันทีแล้ว I_a จะมีค่าสูงเกินค่าพิกัดมาก (หลายสิบเท่าของค่าพิกัด) ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อขดอาร์เมเจอร์ได้ ดังนั้นเพื่อเป็นการกำจัด I_a ให้มีค่าต่ำลงในระยะแรกสุดของการเดินเครื่อง จะป้อนแรงดันระหว่างขั้ว V ให้มีค่าต่ำกว่าค่าแรงดันพิกัดมาก หลังจากนั้นจึงค่อยๆ เพิ่มแรงดันให้มีค่าสูงขึ้นเรื่อยๆ ในขณะที่ความเร็วรอบสูงขึ้นจนถึงค่าแรงดันพิกัด

แต่ในทางปฏิบัติแรงดันระหว่างขั้วจะมีค่าแรงดันที่ที่แรงดันพิกัดตลอด นับตั้งแต่เริ่มเดินเครื่องและในวงจรอาร์เมเจอร์จะมีสตาร์ตติงรีโอสตัต (Starting Rheostas) หรือสตาร์เตอร์ต่ออนุกรมกับกับอาร์เมเจอร์ แต่ในขณะที่เริ่มเดินเครื่องจะปรับสตาร์ตติงรีโอสตัตเนื่องจากมีกระแสอาร์เมเจอร์ไหลผ่านลวดความต้านทานที่ใช้จึงต้องเป็นเส้นหนาหรือมีลักษณะเป็นแถบ ในกรณีที่กระแสไหลผ่านมีค่ามากๆ นั้นจะใช้แผ่นความต้านทานซึ่งได้จากการหล่อลักษณะดังรูปที่ 2.16 (ก)

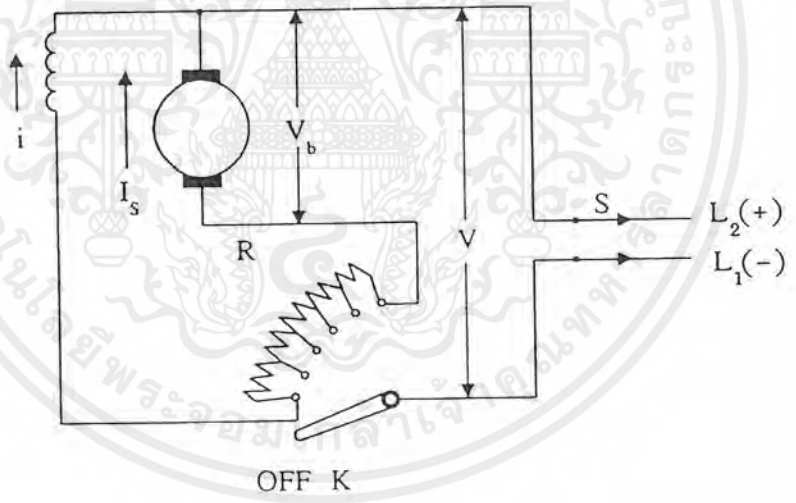
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ลักษณะแผ่นความต้านทานซึ่งได้จากการหล่อ (ข) ลักษณะของสตาร์ตติงรีโอสตัส

รูปที่ 2.16 ลักษณะของสตาร์ตติงรีโอสตัต

จำนวนแท็ป (Tap) หรือจุดแยก ในกรณีนี้จะน้อยกว่ากรณีของฟิลด์รีโอสตัตมาก ในวงจรของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบชันต์จะต่อสตาร์ตติงโอสตัตไว้ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 การต่อสตาร์ตติงรีโอสตัตในมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน

เมื่อมอเตอร์หยุดหมุนคันโยก K จะอยู่ที่ตำแหน่ง OFF เมื่อเริ่มเดินเครื่องคันโยก K จะเลื่อนมาอยู่ที่แท็ป 1 อาร์เมเจอร์จะครบวงจรและมอเตอร์จะหมุน ในขณะนี้เนื่องจากความต้านทานในวงจรอาร์เมเจอร์มีค่ามากที่สุด ดังนั้นกระแส I_s ในวงจรอาร์เมเจอร์จะต้องมีค่าจำกัดค่าหนึ่งและเนื่องจากที่แรงดันที่ป้อนให้กับวงจรสนามมีค่าเท่ากับแรงดันพิกัดสนามจึงมีความแรงมาก ทำให้ทอร์คช่วงนี้มีค่าสูงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้ R คือ ความต้านทานทั้งหมดของสตาร์ตติงรีโอสตัต

I_s คือ กระแสในขณะเริ่มเดินเครื่อง

$$I_s = \frac{V}{(r_s + r_a) + R} \tag{2.43}$$

ในสมการนี้จะได้ว่า I_s มีค่าขึ้นกับขนาดของ R เท่านั้น ถ้าให้ I เป็นกระแสที่โหลดพิกัด R จะมีขนาดต่างๆ เพื่อให้ได้ค่า I_s ตามลักษณะการใช้งานดังนี้

ในกรณีที่ทำการหยุดและเดินเครื่องไม่บ่อยครั้งดังนั้น $I_s = (2 \text{ ถึง } 2.5)\ I$

ในกรณีที่ทำการหยุดและเดินเครื่องบ่อยครั้งดังนั้น $I_s = (1.2 \text{ ถึง } 1.3)\ I$

ในกรณีทั่วๆ ไป $I_s = 1.5I$

การเปลี่ยนแปลงกระแสเริ่มต้น

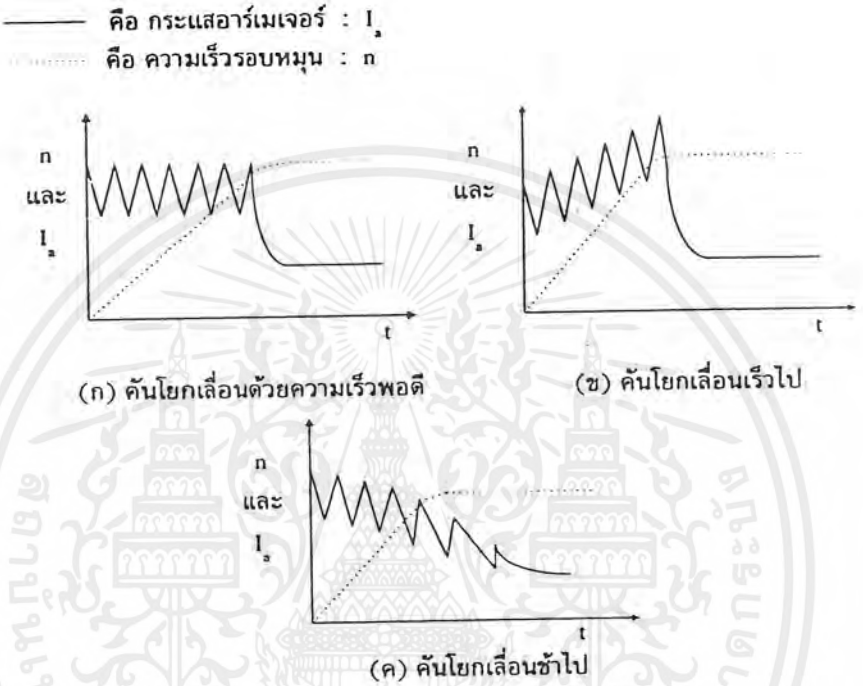
สตาร์ตติงรีโอสตัตจะใช้เฉพาะในเวลาเดินเครื่องเท่านั้น เมื่อมอเตอร์เริ่มหมุนความเร็วรอบจะเพิ่มขึ้นไปเรื่อยๆจนทำให้แรงดันไฟฟ้ากลับ E_b มีค่าสูงขึ้นไปตาม และในขณะเดียวกันนั้นที่สตาร์ตติงรีโอสตัตจะได้รับการปรับให้มีค่าน้อยลงเรื่อยๆ จนมีค่าเป็น 0 เส้นกราฟที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของกระแสความเร็วรอบ จากการใช้สตาร์ตติงรีโอสตัตในการเดินเครื่องมอเตอร์แบบชันต์ที่โหลดทอร์คค่าหนึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 2.18 (ก) (ข) และ (ค)

เมื่อเริ่มเดินเครื่องกระแสอาร์เมเจอร์ I_s จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างทันทีทันใด ทำให้ความเร็วรอบเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ขณะเดียวกันแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ E_b จะมีค่ามากขึ้นกระแสจึงมีค่าลดลงเรื่อยๆ และเมื่อลดลงมาจนถึงค่าพิกัด คันโยกจะถูกเลื่อนจากแท็ป (1) ไปยังแท็ป (2) ในขณะนี้ความต้านทานจะลดลงไปบางส่วนทำให้กระแสเพิ่มขึ้นอย่างทันทีทันใด ทอร์คที่ได้จะมีค่าเพิ่มขึ้นทำให้ความเร็วรอบ n เพิ่มขึ้นและแรงเคลื่อนไฟฟ้ากลับ E_b มีค่ามากขึ้น ดังนั้นกระแสจะมีค่าลดลงอีกเรื่อยๆ เช่นกันเมื่อลดจนถึงประมาณค่าพิกัดคันโยกจะถูกเลื่อนไปจากแท็ป (2) ไปยังแท็ป (3) จากนั้นการเปลี่ยนแปลงของกระแส ก็สามารถอธิบายได้ในทำนองเดียวกับที่กล่าวมาแล้ว เมื่อเคลื่อนที่คันโยกจนถึงตำแหน่งสุดท้ายการเดินเครื่องจึงสิ้นสุดลง

ในรูปที่ 2.18 เส้นประแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของจำนวนรอบ ขณะที่เส้นเต็มแสดงการเปลี่ยนแปลงของกระแส รูปที่ 2.18 (ก) แสดงการเปลี่ยนแปลงของกระแสและจำนวนรอบในลักษณะอุดมคติกล่าวคือ การปรับเลื่อนคันโยกจะกระทำทุกครั้งที่กระแสอาร์เมเจอร์นั้นมีค่าลดลงจนถึงประมาณค่าที่พิกัดพอดี รูปที่ 2.18 (ข) เป็นกรณีที่ปรับเลื่อน คันโยกจะกระทำเร็วกว่ากรณีรูปที่ 2.18 (ก) ในขณะที่รูป 2.18 (ค) เป็นกรณีที่การปรับเลื่อนกระทำช้าไป ทั้งสองกรณีหลังเป็นกรณีที่ไม่ถูกต้องที่ทำการปรับเลื่อนอย่างรวดเร็วแล้ว ทำให้กระแสในระหว่างการเดินเครื่องมีค่าสูงมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาจจะทำให้เกิดอันตรายขึ้นได้ ในกรณีที่แท็ปยิ่งมีน้อยเท่าไร ผลต่างระหว่างกระแสต่ำสุดและสูงสุดจะยิ่งมีค่ามากขึ้นเท่านั้น ปกติการเดินเครื่องมอเตอร์จะใช้เวลาประมาณ 15 ถึง 30 วินาที ในกรณีที่มีขนาดใหญ่จะใช้เวลาประมาณ 1 นาที



รูปที่ 2.18 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของกระแสอาร์เมเจอร์และความเร็วรอบขณะเดินเครื่อง

การควบคุมความเร็ว

ความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการได้ดังสมการที่ (2.43)

$$\frac{E}{K\Phi} = \frac{V - I_a r_a}{K\Phi} \tag{2.44}$$

ดังนั้นการปรับความเร็วรอบมอเตอร์จึงสามารถทำได้โดยการปรับ $V, I_a r_a$ หรือ Φ อย่างใดอย่างหนึ่งการปรับความเร็วรอบจึงสามารถแบ่งอย่างคร่าวๆ ออกได้ 3 ชนิดได้แก่

1. การปรับวงจรสนาม เป็นวิธีการปรับความเร็วรอบโดยการปรับกระแสสนามหรือสนามแม่เหล็ก (Φ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การปรับความต้านทาน เป็นการปรับความเร็วรอบโดยการปรับ ค่าความต้านทานซึ่งต่ออนุกรมกับอาร์เมเจอร์เพื่อเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันตกคร่อมความต้านทานนั้น

3. การปรับแรงดัน เป็นวิธีการปรับความเร็วรอบโดยการปรับแรงดันที่แหล่งจ่ายแรงดัน

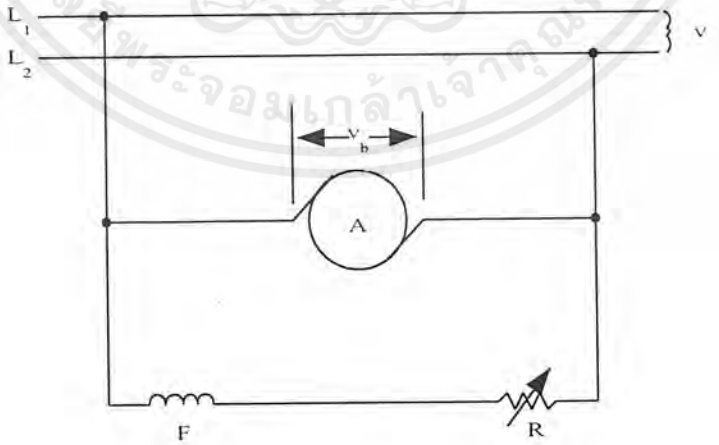
การปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแต่ละแบบสามารถอธิบายได้ในหัวข้อต่อไป

การปรับความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นแยกและแบบขนาน

การปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นแยกและแบบขนานสามารถทำได้ 2 วิธีนี้

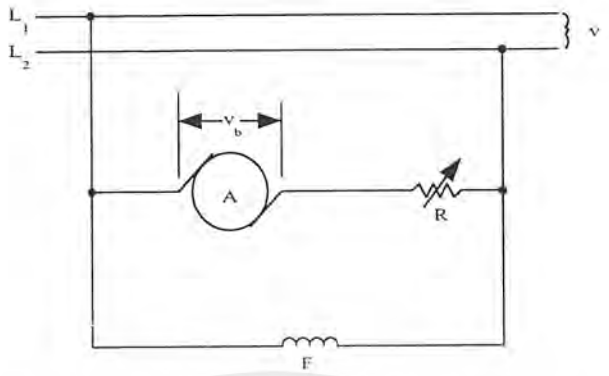
1. การปรับวงจรสนาม เป็นวิธีการที่ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์โดยการที่ปรับฟิลด์รีโอสตัตหรือกระแสกระตุ้นเพื่อให้ Φ เปลี่ยนแปลง ทั้งนี้แรงดันแหล่งจ่ายซึ่งป้อนที่ขั้วต้องรักษาให้มีค่าคงที่ที่ค่าแรงดันพิกัดเสมอ ฟิลด์รีโอสตัตจะต่ออนุกรมกับชุดขดลวดสนาม โครงสร้างของฟิลด์รีโอสตัต จะเหมือนกับกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบขนานทุกประการการต่อวงจรมีลักษณะดังรูปที่ 2.19

2. การปรับความต้านทาน เป็นวิธีการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ โดยวิธีการปรับค่าความต้านทานซึ่งต่ออนุกรมอยู่ในวงจรอาร์เมเจอร์เพื่อให้แรงดันตกคร่อมมีค่ามากหรือน้อยเป็นการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดัน V_b ระหว่างแปรงถ่าน กรณีของมอเตอร์แบบขนานสามารถเขียนวงจรได้ดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.19 การควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานด้วยการปรับวงจรสนาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 การควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานด้วยการปรับความต้านทาน

จะได้สมการความเร็วรอบ n ดังนี้

$$n = \frac{V_b - I_a r_a}{K\Phi} = \frac{(V - I_a R) - I_a r_a}{K\Phi} = \frac{V - I_a(R + r_a)}{K\Phi} \quad (2.45)$$

เนื่องจากแรงดันแหล่งจ่ายที่ป้อนให้มอเตอร์ที่มีค่าคงที่ตลอด Φ ในสมการจึงมีค่าคงที่เสมอ ดังนั้น

$$n = V - I_a(R + r_a) \quad (2.46)$$

การปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม

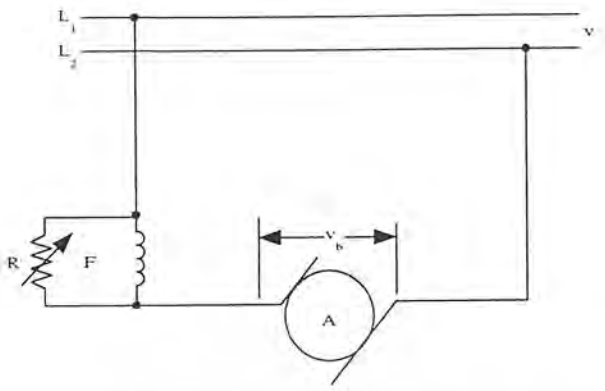
การปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม มีด้วยกัน 3 วิธีดังนี้

1. การปรับวงจรสนาม จะใช้ตัวต้านทานซึ่งปรับเปลี่ยนค่าได้ต่อคร่อมชุดขดลวดสนามเพื่อให้ส่วนหนึ่งของกระแสกระตุ้นไหลผ่านตัวต้านทานดังรูปที่ 2.21

กระแสกระตุ้นหรือ Φ ที่ได้จึงมีค่าเปลี่ยนแปลงน้อยตามค่าความต้านทานที่ปรับไว้ซึ่งจะเท่ากับการปรับค่าความเร็วรอบ

นอกจากจะใช้ความต้านทานช่วยในการปรับเปลี่ยนความเร็วรอบแล้วยังใช้วิธีการเพิ่มหรือลดจำนวนรอบของชุดขดลวดสนามด้วย การดึงจุดแท็ปหลายๆ จุดออกจากขดลวดอนุกรมเพื่อที่ลัดวงจรหรือตัดบางส่วนของขดลวดอนุกรมออกก็สามารถทำให้ Φ เปลี่ยนแปลงได้เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 การควาบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมด้วยการปรับวงจรสนาม

2. การปรับความต้านทาน การปรับด้วยวิธีนี้จะคล้ายกับกรณีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน กล่าวคือ จะใช้ความต้านทานซึ่งปรับค่าได้ โดยการต่ออนุกรมกับอาร์เมเจอร์และอาศัยชุดควบคุมในการเปลี่ยนค่าความต้านทาน แต่มีข้อแตกต่างกันตรงที่ว่า ในกรณีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรม ขดอนุกรม ขดอาร์เมเจอร์ และตัวต้านทานปรับค่าได้จะต่ออนุกรมกันหมด

3. การควบคุมการต่ออนุกรมหรือขนาน เป็นวิธีการควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมตั้งแต่ 2 เครื่องขึ้นไป โดยการสับเปลี่ยนให้มอเตอร์เหล่านี้ต่อกันแบบอนุกรมหรือขนาน วิธีการเช่นนี้จะกล่าวในอันดับถัดไป

การควบคุมมอเตอร์โดยการต่ออนุกรมหรือขนาน

ในกรณีของรถจักรไฟฟ้านั้น โดยทั่วไปจะใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมจำนวน 2, 4 หรือ 6 เครื่อง การปรับความเร็วรอบจะใช้วิธีสับเปลี่ยนมอเตอร์เหล่านี้ต่อกันแบบอนุกรมและขนานโดยมอเตอร์แต่ละเครื่องจะต้องมีคุณสมบัติเหมือนกันทุกประการ และเพลาหมุนของมอเตอร์จะถูกนำมาต่อเข้าด้วยกันเพื่อให้มีจำนวนรอบหมุนเท่ากันหมดทุกเครื่อง ก่อนอื่นลองพิจารณาทอร์คเริ่มแรกขณะเดินเครื่องและจำนวนรอบหมุน

จากรูปที่ 2.23 กำหนดให้กระแสที่จ่ายออกสายเมนในขณะเดินเครื่องมีขนาดเท่ากันๆ คือ I_s เมื่อเปรียบเทียบทอร์คขณะเดินเครื่องซึ่งได้จากมอเตอร์แต่ละเครื่องดูจะเห็นว่า ถ้าให้ทอร์คขณะเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์ในรูปที่ 2.23 (ก) เป็น T_1 และในการกำหนดให้มีการอิ่มตัวของแกนเหล็กแล้วจะได้ว่า

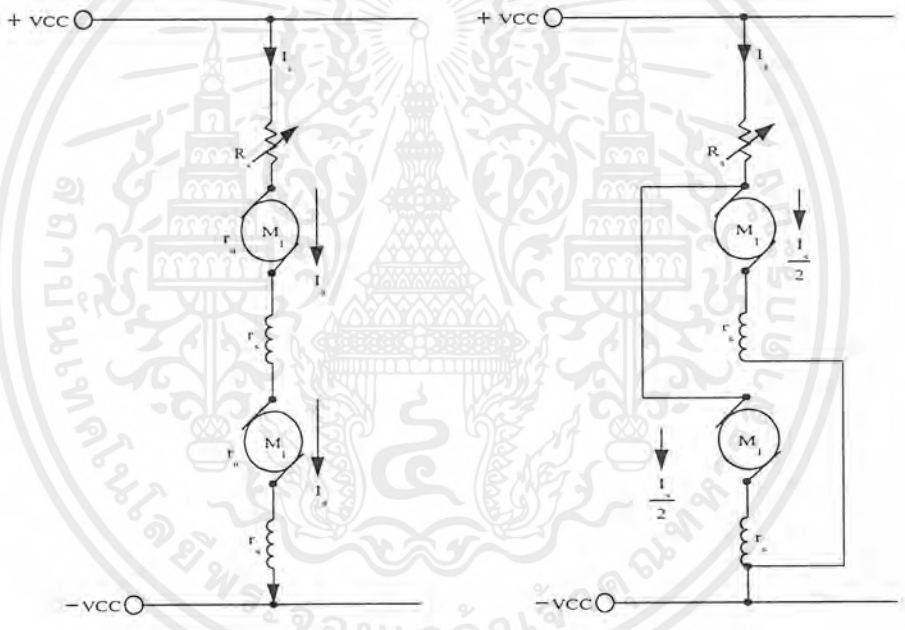
$$T_1 = K' I_s^2 \tag{2.47}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่สำหรับในรูปที่ 2.23 (ข) ซึ่งมอเตอร์ทั้งสองต่อกันแบบขนานนั้น เนื่องจากกระแสที่จ่ายออกจากสายเมนให้มีค่าเท่ากับ I_s ด้วยกระแสที่ไหลผ่านมอเตอร์แต่ละเครื่องมีค่าเท่ากับ $\frac{I_s}{2}$ และทอร์คขณะเริ่มเดินเครื่อง T_2 ของมอเตอร์แต่ละเครื่องจะมีค่าดังนี้

$$T_2 = K'\left(\frac{I_s}{2}\right)^2 \tag{2.48}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{I_s^2}{\left(\frac{I_s}{2}\right)^2} = 4 \text{ เท่า} \tag{2.4}$$



(ก) การต่อมอเตอร์แบบอนุกรม (ข) การต่อมอเตอร์แบบขนาน

รูปที่ 2.22 การเปรียบเทียบทอร์ค

นั่นคือ สำหรับแรงดันจากสายเมนเดียวกันและกระแสเริ่มต้นเดียวกัน เมื่อนำมอเตอร์เหล่านี้มาต่อกันแบบอนุกรมแล้ว จะได้ทอร์คเป็น 4 เท่าของเมื่อต่อกันแบบขนาน R_x ในรูปคือ ความต้านทานของขดอนุกรมซึ่งทำหน้าที่ทั้งเป็นตัวเป็นตัวสตาร์ตเตอร์ และตัวปรับเปลี่ยนความเร็วรอบ สำหรับกรณีที่โหลดทอร์คของมอเตอร์แต่ละเครื่องมีค่าเท่ากันนั้น ลองพิจารณาความเร็วรอบของมอเตอร์ทั้งกรณีแบบ (ก) และ (ข) ในรูปที่ 2.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

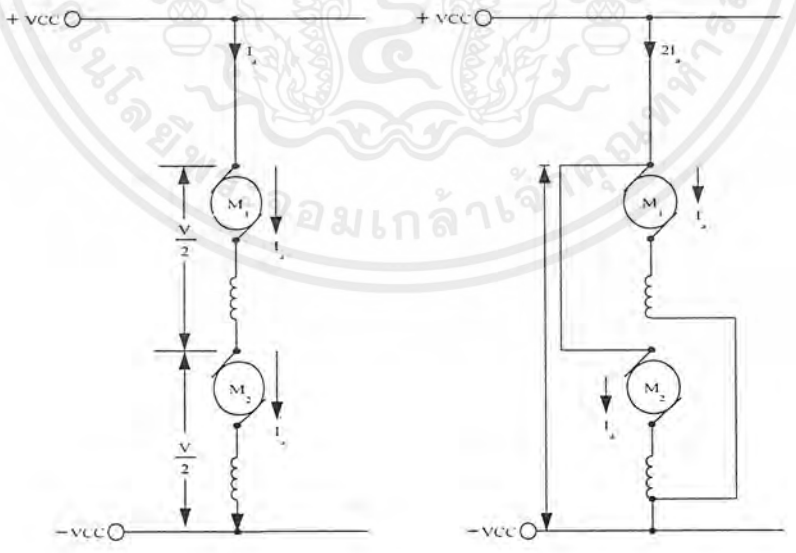
จากรูปที่ 2.24 เนื่องจากกระแสอาร์เมเจอร์ทั้งในกรณี (ก) และ (ข) มีค่าเท่ากันหมดตามที่ได้กำหนดไว้ และถ้าแรงดันของสายเมนมีค่าคงที่แล้วจะเห็นว่ากำลังอินพุตของกรณี (ข) จะเป็น 2 เท่าของกรณี (ก) สำหรับกรณี (ก) นั้น จะเห็นว่าแรงดันตกคร่อมมอเตอร์แต่ละเครื่องมีค่าเท่ากับ $\frac{V}{2}$ ในขณะที่แรงดันตกคร่อมในกรณี (ข) เท่า V และเนื่องจากกระแสอาร์เมเจอร์มีค่าเท่ากันหมด ทั้งในรูป (ก) และ (ข) จึงถือว่า Φ มีค่าคงที่ได้ กำหนดให้ความเร็วรอบของมอเตอร์ซึ่งต่อแบบรูป (ก) เป็น n_1 และต่อแบบ (ข) เป็น n_2 แล้วจะได้ว่า

$$n = \frac{(V/2) - I_a(r_a + r_s)}{K\Phi} = \frac{V - 2I_a(r_a + r_s)}{2K\Phi} \tag{2.50}$$

$$n_2 = \frac{V - 2I_a(r_a + r_s)}{K\Phi} \tag{2.51}$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{V - 2I_a(r_a + r_s)}{2\{V - I_a(r_a + r_s)\}} = \frac{1}{2} \tag{2.52}$$

$$n_2 = 2n_1 \text{ (โดยประมาณ)}$$



(ก) การต่อมอเตอร์แบบอนุกรม (ข) การต่อมอเตอร์แบบขนาน

รูปที่ 2.23 การเปรียบเทียบความเร็วรอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั่นคือ ถ้าโหลดทอร์คมีค่าคงที่การต่อแบบขนานจะให้ความเร็วรอบเป็น 2 เท่าของการต่อแบบอนุกรม ถ้าให้กระแสจากสายเมนในรูปที่ 2.24 (ข) มีค่าเท่ากับกระแส I_a ในรูปที่ 2.24 (ก) และเมื่อไม่คำนึงถึงการอิ่มตัวแล้ว Φ ในกรณี 2.24 (ข) จะเป็น 2 เท่าของ Φ ในกรณี2.24 (ก) ดังนั้นความเร็วรอบในกรณี 2.24 (ข) จะเพิ่มเป็น 2 เท่าตัว ของกรณีก่อนนั่นคือความเร็วรอบในกรณี 2.24 (ข) จะเพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่าตัวของกรณี 2.24 (ก)

2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ผลิตโดยบริษัทอินเทล มีการนำมาใช้ประโยชน์กันอย่างมากมายในปี ค.ศ.1980 ต่อมาบริษัท Phillips และ Semen's ได้รับลิขสิทธิ์ในการผลิตจำหน่ายและได้มีการเพิ่มประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้ในปัจจุบันมีไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีมาตรฐานมาจาก MCS-51 ของบริษัทอินเทลเป็นจำนวนมาก

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ประกอบด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์หลายรุ่น ซึ่งจะมีสถาปัตยกรรมพื้นฐานที่เหมือนกัน จะต่างกันเพียงขนาดหน่วยความจำภายในและหน่วยการทำงานภายในเท่านั้น ในการใช้ความสามารถเลือกใช้ได้ตามความต้องการและความเหมาะสม

2.3.1 คุณสมบัติทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

คุณสมบัติทั่วไปที่สำคัญของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีดังนี้

- หน่วยประมวลผลกลางขนาด 8 บิต
- หน่วยความจำโปรแกรมภายใน (Internal Program Memory) ขนาด 4 กิโลไบต์
- หน่วยความจำข้อมูลภายใน (Internal Data Memory) ขนาด 128 ไบต์
- อ้างตำแหน่งหน่วยความจำโปรแกรมได้ถึง 64 กิโลไบต์
- อ้างตำแหน่งหน่วยความจำข้อมูลได้ถึง 64 กิโลไบต์
- หน่วยความจำโปรแกรมและข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิปแยกจากกันอย่างละ 64 กิโลไบต์
- มีพอร์ตอินพุตหรือเอาต์พุต แบบขนานจำนวน 4 พอร์ต (32 บิต) แยกกันอย่างอิสระ
- มีวงจรนับ/จับเวลา ขนาด 16 บิต 2 ชุด ทำงานได้ 4 โหมด
- มีพอร์ตการสื่อสารอนุกรม (Universal Asynchronous Receiver Transmitter : UART) รับส่งข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน (Full Duplex) สามารถเลือกรูปแบบการส่งได้ 4 รูปแบบ
- รับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ได้ 6 แหล่ง กระโดดไปทำงานตอบสนองได้ 5 ตำแหน่ง
- มีวงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน
- นำข้อมูลมา AND, OR หรือทำ Complement ได้ทั้งแบบ 8 บิต และ 1 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 โครงสร้างภายนอกของ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ทุกเบอร์จะมีตำแหน่งขาพื้นฐานที่เหมือนกัน สำหรับหน้าที่การใช้งานของแต่ละขามีดังนี้

- ขา V_{CC} เป็นขาป้อนแรงดันไฟเลี้ยง +5 โวลต์

- ขา V_{SS} เป็นขากราวด์

- ขาพอร์ต 0 (Port 0) มี 8 ขา ได้แก่ $P_{0.0} - P_{0.7}$ เป็นขาพอร์ตอินพุตหรือเอาต์พุต ที่เป็นแบบ 2 ทิศทางสำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้ขาพอร์ตเหล่านั้นอยู่ในสถานะปล่อยลอย ซึ่งในสถานะนี้เองที่สามารถนำมาใช้เป็นพอร์ตอินพุตอิมพีแดนซ์สูงได้ มันยังถูกใช้งานในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกด้วย โดยทำหน้าที่ในการกำหนดตำแหน่งแอดเดรสในไบต์ต่ำ ($A_0 - A_7$) ซึ่งจะเป็นการใช้งานเป็นแบบมัลติเพล็กซ์กับการรับส่งข้อมูลขนาด 8 บิต ($D_0 - D_7$)

- ขาพอร์ต 1 (Port 1) มี 8 ขา ได้แก่ขา $P_{1.0} - P_{1.7}$ เป็นขาพอร์ตอินพุตหรือเอาต์พุตแบบสองทิศทาง สำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต

- ขาพอร์ต 2 (Port 2) มี 8 ขา ได้แก่ขา $P_{2.0} - P_{2.7}$ เป็นขาพอร์ตอินพุตหรือเอาต์พุตแบบสองทิศทาง สำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต นอกจากนี้พอร์ตนี้ยังจะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตหรือเอาต์พุตแล้วมันยังถูกใช้งานในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกด้วย โดยทำหน้าที่ในการกำหนดตำแหน่งแอดเดรสไบต์สูง ($A_0 - A_{15}$)

- ขาพอร์ต 3 (Port 3) มี 8 ขา ได้แก่ขา $P_{3.0} - P_{3.7}$ เป็นขาพอร์ตอินพุตหรือเอาต์พุตแบบสองทิศทาง สำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต นอกจากนี้พอร์ตนี้ยังจะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตหรือเอาต์พุตแล้วมันยังถูกใช้งานในในหน้าที่พิเศษต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

- ขารีเซ็ต (RST) ใช้สำหรับการรีเซ็ตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการรีเซ็ตต้องคงสถานะการเป็น 1 อย่างน้อยนาน 2 แมชชีนไซเคิล ในขณะที่ออสซิลเลเตอร์ยังทำงานอยู่

- ขา ALE/PROG เป็นขาสัญญาณทำหน้าที่ควบคุมการแลตช์ (Latch) ค่าตำแหน่งแอดเดรสไบต์ต่ำ (Address Latch Enable) เมื่อต้องการที่จะติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก และนอกจากนี้ขานี้ของมันยังทำหน้าที่เป็นอินพุตรับพัลซ์ในการโปรแกรมข้อมูล (program pulse input) ในส่วนของหน่วยความจำ EPROM สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในเป็น EPROM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 หน้าที่พิเศษของขาพอร์ต P_3

ขาพอร์ต	หน้าที่พิเศษ
$P_{3.0}$	RXD (Serial Input Port)
$P_{3.1}$	TXD (Serial Output Port)
$P_{3.2}$	INT0 (external interrupt 0)
$P_{3.3}$	INT1 (external interrupt 1)
$P_{3.4}$	T0 (Timer 0 external input)
$P_{3.5}$	T1 (Timer 1 external input)
$P_{3.6}$	WR (external data memory write strobe)
$P_{3.7}$	RD (external data memory read strobe)

- ขา PSEN (Program Strobe Enable) ทำหน้าที่เป็นสัญญาณสโตรบเพื่ออ่านคำสั่งจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอก ขานี้จะส่งสัญญาณสโตรบจำนวน 2 ครั้งในแต่ละแมชชีนไซเคิล แต่ในขณะที่ติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกจะไม่มีการส่งสัญญาณสโตรบแต่อย่างใด

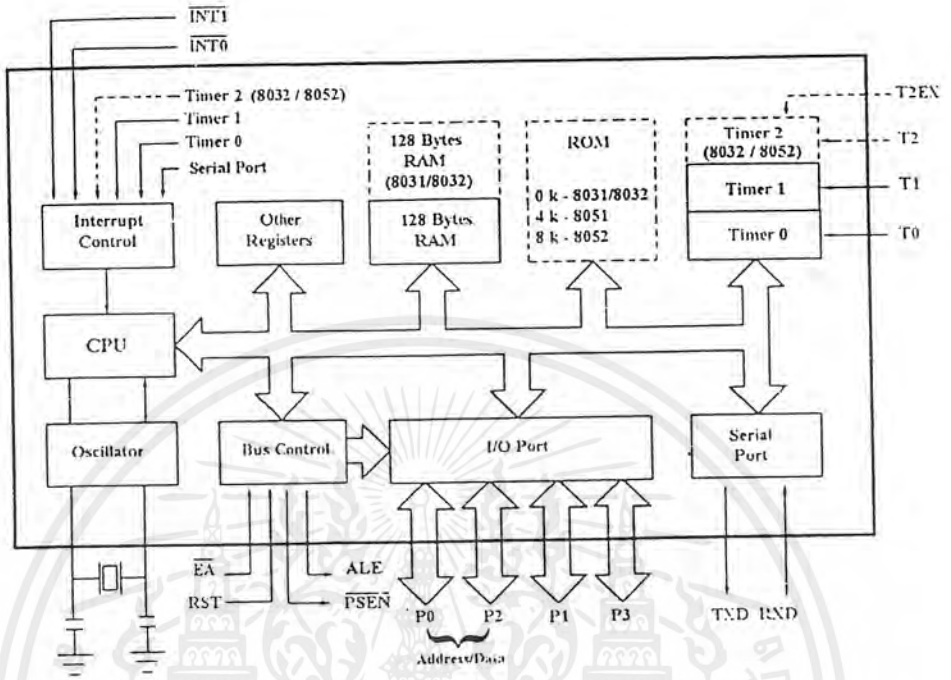
- ขา EA/VPP (External Access Enable/VPP) เป็นขาสำหรับเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมจากภายในหรือจากภายนอก โดยถ้ามีสถานะเป็น 0 จะหมายถึงให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอกที่ตำแหน่งแอดเดรส 0-0FFFH อย่างไรก็ตามถ้าบิตป้องกัน (Security bit) ในหน่วยความจำ EPROM ถูกโปรแกรมไว้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะไม่รับคำสั่งจากภายนอกเลย นอกจากนี้ขานี้ยังทำหน้าที่รับแรงดันไฟสำหรับการโปรแกรม (V_{PP}) ขนาด 21 โวลต์ เพื่อใช้ในระหว่างการโปรแกรม EPROM

- ขา $XTAL_1$ และขา $XTAL_2$ เป็นขาอินพุตและเอาต์พุตของวงจรอินเวอร์ติ้งออสซิลเลเตอร์แอมปลิไฟเออร์ (inverting oscillator amplifier) สำหรับใช้ต่อร่วมกับคริสตอลภายนอก

2.3.3 โครงสร้างภายในของ MCS-51

ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ จะประกอบขึ้นด้วยเกตชนิดต่างๆ เช่น AND, OR, NOT ซึ่งเกตเหล่านี้จะนำเอามาออกแบบให้มีหน้าที่การทำงานต่างๆ เช่น วงจรถอดรหัส วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา เป็นต้น โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์นี้จะประกอบไปด้วยส่วนย่อยๆ ดังรูปที่ 2.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์

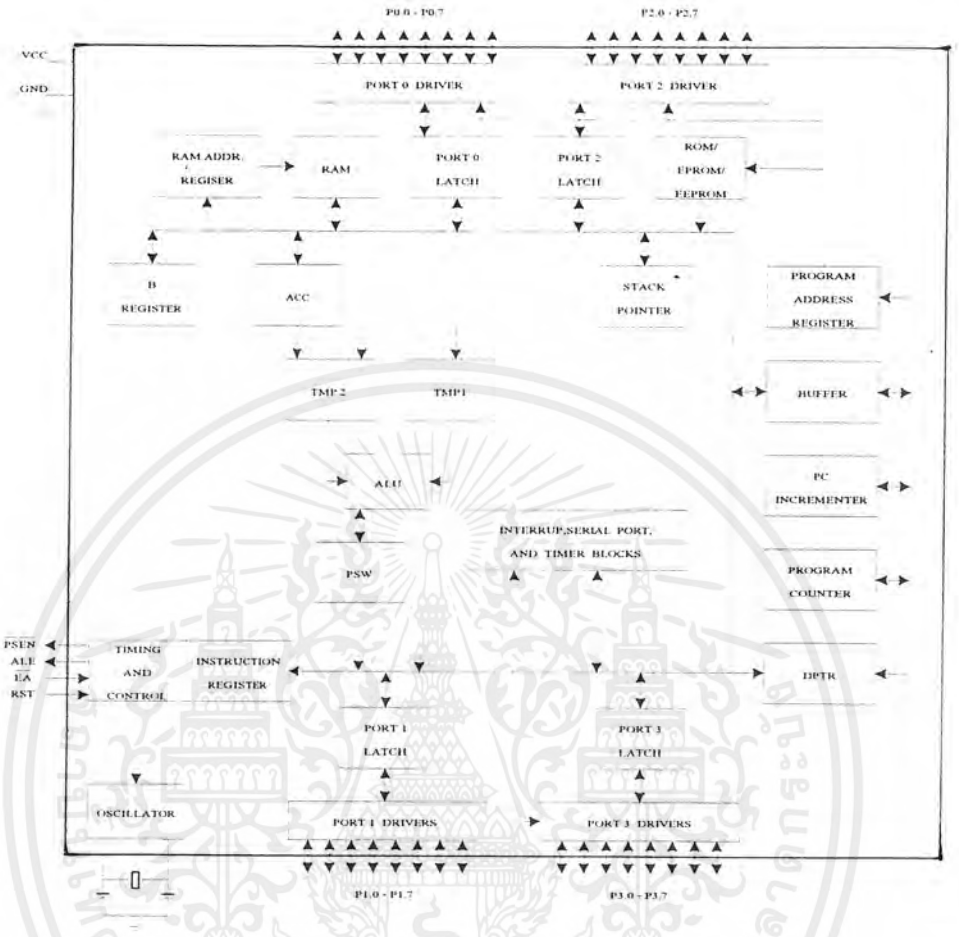
โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักๆ ดังนี้

1. CPU (Central Processing Unit) ส่วนนี้จะทำหน้าที่สร้างสัญญาณควบคุมในการติดต่อกับส่วนอื่นๆ เรียกว่าวงจรควบคุม (Control Unit) สัญญาณที่สร้างจากวงจรควบคุมได้แก่ สัญญาณสำหรับการติดต่อกับหน่วยความจำ, อุปกรณ์รับข้อมูลเข้าหรือส่งข้อมูลออก ซึ่งในส่วนควบคุมการขัดจังหวะและส่วนควบคุมบัสก็เป็นส่วนหนึ่งของวงจรควบคุมด้วย การสร้างสัญญาณควบคุมจากวงจรควบคุมจาก CPU นี้จะทำการสร้างสัญญาณโดยการถอดรหัสจากคำสั่งที่มีการกำหนดไว้ และสัญญาณที่สร้างขึ้นมาจะอ้างอิงสัญญาณนาฬิกาที่สร้างจากวงจรออสซิลเลเตอร์เพื่อให้ทุกๆ ส่วนทำงานประสานกันอย่างถูกต้อง

ใน CPU ยังประกอบด้วยส่วนประมวลผล (Arithmetic Logic Unit) ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูล เช่น การบวก, ลบ, คูณ หรือหารข้อมูล แล้วนำผลลัพธ์ไปเก็บไว้ในหน่วยความจำที่ต้องการ

2. หน่วยความจำ (Memory) มีไว้สำหรับจดจำข้อมูล ซึ่งในการนำข้อมูลเข้าและออกจากหน่วยความจำ เราจำเป็นต้องรู้ตำแหน่งของหน่วยความจำ (Address) ในการนำข้อมูลเข้าไปเก็บในหน่วยความจำเรียกว่า “การเขียนข้อมูล” และการนำข้อมูลออกจากหน่วยความจำเรียกว่า “การอ่านข้อมูล” ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ข้อมูลในแต่ละตำแหน่งจะมีขนาด 8 บิต ดังนั้นแต่ละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.25 สถาปัตยกรรมภายในของ MCS-51

2.3.4 การจัดขาลักษณะภายนอกของ MCS-51

ในรูปที่ 2.26 แสดงลักษณะภายนอกของ MCS-51 โดยสามารถแบ่งได้ 2 แบบ คือ แบบ Pin มี 40 ขา และแบบ Pad มี 44 ขา ซึ่งทั้งสองแบบมีการทำงานที่เหมือนกัน ผู้ใช้สามารถเลือกใช้ได้ตามความต้องการ ในที่นี้จะขออธิบายเฉพาะลักษณะแบบ Pin เท่านั้น โดย MCS-51 แบบ Pin จะเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า แบบตีนตะขาบหรือแบบ Dual Package (DIP) โดยแต่ละขามีหน้าที่การทำงานดังนี้

VCC : (ขา 40) ต่อไฟเลี้ยง +5 โวลต์

VSS : (ขา 20) ต่อลงกราวด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งของหน่วยความจำจะสามารถเก็บข้อมูลมีค่าได้ระหว่าง 00000000_2 ถึง 11111111_2 หรือ 00H ถึง FFH ในการติดต่อกับหน่วยความจำต้องมีสัญญาณ 3 กลุ่มคือ

2.1 ตำแหน่งที่ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำ ซึ่ง MCS-51 สามารถติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลได้สูงสุดชนิดละ 65,536 ตำแหน่ง (64Kbytes) ดังนั้นการอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำจะต้องใช้เส้นแสดงตำแหน่งในเลขฐาน 2 ทั้งหมด 16 เส้น (2^{16} เท่ากับ 65,536 ตำแหน่ง)

2.2 ข้อมูลที่อ่านหรือเขียนกับหน่วยความจำในตำแหน่งที่เราต้องการ

2.3 สัญญาณควบคุมที่จะส่งไปยังหน่วยความจำ เพื่อบอกกับหน่วยความจำว่าต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูล โดยวงจรถอดรหัสคำสั่งจะทำการสร้างสัญญาณควบคุมจากคำสั่งที่อ่านเข้ามาจากหน่วยความจำโปรแกรม

3. อุปกรณ์อินพุตหรือเอาต์พุต (Input/Output Device) เป็นส่วนที่ใช้ส่งข้อมูลเข้าหรือการนำข้อมูลออกจาก MCS-51 ทำให้สามารถติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้ อุปกรณ์อินพุตหรือเอาต์พุตได้แก่ 4 I/O Port, Timer/Counter 0, Timer/Counter 1, Serial Port

3.1 4 I/O Port หรือพอร์ตแบบขนาน เป็นที่สำหรับใช้รับส่งข้อมูลซึ่งเป็นสัญญาณดิจิตอลเข้าหรือออกจากตัว MCS-51 มีทั้งหมด 4 พอร์ต โดยแต่ละพอร์ตจะรับส่งข้อมูลได้ 8 บิต มีพอร์ต P0, P1, P2 และ P3 บางพอร์ตจะใช้งานมากกว่า 1 อย่างก็ได้

3.2 Timer/Counter 0 และ Timer/Counter 1 เป็นวงจรนับที่สามารถทำการนับจำนวนไซเกิลของสัญญาณที่ต่อจากภายนอก MCS-51 หรือจำนวนของสัญญาณนาฬิกาภายใน MCS-51 ก็ได้ สามารถตั้งค่าเริ่มต้นของการนับและอ่านค่าการนับได้โดย CPU

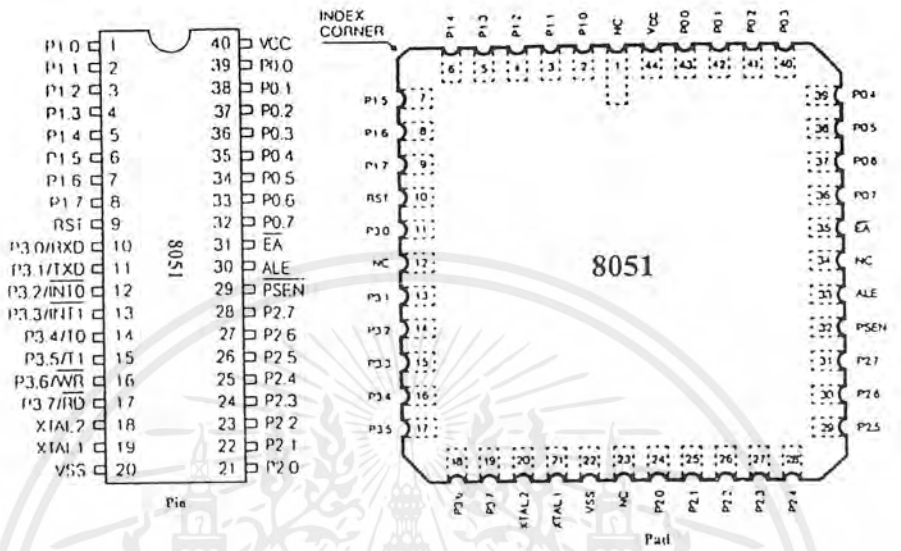
3.3 Serial Port หรือ พอร์ตอนุกรม CPU จะอ่านและเขียนข้อมูลกับพอร์ตอนุกรมแบบ 8 บิต แต่ข้อมูลจะถูกส่งออกจาก MCS-51 แบบเรียงออกไปทีละบิตออกจากขา TXD และในการรับข้อมูลก็จะรับเข้ามาทีละบิตทางขา RXD แล้วจัดเรียงใหม่เป็น 8 บิต เพื่อให้ CPU อ่านไปใช้งานต่อไป

ใน MCS-51 มีพอร์ตให้ใช้งานได้หลายแบบทำให้สะดวกแก่การนำไปใช้งานต่างๆ ได้มากมาย การจะนำพอร์ตไปใช้งานได้จะต้องเขียนโปรแกรมขึ้นมาควบคุม

จากโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น เราสามารถแยกส่วนต่างๆ ออกเป็นส่วนย่อยๆ ได้อีกดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.25 ซึ่งเป็นสถาปัตยกรรมภายในของ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Port 0 : (ขา 32-39) มีทั้งหมด 8 บิต คือ P0.0 – P0.7 ใช้งานเป็นอินพุตหรือเอาต์พุตพอร์ตทั่วไป ใช้เป็นตัวส่งแอดเดรสไบต์ต่ำ (A0-A7) และรับส่งข้อมูล (D0-D7) จากหน่วยความจำภายนอก



รูปที่ 2.26 ลักษณะขาภายนอกของ MCS-51 แบบ Pin และแบบ Pad

Port 1 : (ขา 1-8) มีทั้งหมด 8 บิตคือ P1.0 – P1.7 ใช้งานเป็นอินพุตหรือเอาต์พุตพอร์ตทั่วไป

Port 2 : (ขา 21-28) มีทั้งหมด 8 บิตคือ P2.0 – P2.7 ใช้งานเป็นอินพุตหรือเอาต์พุตพอร์ตทั่วไป และใช้เป็นตัวส่งแอดเดรสไบต์สูง (A8-A15) เพื่อใช้ติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก

Port 3 : (ขา 10-17) มีทั้งหมด 8 บิตคือ P3.0 – P3.7 ใช้งานเป็นอินพุตหรือเอาต์พุตพอร์ตทั่วไป และใช้งานในหน้าที่พิเศษดังต่อไปนี้

P3.0 RXD (Serial Input Port) : ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม

P3.1 TXD (Serial Output Port) : ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม

P3.2 INT0 (External Interrupt) : ใช้เป็นอินพุตเพื่อรับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก

P3.3 INT1 (External Interrupt) : ใช้เป็นอินพุตเพื่อรับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก

P3.4 T0 (Timer/Counter 0 External Input) : ใช้เป็นอินพุตให้วงจรนับหรือจับเวลาชุดที่ 0

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

P3.6 WR (External Data Memory Write Strobe) : ขาควบคุมการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำภายนอก

P3.7 RD (External Data Memory Read Strobe) : ขาควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RST : (ขา 9) Reset ใช้สำหรับรีเซ็ตวงจรทุกอย่างภายในชิป เพื่อเริ่มต้นการทำงานใหม่ ในการรีเซ็ตต้องป้อนลอจิก "1" นานอย่างน้อย 2 แมชชีนไซเกิล

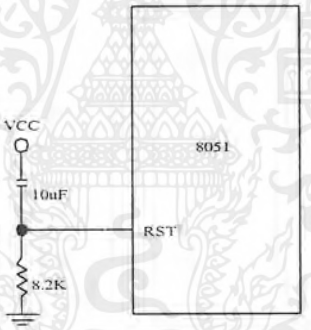
ALE : (ขา 30) Address Latch Enable เป็นขาส่งสัญญาณออกไปภายนอกเพื่อควบคุมการแลตช์ค่าแอดเดรสไบต์ต่ำจากพอร์ต 0

PSEN : (ขา 29) Program Strobe Enable เป็นขา ที่ส่งสัญญาณเพื่ออ่านคำสั่งจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อขานี้ Active มีลอจิกเป็น "0" จะอ่านโปรแกรมจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก และถ้าเป็นการอ่านหน่วยความจำโปรแกรมภายในขานี้จะไม่ Active

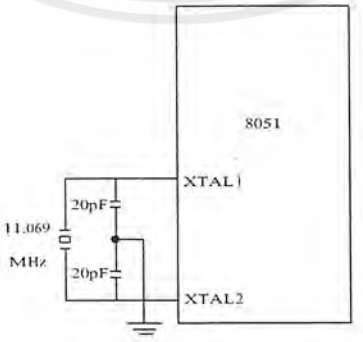
EA : (ขา 31) External Access เป็นขาที่ใช้สำหรับเลือกว่าให้ทำงานจากหน่วยความจำโปรแกรมภายในหรือหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกชิป เมื่อขานี้ Active มีลอจิกเป็น "0" จะเป็นการทำงานตามคำสั่งในหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

XTAL1 : (ขา 19) ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นอินพุตเข้าสู่วงจรออสซิลเลเตอร์

XTAL2 : (ขา 18) ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นเอาต์พุตออกจากวงจรออสซิลเลเตอร์



รูปที่ 2.27 การต่อ Power Reset



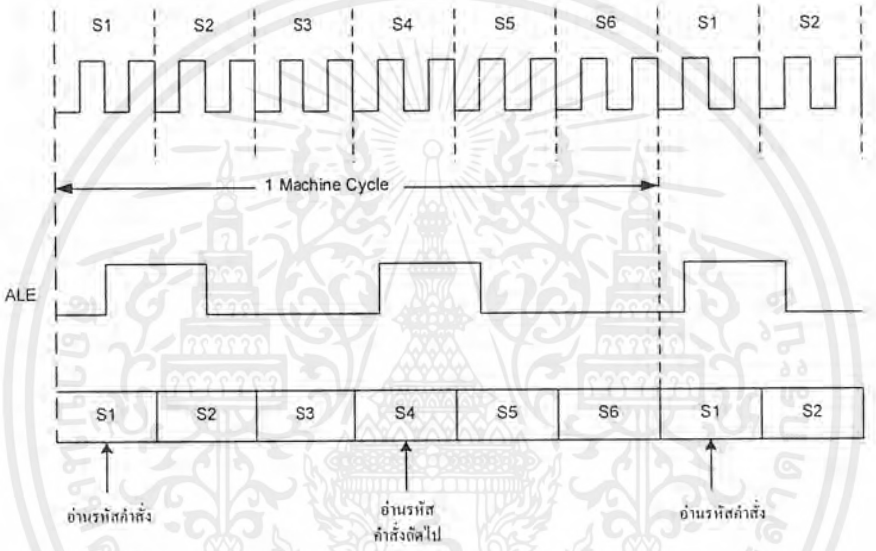
รูปที่ 2.28 การต่อคริสตอลภายนอกเข้ากับ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 ฐานเวลาในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

แมชชีนไซเคิล (Machine Cycle) คือรอบการทำงานของคำสั่ง เป็นค่าที่น้อยที่สุดในการทำคำสั่งใดคำสั่งหนึ่ง ถ้าเป็นคำสั่งที่สับซ้อนมากก็จะต้องใช้เวลานาน 2-3 แมชชีนไซเคิล

ใน 1 แมชชีนไซเคิล จะประกอบไปด้วยสัญญาณนาฬิกาจำนวน 12 ลูก โดยสัญญาณนาฬิกาแต่ละลูกเรียกว่า เฟส(Phase)สัญญาณนาฬิกา 2 เฟส รวมกันเป็น 1 สเตท(State)เพราะฉะนั้นแล้วใน 1 แมชชีนไซเคิลจึงมีทั้งหมด 6 สเตท



รูปที่ 2.29 เวลาพื้นฐานของ MCS-51 และลำดับของช่วงเวลาใน 1 แมชชีนไซเคิล

การคำนวณค่าเวลาที่ใช้ในการทำงานคำสั่งใดคำสั่งหนึ่งจนเสร็จสิ้น จะต้องดูว่าคำสั่งนั้นๆ ใช้จำนวนแมชชีนไซเคิลเท่าไร เวลาที่ใช้สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$T = \frac{C \times 12}{CrystalFrequency}$$

C : เป็นค่าจำนวนแมชชีนไซเคิลของคำสั่ง

$CrystalFrequency$: เป็นค่าความถี่ของคริสตอลที่ใช้กับ MCS-51

เช่น คำสั่ง MOV A,R7 เป็นคำสั่งที่ใช้เวลา 1 แมชชีนไซเคิล

เมื่อใช้คริสตอล 6 เมกกะเฮิร์ต จะใช้เวลา $= \frac{(1 \times 12)}{(6 \times 10^6)}$

$= 2$ ไมโครวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อใช้คริสตอล 12 เมกกะเฮิร์ต จะใช้เวลา = $\frac{(1\times12)}{(12\times10^6)}$

= 1 ไมโครวินาที

จะเห็นว่าถ้าใช้คริสตอลความถี่สูงขึ้นจะทำให้ MCS-51 ทำงานได้เร็วขึ้น

2.3.6 การจัดหน่วยความจำของ MCS-51

หน่วยความจำของ MCS-51 แบ่งออกเป็น 2 แบบตามลักษณะการใช้งานดังนี้

1. หน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บคำสั่งในรูปแบบของภาษาเครื่องที่ต้องการให้ MCS-51 ทำงาน เมื่อ MCS-51 ทำงานก็จะอ่านข้อมูลที่เก็บไว้ในหน่วยความจำประเภทนี้ไปทำการถอดรหัสแล้วสร้างสัญญาณควบคุมไปยังส่วนต่างๆ ตามการทำงานของแต่ละคำสั่งนั้น หน่วยความจำแบบนี้เป็นแบบ ROM และผู้ใช้ต้องเขียนข้อมูลในแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำเป็นรหัสภาษาเครื่องของ MCS-51 ตามลำดับการทำงานที่ต้องการ ส่วนที่เป็นหน่วยความจำโปรแกรมก็คือ ROM ขนาด 4 กิโลไบต์ นั่นเอง

2 หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูล สามารถอ่านและเขียนข้อมูลได้ ซึ่งหน่วยความจำภายในมีเพียง 128 ไบต์ ส่วนหน่วยความจำข้อมูลภายนอกชิปมีขนาด 64 กิโลไบต์

2.3.7 หน่วยความจำภายในของ MCS-51

หน่วยความจำข้อมูลขนาด 128 ไบต์แรก

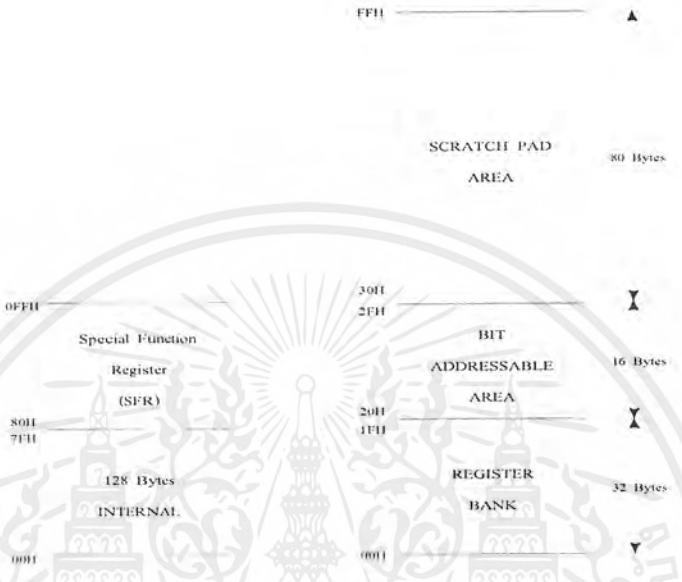
หน่วยความจำข้อมูลภายในของ MCS-51 บริเวณตำแหน่งแอดเดรส 00H – 7FH แบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

1. รีจิสเตอร์แบงก์ (Register Bank) อยู่ในหน่วยความจำตำแหน่งที่ 00H – 1FH แบ่งได้เป็น 4 แบงก์ (Bank) ใน 1 แบงก์จะประกอบด้วย รีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต 8 ตัว คือ รีจิสเตอร์ R0 ถึง R7 และในแต่ละแบงก์จะใช้ชื่อของรีจิสเตอร์เหมือนกัน จึงสามารถใช้งานรีจิสเตอร์ได้ทีละ 1 แบงก์เท่านั้น โดยสามารถเลือกใช้รีจิสเตอร์แบงก์ต่างๆ ได้จากการกำหนดค่าในบิตที่ 3 (RS0) และบิตที่ 4 (RS1) ของรีจิสเตอร์ PSW ในรูปที่ 2.31 แสดงตำแหน่งของหน่วยความจำแบบรีจิสเตอร์แบงก์และเมื่อมีการรีเซ็ต MCS-51 จะกำหนดให้ใช้งานรีจิสเตอร์ R0 ถึง R7 ในแบงก์ 0 โดยอัตโนมัติ

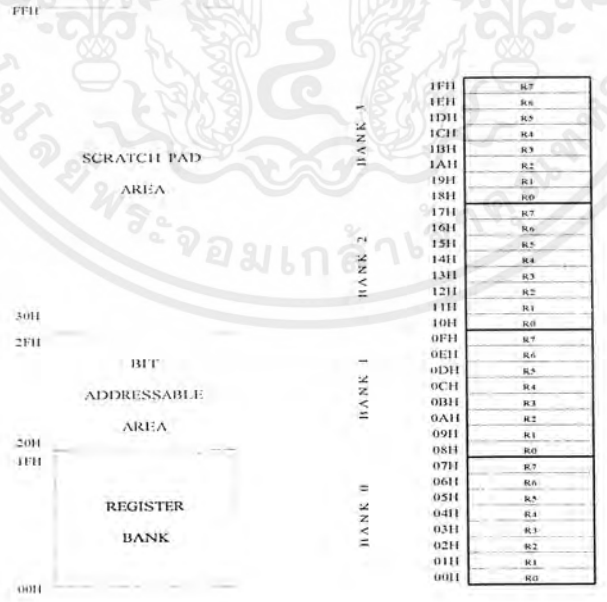
2. หน่วยความจำที่ใช้คำสั่งอ่านและเขียนเกี่ยวกับบิตได้ (Bit Accessible Area) เป็นหน่วยความจำในช่วงตำแหน่ง 20H-2FH มีจำนวน 16 ไบต์ หรือ 128 บิต ผู้ใช้สามารถอ้างถึงหน่วยความจำบริเวณนี้ได้ในลักษณะของ ไบต์ข้อมูล หรือ บิตข้อมูล ได้โดยตรง หน่วยความจำในแต่ละบิตสามารถตั้งค่าเป็น 0 หรือ 1 ได้โดยการโปรแกรม แต่ละบิตของข้อมูลในหน่วยความจำแสดงดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ 2.32 โดยตำแหน่งแรกของบิตจะเป็นบิตที่เริ่มต้นนับจากบิตที่ 0 ซึ่งเป็นบิตนับสำคัญต่ำสุด (LSB) ของแอดเดรส 20H ไปจนถึงบิตที่ 127 ซึ่งเป็นบิตนับสำคัญสูงสุด (MSB) ของตำแหน่งแอดเดรส 2FH



รูปที่ 2.30 แผนผังหน่วยความจำแสดงตำแหน่งหน่วยความจำข้อมูลภายใน 128 ไบต์แรก



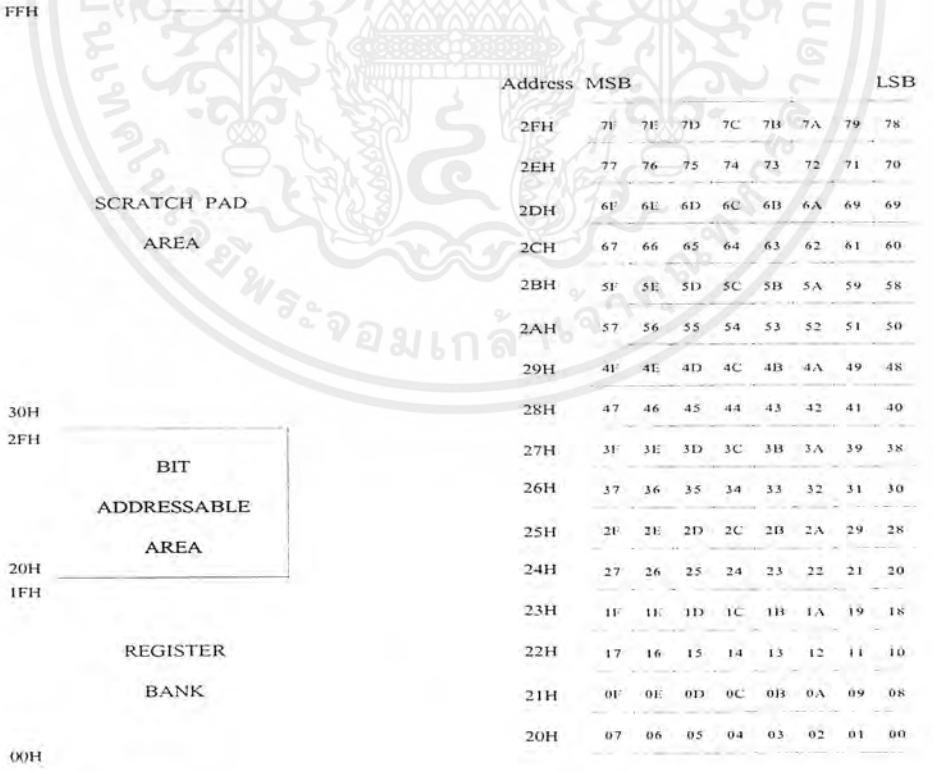
รูปที่ 2.31 หน่วยความจำตำแหน่ง 00H ถึง 1FH เป็นรีจิสเตอร์แบงก์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 การตั้งค่า RS0, RS1 ในรีจิสเตอร์ PSW เพื่อเลือกใช้งานรีจิสเตอร์ R0-R7 ในแบงก์ต่างๆ

RS1	RS0	Register Bank	Address
0	0	0	00H-07H
0	1	1	08H-0FH
1	0	2	10H-17H
1	1	3	18H-1FH

2. หน่วยความจำที่ใช้คำสั่งอ่านและเขียนเกี่ยวกับบิตได้ (Bit Accessible Area) เป็นหน่วยความจำในช่วงตำแหน่ง 20H-2FH มีจำนวน 16 ไบต์ หรือ 128 บิต ผู้ใช้สามารถอ้างถึงหน่วยความจำบริเวณนี้ได้ในลักษณะของ ไบต์ข้อมูล หรือ บิตข้อมูล ได้โดยตรง หน่วยความจำในแต่ละบิตสามารถตั้งค่าเป็น 0 หรือ 1 ได้โดยการโปรแกรม แต่ละบิตของข้อมูลในหน่วยความจำแสดงดังรูปที่ 7 โดยตำแหน่งแรกของบิตจะเป็นบิตที่เริ่มต้นนับจากบิตที่ 0 ซึ่งเป็นบิตนับสำคัญต่ำสุด (LSB) ของแอดเดรส 20H ไปจนถึงบิตที่ 127 ซึ่งเป็นบิตนับสำคัญสูงสุด (MSB) ของตำแหน่งแอดเดรส 2FH



รูปที่ 2.32 หน่วยความจำตำแหน่ง 20H – 2FH สามารถเข้าถึงแบบบิตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปในตำแหน่งที่บิต 00, 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07 ก็คือ ตำแหน่งหน่วยความจำของแอดเดรส 20H บิตที่ 0 ถึง 7 ตามลำดับ ในการตั้งค่าบิตให้เป็น "1" จะใช้คำสั่ง SETB bit และการตั้งค่าบิตให้เป็น "0" จะใช้คำสั่ง CLR bit ซึ่ง bit ก็คือตำแหน่งหน่วยความจำแบบบิต (Bit Address) เช่น

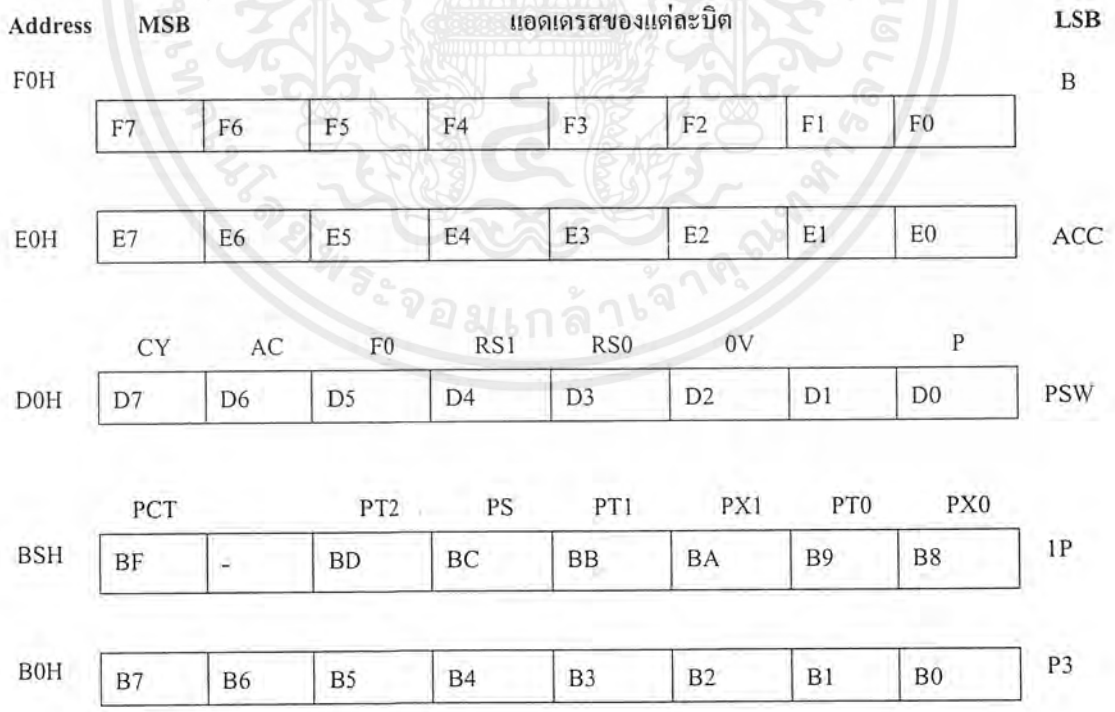
ต้องการตั้งค่าบิต D0 ของแอดเดรส 20H ให้เป็น "1" ต้องเขียนคำสั่งดังนี้ SETB 00H

ต้องการตั้งค่าบิต D7 ของแอดเดรส 25H ให้เป็น "0" ต้องเขียนคำสั่งดังนี้ CLR 2FH

3. หน่วยความจำที่ใช้งานทั่วไป (Scratch Pad Area) เป็นหน่วยความจำในช่วงตำแหน่ง 30H – 7FH มีจำนวน 80 ไบต์ นำมาใช้งานได้อย่างอิสระ โดยสามารถอ้างถึงได้เฉพาะในลักษณะของไบต์ข้อมูลเท่านั้น

2.3.8 รีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ (Special Function Register)

รีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ เป็นรีจิสเตอร์สำหรับใช้งานเฉพาะอย่าง ใช้ในการควบคุมหน้าที่และการทำงานของอุปกรณ์หรือพอร์ตของ MCS-51 ทั้งหมด โดยมีตำแหน่งอยู่ในบริเวณแอดเดรส 80H – 0FFH การใช้งานรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษสามารถทำได้ทั้งการระบุชื่อของรีจิสเตอร์หรือระบุตำแหน่งของรีจิสเตอร์นั้นก็ได้



รูปที่ 2.33 รีจีสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษของ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	EA		ET2	ES	ET1	EX	ET0	EX0	
A8H	AF	-	AD	AC	AB	AA	A9	A8	1E
A0H	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	P2
99H	ไม่สามารถทำการอ้างอิงข้อมูลที่ละบิตได้								SBUF
	SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	T1	R1	
98H	9F	9E	9D	9C	9B	9A	99	98	SCON
90H	97	96	95	94	93	92	91	90	P1
8DH	ไม่สามารถทำการอ้างอิงข้อมูลที่ละบิตได้								TH1
8CH	ไม่สามารถทำการอ้างอิงข้อมูลที่ละบิตได้								TH0
8BH	ไม่สามารถทำการอ้างอิงข้อมูลที่ละบิตได้								TL1
8AH	ไม่สามารถทำการอ้างอิงข้อมูลที่ละบิตได้								TL0
89H	ไม่สามารถทำการอ้างอิงข้อมูลที่ละบิตได้								TMOD
	TF1	TR1	TF0	1E1	1T1	1E0	1T0		
88H	8F	8E	8D	8C	8B	8A	89	88	TCON
87H	ไม่สามารถทำการอ้างอิงข้อมูลที่ละบิตได้								PCON
87H	ไม่สามารถทำการอ้างอิงข้อมูลที่ละบิตได้								DPH
87H	ไม่สามารถทำการอ้างอิงข้อมูลที่ละบิตได้								DPL
87H	ไม่สามารถทำการอ้างอิงข้อมูลที่ละบิตได้								SP
87H	87	86	85	84	83	82	81	80	P0

รูปที่ 2.33 รีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษของ MCS-51 (ต่อ)

รีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษสามารถอ้างถึงในระดับบิตและไบต์ได้ โดยในการอ้างถึงระดับบิตจะเป็นรีจิสเตอร์ที่อยู่ในตำแหน่งแอดเดรสที่เป็นจำนวนทวีคูณของค่า 8 ซึ่งก็คือ 80H, 88H, 90H, 98H, A0H, A8H, B0H, B8H, D0H, D8H, E0H และ F0H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. รีจิสเตอร์เกี่ยวกับการประมวลผลทางคณิตศาสตร์และลอจิก

1.1 แอกคิวมูเลเตอร์ (Accumulator: ACC)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต อยู่ที่ตำแหน่ง 0E0H ทำหน้าที่เป็นที่เก็บข้อมูลเพื่อส่งให้หน่วยประมวลผลทางคณิตศาสตร์และลอจิกภายในซีพียูประมวลผล และทำหน้าที่เก็บผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลแล้ว การใช้งานภายในโปรแกรมเรียกว่า รีจิสเตอร์ A

1.2 รีจิสเตอร์ B

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต อยู่ที่ตำแหน่ง 0F0H เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้สำหรับการทำคำสั่งคูณและการหารตัวเลขรวมกับรีจิสเตอร์ A โดยผลลัพธ์ที่ได้จะมีขนาด 16 บิต และรีจิสเตอร์ B จะเก็บผลลัพธ์ 8 บิตสูง และรีจิสเตอร์ A จะเก็บผลลัพธ์ 8 บิตต่ำ ในกรณีที่ไม่ได้ใช้ในการคำนวณทางคณิตศาสตร์ก็สามารถนำมาใช้งานเป็นรีจิสเตอร์ทั่วไปได้

1.3 โปรแกรมสเตตัสเวอร์ด (Program Status Word)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต อยู่ที่ตำแหน่ง D0H แต่ใช้งานเพียง 7 บิต ใช้เป็นแฟล็กที่ทำหน้าที่บอกถึงสถานะการทำงานต่างๆ จำนวน 5 บิต ที่เหลืออีก 2 บิตใช้ในการเลือกแบงก์ของรีจิสเตอร์ สามารถทำการอ้างอิงถึงข้อมูลในรีจิสเตอร์ได้ทีละบิต ค่าข้อมูลภายในรีจิสเตอร์จะถูกเซ็ตหรือเคลียร์โดยคำสั่งในโปรแกรมหรือโดยผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลทางคณิตศาสตร์และลอจิก การใช้งานภายในโปรแกรมเรียกว่า รีจิสเตอร์ PSW

ตารางที่ 2.3 สถานะการใช้งานของโปรแกรมสเตตัสเวอร์ด

MSB **LSB**

CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	-	P

ชื่อบิต	ตำแหน่ง	ความหมาย
CY	PSW.7	แฟล็กตัวทด
AC	PSW.6	แฟล็กตัวทดช่วย
FO	PSW.5	แฟล็กสำหรับให้ผู้ใช้ใช้งานทั่วไป
RS1	PSW.4	สำหรับเลือกรีจิสเตอร์แบงก์ บิต 1
RS0	PSW.3	สำหรับเลือกรีจิสเตอร์แบงก์ บิต 0
OV	PSW.2	แฟล็กค่าเกิน
-	PSW.1	ไม่ได้ใช้งาน
P	PSW.0	แฟล็กพาริตี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PSW. 0 เรียกว่า Parity Flag ใช้แสดงว่าจำนวนเลข "1" ในรีจิสเตอร์ A เป็นจำนวนคู่หรือคี่ โดยถ้ามีเลขหนึ่งเป็นจำนวนคี่ PSW.0 จะมีค่าเป็น "1" และถ้ามีเลขหนึ่งเป็นจำนวนคู่ PSW.0 จะมีค่าเป็น "0"

PSW.1 ไม่ได้ใช้งาน

PSW.2 เรียกว่า Overflow Flag เป็นบิตที่บอกการคำนวณนั้นทำให้เกิดตัวทดขึ้นระหว่างการคำนวณ ตัวทดนี้เป็นตัวทดจากบิตที่ 6 ไปยังบิตที่ 7 มีประโยชน์เมื่อทำการคำนวณแบบติดเครื่องหมาย

PSW.3 และ PSW.4 ใช้ร่วมกันเพื่อเป็นตัวกำหนดการเลือกรีจิสเตอร์แบงก์

PSW.5 เป็นบิตเอนกประสงค์กำหนดค่าให้เป็น "0" หรือ "1" ก็ได้ โดยที่การทำงานของคำสั่งอื่นจะไม่มีผลให้บิตนี้เปลี่ยนแปลง บิตนี้ใช้ประโยชน์สำหรับการส่งสถานะของโปรแกรมระหว่างเรียกการทำงานของโปรแกรมย่อย

PSW.6 เรียกว่า Auxiliary Carry Flag เป็นบิตที่ใช้สำหรับเก็บตัวทดที่เกิดขึ้นระหว่างการคำนวณ โดยตัวทดนี้เป็นตัวทดที่เกิดจากการคำนวณเป็นการทดจากบิตที่ 3 ไปยังบิตที่ 4

PSW.7 เรียกว่า Carry Flag เป็นบิตที่บอกสถานะการคำนวณทางคณิตศาสตร์ว่าผลลัพธ์ทำให้เกิดตัวทดขึ้นหรือไม่ เช่น การบวกเลข 2 จำนวนเข้าด้วยกันผลลัพธ์มากกว่า 255 ก็จะทำให้เกิดตัวทดขึ้นเนื่องมาจากแอกคิวมูเลเตอร์เก็บข้อมูลได้ 8 บิตเท่านั้น และเมื่อมีตัวทดเกิดขึ้นบิตนี้จะมีค่าเป็น "1"

2. รีจิสเตอร์เกี่ยวกับการทำงานของโปรแกรม

2.1 โปรแกรมเคาน์เตอร์ (Program Counter)

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการชี้ตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำโปรแกรม ในรีจิสเตอร์นี้จะเก็บตำแหน่งของหน่วยความจำที่จะประมวลผลในลำดับต่อไปไว้ และมีการเพิ่มค่าขึ้นโดยอัตโนมัติ การใช้งานภายในโปรแกรมเรียกว่า รีจิสเตอร์ PC

2.2 สแต็กพอยน์เตอร์ (Stack Pointer)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต อยู่ที่ตำแหน่ง 81H ทำหน้าที่เก็บค่าตัวชี้ตำแหน่งของสแต็ก โดยที่สแต็กจะใช้สำหรับเก็บข้อมูลแอกคิวมูเลเตอร์ รีจิสเตอร์ต่างๆ รวมทั้งข้อมูลจากโปรแกรม โดยปกติเมื่อทำการเริ่มต้นระบบใหม่หรือมีการรีเซ็ต ค่าภายในสแต็กพอยน์เตอร์จะมีค่าเท่ากับ 07H ซึ่งจะเป็นตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูลภายในบริเวณ 128 ไบต์แรก (รีจิสเตอร์ R0 ในแบงก์ 0) ในการใช้งานค่าของสแต็กพอยน์เตอร์จะมีการเพิ่มค่าขึ้น 1 ค่า ก่อนที่จะมีการนำข้อมูลไปไว้ในสแต็ก การใช้งานภายในโปรแกรมเรียกว่า รีจิสเตอร์ SP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ตัวชี้ข้อมูล (Data Pointer Register)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต ซึ่งเรียกว่า DPTR และยังสามารถแยกออกเป็นรีจิสเตอร์ที่มีขนาด 8 บิต 2 ตัว คือ รีจิสเตอร์ DPH อยู่ที่ตำแหน่ง 83H ใช้เก็บ ข้อมูล 8 บิตสูง และ DPL อยู่ที่ตำแหน่ง 82H ใช้เก็บข้อมูล 8 บิตต่ำ ในการใช้งานทั่วไปจะใช้เป็นที่เก็บค่าตำแหน่งของหน่วยความจำหรือตำแหน่งของอุปกรณ์ภายนอกที่ซีพียูต้องการติดต่อด้วย ซึ่งรีจิสเตอร์ DPTR นี้ก็เป็นที่นิยมใช้ในการทำงาน

3. รีจิสเตอร์เกี่ยวกับวงจรนับและจับเวลา

MCS-51 ในเบอร์ 8051 จะประกอบด้วยรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการนับและจับเวลาขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัว ซึ่งสามารถแยกออกเป็นรีจิสเตอร์ต่างๆ ได้ดังนี้

3.1 รีจิสเตอร์ TL0 อยู่ที่ตำแหน่ง 8AH ใช้เก็บค่าในการนับหรือจับเวลา 8 บิตต่ำของ Timer/Counter 0

3.2 รีจิสเตอร์ TL1 อยู่ที่ตำแหน่ง 8BH ใช้เก็บค่าในการนับหรือจับเวลา 8 บิตต่ำของ Timer/Counter 1

3.3 รีจิสเตอร์ TH0 อยู่ที่ตำแหน่ง 8CH ใช้เก็บค่าในการนับหรือจับเวลา 8 บิตสูงของ Timer/Counter 0

3.4 รีจิสเตอร์ TH1 อยู่ที่ตำแหน่ง 8DH ใช้เก็บค่าในการนับหรือจับเวลา 8 บิตสูงของ Timer/Counter 1

3.5 รีจิสเตอร์ TMOD (Timer/Counter Mode Control Register)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต อยู่ที่ตำแหน่ง 89H ใช้เลือกโหมดการทำงานของวงจรนับ/จับเวลา สามารถเลือกได้ทั้งหมด 4 โหมด โดยเลือกที่บิต M0 และ M1 ส่วนบิต Gate เป็นบิตที่ใช้เลือกการเริ่มวงจรนับ/จับเวลา โดยควบคุมร่วมกับ TRx ใน TCON ส่วนบิต C/T ใช้เลือก Timer หรือ Counter

3.6 รีจิสเตอร์ TCON

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต อยู่ที่ตำแหน่ง 88H ใช้ทำหน้าที่ควบคุมให้ Timer/Counter เริ่มนับโดยเซ็ตที่บิต TRx (TR0 หรือ TR1) อีกหน้าที่หนึ่งใช้แสดงผลการเกิดโอเวอร์โฟลว์ของ Timer/Counter โดยจะแสดงที่บิต TFx (TF0 หรือ TF1) อีกหน้าที่หนึ่งคือ แสดงสถานะเมื่อเกิดการอินเตอร์รัปต์จากภายนอก โดยแสดงที่บิต IE0 หรือ IE1 หน้าที่สุดท้ายคือ บิตเลือกสัญญาณอินเตอร์รัปต์ว่าจะเอาแบบ Trig ที่ขอบขาลงหรือ Trig ที่ระดับศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 สถานะการใช้งานของรีจีสเตอร์ TMOD

MSB							LSB
GATE1	C/T1	M1	M0	GATE0	C/T0	M1	M0

ชื่อบิต	ตำแหน่ง	ความหมาย
GATE1	TMOD.7	บิตควบคุม GATE ของ Timer1
C/T1	TMOD.6	บิตกำหนดการทำงานแบบตัวนับหรือจับเวลาของ Timer1 โดยถ้าเป็น "0" จะทำหน้าที่เป็นตัวจับเวลา
M1	TMOD.5	บิตบนสำหรับกำหนดโหมดการทำงานของ Timer1
M0	TMOD.4	บิตล่างสำหรับกำหนดโหมดการทำงานของ Timer1
GATE0	TMOD.3	บิตควบคุม GATE ของ Timer0
C/T0	TMOD.2	บิตกำหนดการทำงานแบบตัวนับหรือจับเวลาของ Timer0 โดยถ้าเป็น "0" จะทำหน้าที่เป็นตัวจับเวลา
M1	TMOD.1	บิตบนสำหรับกำหนดโหมดการทำงานของ Timer0
M0	TMOD.0	บิตล่างสำหรับกำหนดโหมดการทำงานของ Timer0

ตารางที่ 2.5 สถานะการใช้งานของรีจีสเตอร์ TCON

MSB							LSB
TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

ชื่อบิต	ตำแหน่ง	ความหมาย
TF1	TCON.7	แฟล็กแสดงการโอเวอร์โฟลว์ของ Timer1
TR1	TCON.6	บิตกำหนดการทำงาน/หยุดทำงานของ Timer1
TF0	TCON.5	แฟล็กแสดงการโอเวอร์โฟลว์ของ Timer0
TR0	TCON.4	บิตกำหนดการทำงาน/หยุดทำงานของ Timer0
IE1	TCON.3	แฟล็กแสดงการอินเตอร์รัปต์ของ INT1
IT1	TCON.2	บิตเลือกประเภทการอินเตอร์รัปต์ของ INT1
IE0	TCON.1	แฟล็กแสดงการอินเตอร์รัปต์ของ INT0
IT0	TCON.0	บิตเลือกประเภทการอินเตอร์รัปต์ของ INT0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. รีจิสเตอร์เกี่ยวกับพอร์ตอนุกรม

4.1 รีจิสเตอร์ SBUF (Serial Data Buffer)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต อยู่ที่ตำแหน่ง 99H ใช้เป็นที่เก็บข้อมูลก่อนที่ส่งข้อมูลอนุกรมออกไปหรือเป็นบัฟเฟอร์เก็บข้อมูลในช่วงที่รับข้อมูลเข้ามา ซึ่งตามความจริงแล้วบัฟเฟอร์นี้จะมีอยู่ด้วยกัน 2 ชุด ใช้สำหรับการส่งและรับโดยซีพียูจะทำการจัดการเลือกบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมโดยอัตโนมัติ

4.2 รีจิสเตอร์ SCON (Serial Port Control Register)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต อยู่ที่ตำแหน่ง 98H ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรม

ตารางที่ 2.6 สถานะการใช้งานของรีจีสเตอร์ SCON

MSB							**LSB**
SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI

ชื่อบิต	ตำแหน่ง	ความหมาย
SM0	SCON.7	บิตเลือกโหมดการทำงาน
SM1	SCON.6	บิตเลือกโหมดการทำงาน
SM2	SCON.5	บิตกำหนดการทำงานแบบมัลติโปรเซสเซอร์
REN	SCON.4	บิตยอมให้มีการรับข้อมูล
TB8	SCON.3	ค่าบิตที่ 9 สำหรับการส่งข้อมูลออก
RB8	SCON.2	ค่าบิตที่ 9 ของการรับข้อมูลเข้ามา
TI	SCON.1	แฟล็กแสดงการอินเตอร์รัปต์ภายหลังการส่งข้อมูล
RI	SCON.0	แฟล็กแสดงการอินเตอร์รัปต์ภายหลังการรับข้อมูลเข้า

5. รีจิสเตอร์เกี่ยวกับพอร์ตขนาน

MCS-51 มีรีจิสเตอร์ที่ใช้งานเกี่ยวข้องกับพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตโดยตรง ซึ่งจะมีอยู่ 4 ตัวด้วยกัน แต่ละตัวเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต มีชื่อเรียกและตำแหน่งดังนี้

5.1 รีจิสเตอร์ P0 (พอร์ต 0) อยู่ที่ตำแหน่ง 80H

5.2 รีจิสเตอร์ P1 (พอร์ต 1) อยู่ที่ตำแหน่ง 90H

5.3 รีจิสเตอร์ P2 (พอร์ต 2) อยู่ที่ตำแหน่ง A0H

5.4 รีจิสเตอร์ P3 (พอร์ต 3) อยู่ที่ตำแหน่ง B0H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์พอร์ตทั้ง 4 สามารถใช้งานได้ทั้งในลักษณะของการเป็นอินพุต หรือการเอาต์พุตข้อมูลก็ได้ และสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ในระดับบิตและระดับไบต์ การดำเนินการใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับพอร์ตทั้ง 4 จะมีผลทำให้ข้อมูลที่ตำแหน่งของพอร์ตเหล่านี้เปลี่ยนแปลงไป

6. รีจิสเตอร์เกี่ยวกับการอินเตอร์รัปต์

6.1 รีจิสเตอร์ IP (Interrupt Priority Register)

รีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต อยู่ที่ตำแหน่ง B8H ใช้ควบคุมลำดับความสำคัญของการอินเตอร์รัปต์

ตารางที่ 2.7 สถานะการใช้งานของรีจีสเตอร์ IP

MSB							LSB
-	-	PT2	PS	PT1	PX1	PT0	PX0

ชื่อบิต	ตำแหน่ง	ความหมาย
	IP.7	
	IP.6	
PT2	IP.5	ระดับความสำคัญของ Timer2
PS	IP.4	ระดับความสำคัญของพอร์ตอนุกรม
PTi	IP.3	ระดับความสำคัญของ Timer1
PX1	IP.2	ระดับความสำคัญของ INT1
PT0	IP.1	ระดับความสำคัญของ Timer0
PX0	IP.0	ระดับความสำคัญของ INT0

ตารางที่ 2.8 ระดับความสำคัญของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ประเภทต่างๆ

ระดับความสำคัญ	สัญญาณ	ความหมาย
1	IE0	อินเตอร์รัปต์ภายนอก 0
2	TF0	วงจรนับ/จับเวลา 0
3	IE1	อินเตอร์รัปต์ภายนอก 1
4	TF1	วงจรนับ/จับเวลา 1
5	RI หรือ TI	วงจรรับ/ส่ง ข้อมูลอนุกรม
6	TF2 หรือ EXF2	วงจรนับ/จับเวลา 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 ตำแหน่งเวคเตอร์แอดเดรสของอินเตอร์รัปต์ประเภทต่างๆ

แหล่งกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์	ตำแหน่งแอดเดรส
IE0 อินเตอร์รัปต์ภายนอก 0	0003H
TF0 วงจรนับ/จับเวลา 0	000BH
IE1 อินเตอร์รัปต์ภายนอก 1	0013H
TF1 วงจรนับ/จับเวลา 1	001BH
RI หรือ TI วงจรรับ/ส่ง ข้อมูลอนุกรม	0023H

6.2 รีจิสเตอร์ IE (Interrupt Enable Register)

เป็นรีจิสเตอร์ที่มีขนาด 8 บิต อยู่ที่ตำแหน่ง A8H โดยใช้กำหนดให้ทำอินเตอร์รัปต์หรือไม่ทำอินเตอร์รัปต์

ตารางที่ 2.10 สถานะการใช้งานของรีจีสเตอร์ IE

MSB							**LSB**
EA	-	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

ชื่อบิต	ตำแหน่ง	ความหมาย
EA	IE.7	อีเนเบิล/ดิสเอเบิลการเกิดอินเตอร์รัปต์รวม
	IE.6	
ET2	IE.5	อีเนเบิล/ดิสเอเบิลการเกิดอินเตอร์รัปต์ Timer2
ES	IE.4	อีเนเบิล/ดิสเอเบิลการเกิดอินเตอร์รัปต์พอร์ตอนุกรม
ET1	IE.3	อีเนเบิล/ดิสเอเบิลการเกิดอินเตอร์รัปต์ Timer1
EX1	IE.2	อีเนเบิล/ดิสเอเบิลการเกิดอินเตอร์รัปต์ INT1
ET0	IE.1	อีเนเบิล/ดิสเอเบิลการเกิดอินเตอร์รัปต์ Timer0
EX0	IE.0	อีเนเบิล/ดิสเอเบิลการเกิดอินเตอร์รัปต์ INT0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. รีจิสเตอร์เกี่ยวกับระบบประหยัดพลังงาน

7.1 รีจิสเตอร์ PCON (Power Control Register)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต อยู่ที่ตำแหน่ง 87H ใช้ในการควบคุมการทำงานของ MCS-51 ได้สามลักษณะได้แก่ การควบคุมการทำงานของโปรเซสเซอร์ในการประหยัดพลังงาน (บิต IDL และ PD) การกำหนดอัตราการทวีคูณของอัตราความเร็วในการสื่อสารข้อมูลอนุกรม (บิต SMOD) และแฟล็กสถานะสำหรับการใช้งานทั่วไป (บิต GFO และ GF1)

ตารางที่ 2.11 สถานะการใช้งานของรีจีสเตอร์ PCON

MSB							LSB
SMOD	-	-	-	GF1	GF0	PD	IDL

ชื่อบิต	ตำแหน่ง	ความหมาย
SMOD	PCON.7	บิตกำหนดการทวีคูณของอัตราบอดปกติ
	PCON.6	
	PCON.5	
	PCON.4	
GF1	PCON.3	แฟล็กสำหรับให้ผู้ใช้ใช้งานทั่วไป Flag1
GF0	PCON.2	แฟล็กสำหรับให้ผู้ใช้ใช้งานทั่วไป Flag0
PD	PCON.1	บิตสำหรับการกำหนด Power Down
IDL	PCON.0	บิตสำหรับการกำหนด Idle Mode

บิต PD (Power Down)

เป็นการกำหนดให้ลดกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับส่วนของโพรเซสเซอร์ภายในลง โดยยังคงมีกำลังไฟฟ้าจ่ายให้กับส่วนหน่วยความจำข้อมูลภายในผ่านทางสัญญาณ RST วิธีการนี้มักจะนำมาใช้ในกรณีที่มีการตรวจสอบขณะไม่มีกำลังไฟฟ้าโดยวงจรที่ใช้ในการตรวจสอบภายนอกนั้นจะต้องมีการอินเตอร์รัปต์เข้ามา เพื่อทำการเก็บข้อมูลที่กำลังประมวลผลอยู่ก่อนและเมื่อมีกระแสไฟฟ้าจ่ายปกติแล้ว จึงค่อยนำข้อมูลนั้นมาประมวลผลต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต IDL (Idle Mode)

เป็นการกำหนดให้โพรเซสเซอร์หยุดการทำงานชั่วขณะ และจะกลับมาอยู่ในสภาพปกติอีกครั้งเมื่อทำการรีเซ็ตทางฮาร์ดแวร์ หรือมีการอินเตอร์รัปต์อย่างใดอย่างหนึ่งเกิดขึ้น การทำงานในลักษณะนี้สามารถเกิดขึ้นได้ เนื่องจากว่าสภาวะหยุดการทำงานชั่วขณะนั้น เป็นเพียงการห้ามไม่ให้มีสัญญาณนาฬิกาจ่ายให้ส่วนของโพรเซสเซอร์เท่านั้น ส่วนของวงจรอินเตอร์รัปต์พอร์ตอนุกรมและวงจรนับ/จับเวลา ยังคงมีสัญญาณนาฬิกาอยู่เป็นปกติ

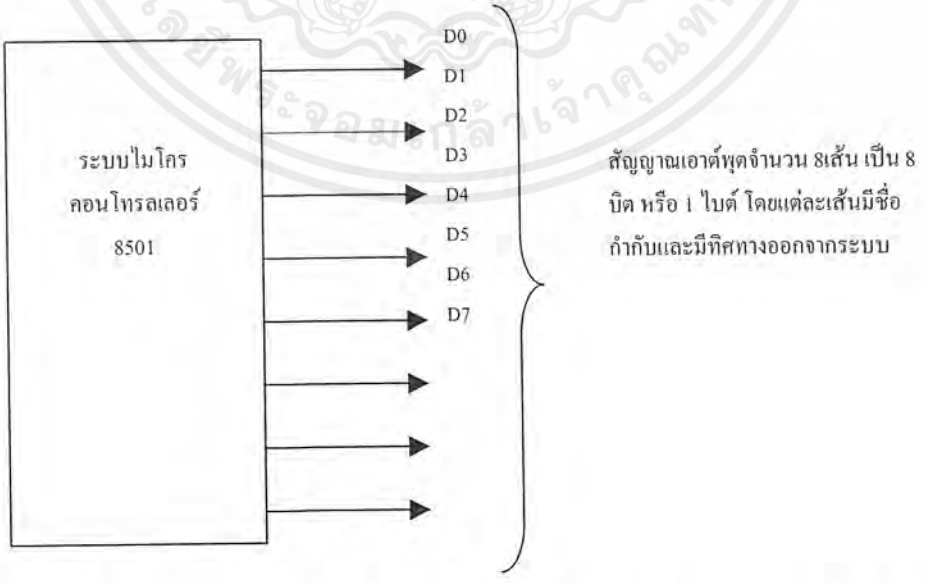
บิต SMOD

ถ้าบิต SMOD มีค่าเป็น "0" ความเร็ว Baud Rate เมื่อส่งข้อมูลอนุกรมโหมด 1, 2, 3 จะมีค่าเป็น เท่า และถ้าบิต SMOD มีค่าเป็น "1" ความเร็ว Baud Rate เมื่อส่งข้อมูลอนุกรมโหมด 1, 2, 3 จะเป็น 2 เท่า

2.3.9 การต่อใช้งานพอร์ตอินพุตและพอร์ตเอาต์พุตของ MCS-51

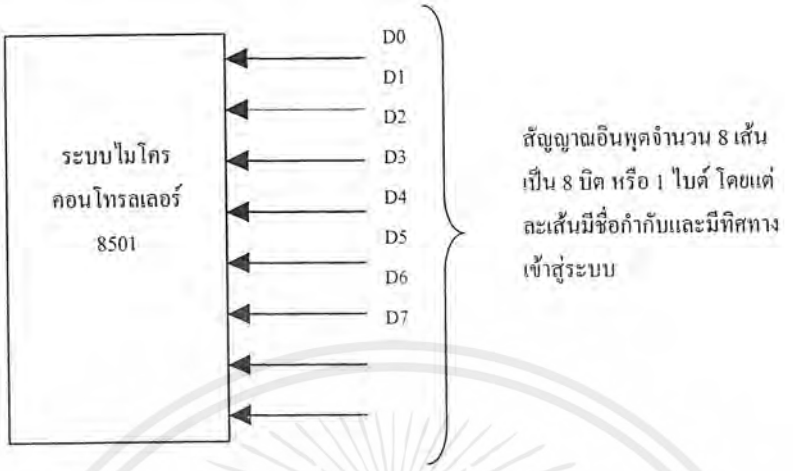
พอร์ตอินพุตและเอาต์พุต

พอร์ต หมายความว่า แอดเดรสที่ต้องกำหนดไว้เพื่อต้องการโอนย้ายข้อมูลระหว่าง ชุดของไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ภายนอก เมื่อพิจารณาจากทิศทางการไหลของข้อมูลแล้ว โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหลัก จะได้ว่าการรับข้อมูลจากวงจรภายนอกเรียกว่า อินพุต (Input) ดังรูปที่ 3.34 (ก) และการส่งข้อมูลออกไปยังวงจรภายนอกเรียกว่า เอาต์พุต (Output) ดังรูปที่ 3.34 (ข)



รูปที่ 2.34 (ก) การส่งข้อมูลออกไปยังพอร์ตเอาต์พุต ซึ่งจะมีสัญญาณจำนวน 8 เส้นสำหรับส่งข้อมูลออกไปยังภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.35 (ข) การรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกเข้ามายังพอร์ตอินพุตของระบบ ซึ่งจะมีเส้นสัญญาณจำนวน 8 เส้น

เมื่อพิจารณาถึงวิธีการส่งข้อมูลภายในพอร์ตจะสามารถแยกประเภทของพอร์ตออกเป็น 2 ลักษณะคือ พอร์ตขนาน (Parallel) ซึ่งจะทำการส่งหรือรับข้อมูลทุกบิตในเวลาเดียวกัน และพอร์ตอนุกรม (Serial Port) จะทำการส่งหรือรับข้อมูลทีละบิตจนครบจำนวน

8051 มีพอร์ตขนานจำนวน 4 พอร์ต มีชื่อเรียกตามลำดับว่า พอร์ต 0, 1, 2 และ 3 (P0, P1, P2 และ P3) ทั้ง 4 พอร์ตนี้จะเป็นพอร์ตขนานขนาด 8 บิต สามารถใช้งานได้ทั้งแบบบิตหรือแบบไบต์ นอกจากนี้พอร์ต 0 ,2 และ 3 ยังสามารถใช้งานอื่นๆ ได้อีก หน้าที่ของพอร์ตต่างๆ มีดังนี้ คือ

พอร์ต 0 (P0.7-P0.0) สามารถใช้งานได้ 2 หน้าที่ คือ ใช้เป็นพอร์ตอินพุตหรือเอาต์พุต ส่วนอีกหน้าที่หนึ่งจะใช้เมื่อต้องการขยายระบบให้ใหญ่ขึ้น โดยใช้ควบคุมหน่วยความจำภายนอก ซึ่งจะให้สัญญาณที่มัลติเพล็กซ์ระหว่างแอดเดรสและบัสข้อมูล (AD7-AD0) ออกมา

พอร์ต 1 (P1.7-P1.0) จะใช้เป็นพอร์ตอินพุตหรือเอาต์พุตได้เพียงอย่างเดียว

พอร์ต 2 (P2.7-P2.0) เป็นพอร์ตที่ใช้งาน 2 หน้าที่ คือ ในหน้าที่แรกเป็นพอร์ตอินพุตหรือเอาต์พุต ส่วนอีกหน้าที่หนึ่งจะใช้ควบคุมหน่วยความจำภายนอก โดยที่จะใช้เป็นแอดเดรสไบต์สูง (A15-A8)

พอร์ต 3 (P3.7-P3.0) เป็นพอร์ตที่ใช้งาน 2 หน้าที่ คือ หน้าที่แรกเป็นพอร์ตอินพุตหรือเอาต์พุต ส่วนหน้าที่ที่ 2 จะแยกออกเป็นหลายอย่างดังนี้ คือ

บิต	ชื่อ	หน้าที่
P3.0	RXD	รับข้อมูลของพอร์ตอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P3.1	TXD	ส่งข้อมูลของพอร์ตอนุกรม
P3.2	INT0	ใช้รับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอก
P3.3	INT1	ใช้รับสัญญาณอินเตอร์รัปต์จากภายนอก
P3.4	T0	เป็นอินพุตจากภายนอกของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 0
P3.5	T1	เป็นอินพุตจากภายนอกของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 1
P3.6	WR	ขาสัญญาณควบคุมการเขียน (Write) ของหน่วยความจำภายนอก
P3.7	rd	ขาสัญญาณควบคุมการอ่าน (Read) ของหน่วยความจำภายนอก

คำสั่งการใช้งานพอร์ตอินพุตและเอาต์พุต

8051 อ้างถึงพอร์ต, รีจิสเตอร์และอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบ โดยใช้หลักการที่เรียกว่า Memory Mapped System คือ การติดต่อกับอุปกรณ์เหล่านี้จะเหมือนกับการติดต่อกับหน่วยความจำ ดังนั้นการติดต่อกับพอร์ตอินพุตหรือเอาต์พุตของ 8051 จะใช้คำสั่งเช่นเดียวกับการติดต่อหน่วยความจำนั่นเอง เช่น

```
MOV   P0,#00H ; เคลียร์ทุกบิตของพอร์ต P0 ให้เป็น 0
MOV   P0,#0FFH ; เซ็ตทุกบิตของพอร์ต P0 ให้เป็น 1
MOV   P1,#00H ; เคลียร์ทุกบิตของพอร์ต P1 ให้เป็น 0
MOV   P1,#0FFH ; เซ็ตทุกบิตของพอร์ต P1 ให้เป็น 1
```

นอกจากนี้ 8051 ยังมีชุดคำสั่งที่สามารถจัดการแบบบิตได้โดยตรง (Single-bit Operation) เพื่อจัดการพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตทั้งหมดแบบสัญญาณเส้นเดียวได้ เช่น

```
CLR   P2.0 ; เคลียร์บิตที่ 0 ของพอร์ต P2 ให้เป็น 0
SETB  P2.0 ; เซ็ตบิตที่ 0 ของพอร์ต P2 ให้เป็น 1
CPL   P1.0 ; เปลี่ยนสถานะของบิตที่ 0 ของพอร์ต P1 ให้เป็นตรงกันข้าม
MOV   C, P1.0 ; อ่านค่าจากบิตที่ 0 ของพอร์ต P1 ไปใส่ไว้ในแฟล็กตัวทด
JB    P1.0, <location> ; ตรวจสอบบิตที่ 0 ของพอร์ต P1 ถ้าเป็น 1 ให้กระโดดไปยัง
                         location ที่ต้องการ
```

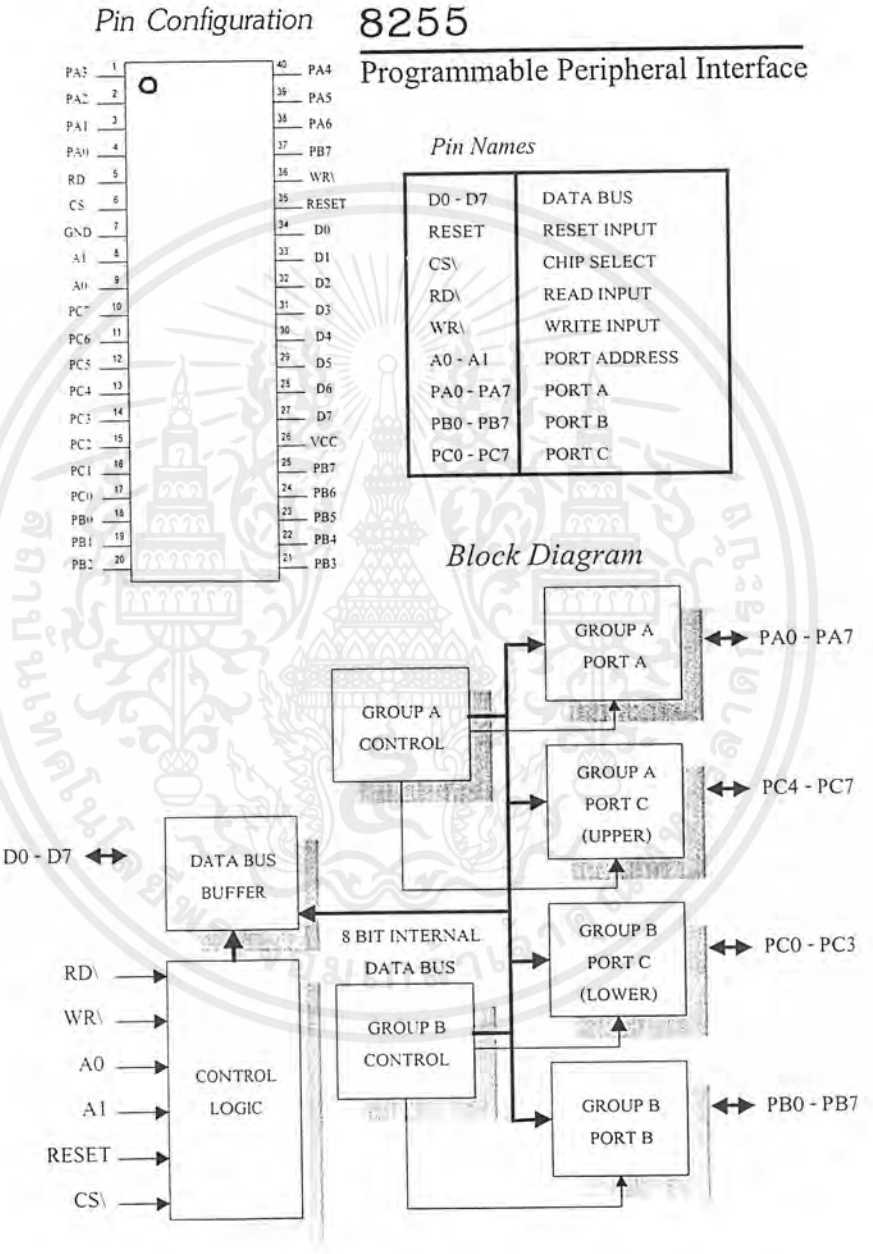
2.4 การใช้งาน 8255 กับ 8051

2.4.1 ลักษณะพื้นฐานของ 8255

ไอซีเบอร์ 8255 ได้รับการออกแบบมาเพื่อทำหน้าที่เป็นพอร์ต สำหรับการรับ/ส่งข้อมูลแบบขนานระหว่างอุปกรณ์ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ 8255 สามารถเปลี่ยนแปลงลักษณะการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงานส่วนของพอร์ต ให้เป็นเอาท์พุตหรืออินพุตได้โดยเพียงการส่งข้อมูลนั้นควบคุมจากชุดของไมโครคอนโทรลเลอร์ก่อนที่จะใช้งานเท่านั้น ความสามารถเช่นนี้ เรียกว่า Programmable คือ สามารถโปรแกรมการทำงานได้ ทำให้ได้รับความนิยมนำไปใช้งานกันอย่างแพร่หลาย



รูปที่ 2.36 แผนภาพบล็อกภายในและขาสัญญาณของ 8255

จากรูปที่ 2.36 จะเห็นว่า 8255 ประกอบด้วยบล็อกของหน่วยการทำงานหลานส่วนอยู่ภายในบล็อกทางด้านขวามือจำนวน 4 บล็อก เป็นส่วนที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่านทางเส้นสัญญาณที่ระบุชื่อว่า PA0 – PA7 , PB0 – PB7 และ PC0 – PC7 กลุ่มของสัญญาณเหล่านี้จำแนกออกเป็น 3 กลุ่ม คือ พอร์ต A (PA) พอร์ต B (PB) และพอร์ต C (PC) สำหรับบล็อกถัดมาบริเวณส่วนกลางที่มีชื่อเรียกว่า GROUP A CONTROL และ GROUP B CONTROL ทำหน้าที่กำหนดการทำงานของพอร์ตทั้งสาม (ซึ่งจะได้อธิบายต่อไป) บล็อกทั้งสองนี้เชื่อมต่อกับบล็อก อื่น ๆ ผ่านทางบัสข้อมูลภายใน 8255 เอง สำหรับบล็อกการทำงานทางด้านซ้าย ที่มีชื่อว่า Data bus buffer และ Read / Write control logic ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างระบบบัสของไมโครคอนโทรลเลอร์กับ 8255 เพื่อรับหรือส่งข้อมูลระหว่างกันตามระดับลอจิกของขาสัญญาณ RD\ และ WR\ ตามลำดับ

2.4.2 การจำแนกกลุ่มของพอร์ต 8255

ในบรรดาพอร์ตทั้งสามของ 8255 คือ พอร์ต A พอร์ต B และพอร์ต C โดยพื้นฐานนั้นล้วนเป็นพอร์ตแบบขนานที่ประกอบด้วยสัญญาณ 8 เส้น ซึ่งแต่ละเส้นจะแทนบิตของข้อมูลพอร์ต ซึ่งอาจจะกล่าวในอีกลักษณะว่าเป็นพอร์ตแบบ 8 บิต นอกจากนี้ยังสามารถอ้างถึงแต่ละบิตของเส้นสัญญาณพอร์ตนี้ได้โดยอิสระ อย่างไรก็ตาม 8255 ได้จัดกลุ่มของพอร์ตเหล่านี้ออกเป็นสองกลุ่ม (Group) คือ Group A และ Group B เพื่อประโยชน์ในการกำหนดรูปแบบการทำงานของพอร์ต ดังตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.12 การจำแนกกลุ่มของ 8255

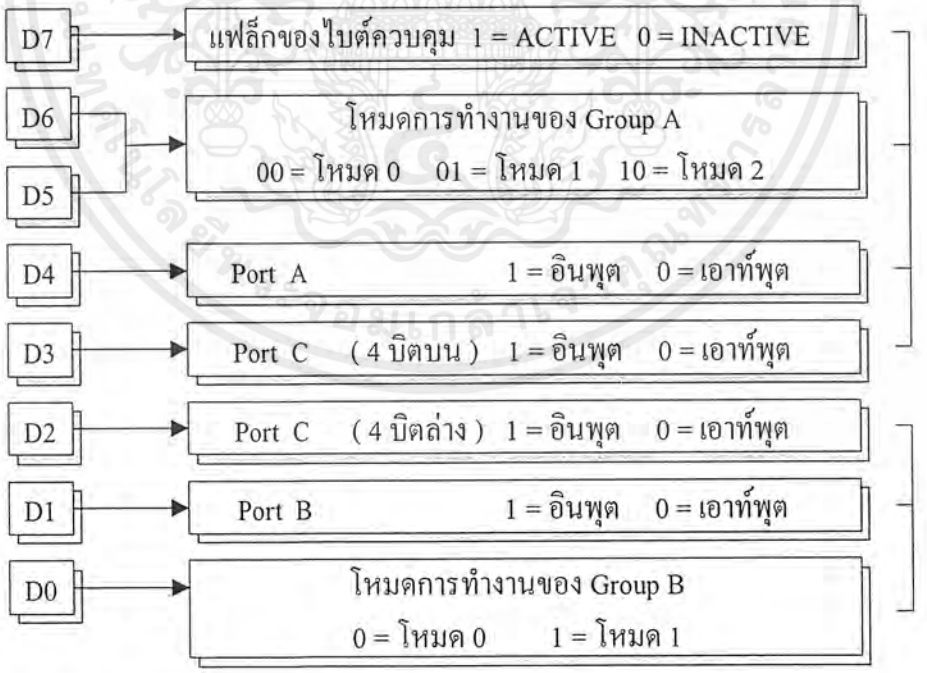
ชื่อกลุ่ม	ลักษณะ
Group A	พอร์ต A จำนวน 8 บิต (ทุกบิตของพอร์ต) พอร์ต C จำนวน 4 บิต (เฉพาะ 4 บิตบนของพอร์ต)
Group B	พอร์ต B จำนวน 8 บิต (ทุกบิตของพอร์ต) พอร์ต C จำนวน 4 บิต (เฉพาะ 4 บิตล่างของพอร์ต)

จากตารางการทำงานข้างต้นจะเห็นว่า จำนวนเส้นสัญญาณทั้งหมดของพอร์ตC (PC0–PC7) ได้ถูกแยกออกเป็นกลุ่ม คือ กลุ่มของ 4 บิตล่าง (Lower nibble) จาก PC0-PC3 และกลุ่มของ 4 บิตบน (Upper nibble) จาก PC4-PC7 ดังนั้น Group A และ Group B ของ 8255 จึงมีจำนวนบิตในแต่ละกลุ่มเป็นจำนวนถึง 12 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.13 หน้าที่การทำงานของขาสัญญาณ 8255

สัญญาณ	ความหมาย
D0 – D7	กลุ่มของเส้นสัญญาณข้อมูลของ 8255 เมื่อมีการเขียนหรืออ่าน
CS\	สัญญาณเลือกอุปกรณ์ เมื่อขาสัญญาณนี้เป็นระดับลอจิกต่ำ ซีพียูก็สามารถเขียนหรืออ่านข้อมูลจาก 8255 ได้
RD\	สัญญาณบอกสถานะต้องการอ่านข้อมูลจากรีจิสเตอร์ของ 8255
WR\	สัญญาณบอกสถานะต้องการเขียนข้อมูลให้กับรีจิสเตอร์ของ 8255
A0 – A1	สัญญาณระบุตำแหน่งรีจิสเตอร์ภายใน 8255 ที่ต้องการ
RESET	สัญญาณการรีเซตวงจรทำงานภายใน 8255 เพื่อเริ่มต้นใหม่
PA0 – PA7	กลุ่มของสัญญาณ 8 เส้น เมื่อทำการติดต่อกับพอร์ต A ของ 8255
PB0 – PB7	กลุ่มของสัญญาณ 8 เส้น เมื่อทำการติดต่อกับพอร์ต B ของ 8255
PC0 – PC7	กลุ่มของสัญญาณ 8 เส้น เมื่อทำการติดต่อกับพอร์ต C ของ 8255



รูปที่ 2.37 ความหมายของบิตภายในไบต์ข้อมูลควบคุมสำหรับ 8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 รูปแบบคำสั่งเพื่อกำหนดการทำงานของ 8255

การกำหนดให้พอร์ตทั้งสามของ 8255 ทำงานในลักษณะต่าง ๆ กันหรือที่เรียกว่า "โหมดการทำงาน (Mode)" จะเริ่มด้วยการส่งค่าข้อมูลไบต์หนึ่งให้กับรีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานภายใน 8255 ข้อมูลนี้จะเรียกว่า "ไบต์ข้อมูลควบคุม (Control word)" โดยแต่ละบิตของข้อมูลนี้จะมีความหมายที่ระบุถึงความต้องการต่าง ๆ ไป ดังรูปที่ 2.37 การส่งข้อมูลไบต์นี้จะต้องเริ่มต้นเป็นลำดับแรก ก่อนที่จะได้มีการดำเนินการใด ๆ กับ 8255 ทั้งสิ้น

ตามความหมายของบิตภายในรูปที่ 2.37 จะเห็นว่าการเลือกใช้พอร์ตใดทำหน้าที่เป็นพอร์ตอินพุตก็เพียงแต่กำหนดค่าข้อมูล 1 ให้กับบิตที่เกี่ยวข้องกับพอร์ตนั้น หรือในกรณีตรงข้ามสำหรับเอาต์พุตก็เพียงกำหนดค่าข้อมูลเป็น 0 เท่านั้น อย่างไรก็ตามในการกำหนดให้ไบต์ข้อมูลควบคุมนี้มีผลถูกต้อง ก็จะต้องทำการกำหนดบิต D7 มีค่าเป็น 1 เสมอ

การเชื่อมต่อ 8255 กับ 8051

เมื่อพิจารณาแผนภาพของ 8255 จะเห็นว่ามีขาสัญญาณแอดเดรสจำนวน 2 เส้น คือ A0 และ A1 ทำให้ตำแหน่งของแอดเดรสที่จะอ้างถึงได้มีค่าเป็น 2^2 หรือเท่ากับ 4 ตำแหน่ง ซึ่งแต่ละตำแหน่งจะมีความหมายถึงการระบุรีจิสเตอร์หรือพอร์ตภายใน 8255 ดังตารางที่ 2.12

ตารางที่ 2.14 ความหมายของแอดเดรส A0 และ A1 ของ 8255

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

เมื่อพิจารณาค่าของแอดเดรสเหล่านี้ร่วมกับระดับลอจิกของขาสัญญาณ RD\ และ WR\ จะเป็นการอ่านหรือเขียนข้อมูลทางขาสัญญาณ D0 – D7 ให้กับรีจิสเตอร์นั้นตามลำดับ ดังตารางที่ 2.13 ซึ่งเป็นตาราง ข้อมูลทางขาสัญญาณ D0-D7 ของ 8255 โดยทั่วไปจึงมักกำหนดให้แอดเดรสของ 8255 ทั้งสี่ตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.15 ข้อมูลทางขาสัญญาณ D0-D7 ของ 8255

RD\	WR\	A1	A0	ความหมาย
0	1	0	0	ส่ง (หรือเขียน) ข้อมูลให้กับพอร์ต A
1	0	0	1	รับ (หรืออ่าน) ข้อมูลจากพอร์ต A
0	1	0	0	ส่ง (หรือเขียน) ข้อมูลให้กับพอร์ต B
1	0	0	1	รับ (หรืออ่าน) ข้อมูลจากพอร์ต B
0	1	1	0	ส่ง (หรือเขียน) ข้อมูลให้กับพอร์ต C
1	0	1	1	รับ (หรืออ่าน) ข้อมูลจากพอร์ต C
0	1	1	0	ส่ง (หรือเขียน) ข้อมูลให้กับรีจิสเตอร์ควบคุม
1	0	1	1	เป็นสภาวะที่ไม่ถูกต้อง

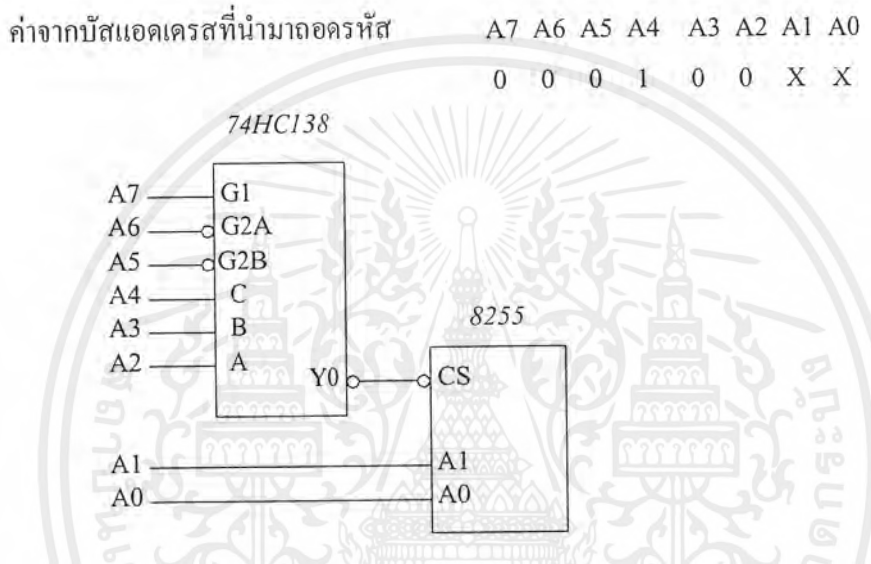
ดังนั้นโดยทั่วไปจึงมักกำหนดให้แอดเดรสของ 8255 ทั้งสี่ตำแหน่ง อยู่ในแอดเดรสช่วงใดช่วงหนึ่งของระบบ เช่น 10h, 11h, 12h, และ 13h โดยขาสัญญาณแอดเดรสที่นอกเหนือไปจาก A0 และ A1 นำมาเข้ายังตัวถอดรหัสแอดเดรส เพื่อสร้างสัญญาณเลือกอุปกรณ์ (CS\) ในช่วงแอดเดรสที่ต้องการ ขอให้ดูตัวอย่างวงจรในรูปที่ 2.38 สัญญาณ CS\ นี้จะเป็นสภาวะลอจิกต่ำก็ต่อเมื่อค่าในแอดเดรส A2 – A7 มีค่าเท่ากับ 0000100xx (ตัวอักษร xx ใช้เพื่อระบุถึงรีจิสเตอร์ภายใน 8255 เพื่อทำการอ่านหรือเขียนข้อมูล) ดังนั้นจากวงจรนี้แอดเดรสของรีจิสเตอร์ภายใน 8255 จะมีค่าตามตารางที่ 2.14

ตารางที่ 2.16 ค่าแอดเดรสของรีจีสเตอร์ภายใน 8255

ตำแหน่งแอดเดรส	ความหมาย
10h	พอร์ต A
11h	พอร์ต B
12h	พอร์ต C
13h	รีจิสเตอร์ควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาสัญญาณควบคุมอื่น ๆ คือ RD\ และ WR\ มักจะเชื่อมต่อเข้ากับขาสัญญาณชื่อเดียวกันของ 8051 ได้โดยตรง ทำให้แอดเดรสพอร์ตของ 8255 อยู่ในพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลของ 8051 สำหรับขาสัญญาณ RESET ของ 8255 ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดการรีเซตหรือเริ่มสภาวะการทำงานใหม่เมื่อระดับของขาสัญญาณเป็นลอจิกสูง ดังนั้นหากว่าจะใช้สัญญาณการรีเซตเดียวกับ 8051 เพื่อที่จะรีเซต 8255 ด้วยก็สามารถต่อได้โดยตรง



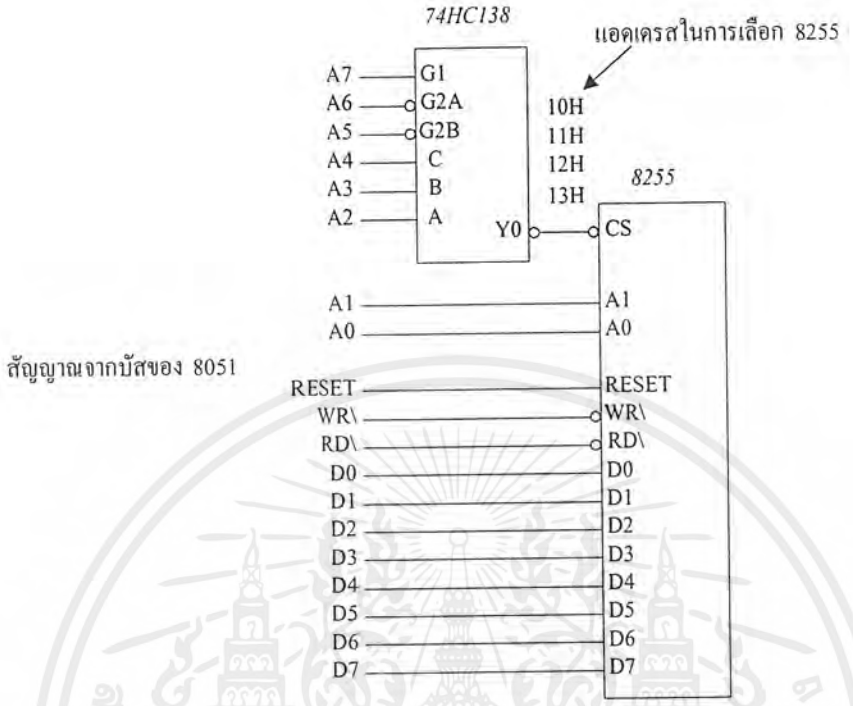
รูปที่ 2.38 การสร้างสัญญาณเลือกอุปกรณ์ (CS\) ของ 82 โดยการถอดรหัสจากแอดเดรส A2 – A7

ส่วนขาสัญญาณ D0 – D7 ก็สามารถนำไปเชื่อมต่อโดยตรงเข้ากับบัสของ 8051 ได้เช่นกัน ขอให้ดูวงจรทำงานแสดงการเชื่อมต่อระหว่าง 8255 และ 8051 ในรูปที่ 2.39 ซึ่งในที่นี้สมมติว่าไม่จำเป็นต้องมีการใช้วงจร หรือไอซีบัฟเฟอร์ขับสัญญาณบัสข้อมูล

2.4.4 การทำงานโหมด 0 ของ 8255

เมื่อ 8255 ได้รับการกำหนดให้ทำงานในโหมดนี้ จะทำให้พอร์ตต่าง ๆ มีหน้าที่เป็นพอร์ตอินพุตหรือเอาต์พุตได้เพียงลักษณะเดียวเท่านั้น การในเริ่มต้นจะทำโดยการส่งไบต์ข้อมูลควบคุมให้กับรีจิสเตอร์ควบคุม รูปแบบการกำหนดบิต เมื่อต้องการให้พอร์ต A, B และ C ทำหน้าที่เป็นพอร์ตเอาต์พุตทั้งหมด ดังตารางที่ 2.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.39 วงจรการเชื่อมต่อระหว่าง 8255 กับ 8051

ตารางที่ 2.17 การกำหนดค่าบิตในโหมด 0 ของ 8255

ตำแหน่งบิต	ค่าข้อมูล	ความหมาย
D7	1	ระบุให้ทราบว่าเป็นไบต์ข้อมูลควบคุม
D6 และ D5	0 0	กำหนดโหมดการทำงานให้กับพอร์ต A เป็นโหมด 0
D4	0	ระบุว่าพอร์ต A เป็นเอาท์พุตข้อมูล
D3	0	กำหนดให้เส้นสัญญาณสี่บิตบนของพอร์ต C เป็นเอาท์พุต
D2	0	กำหนดโหมดการทำงานให้กับพอร์ต B เป็นโหมด 0
D1	0	ระบุว่าพอร์ต B เป็นเอาท์พุตข้อมูล
D0	0	กำหนดให้เส้นสัญญาณสี่บิตล่างของพอร์ต C เป็นเอาท์พุต

ค่าของไบต์ข้อมูลควบคุมนี้จะต้องส่ง (หรือเขียน) ให้กับรีจิสเตอร์ควบคุม ซึ่งหากใช้วงจรตามรูปที่ 2.39 จะเป็นแอดเดรส 13h และสามารถแสดงคำสั่งได้ดังนี้

```
MOV     DPTR,#4003H ; SET THE CONTROL REGISTER ADDRESS
MOVX    @DPTR,#80H ; OUTPUT THE CONTROL WORD TO 8255
```

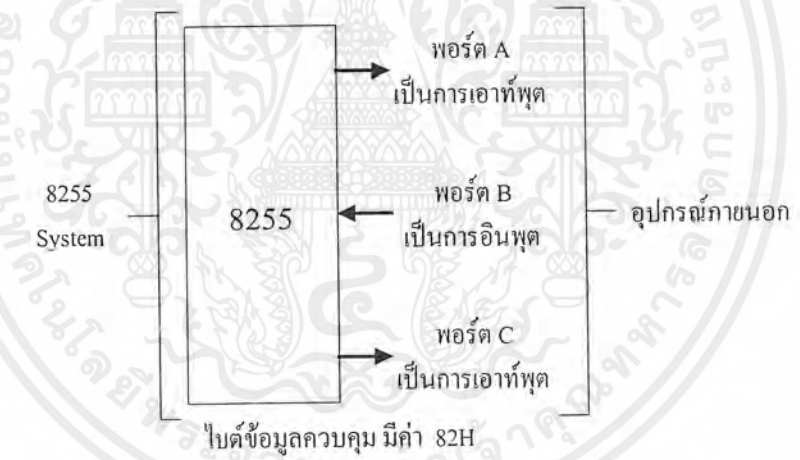
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามตัวอย่างข้างต้น เนื่องจากแอดเดรสมีค่าไม่เกิน 256 (0FFh) จึงสามารถอ้างถึงตำแหน่งแอดเดรสของรีจิสเตอร์ควบคุม 8255 ผ่านทางรีจิสเตอร์ R0 ได้ แต่ในบางกรณีค่าของแอดเดรสนี้อยู่ในช่วงที่มีค่าเกินกว่านี้ เช่น แอดเดรส 4000h ถึง 4003h ก็จะต้องใช้การอ้างถึงโดยอ้อมผ่านทางรีจิสเตอร์ DPTR แทนดังนี้

```
MOV     DPTR,#4003H ; SET THE CONTROL REGISTER ADDRESS
MOVX    @DPTR,#80H ; OUTPUT THE CONTROL WORD TO 8255
```

ภายหลังจาก 8255 ได้รับการโปรแกรมจากค่าของไบต์ข้อมูลควบคุมนี้แล้ว ก็สามารถที่จะใช้งานพอร์ตทั้งหมดในฐานะพอร์ตเอาท์พุตเพื่อส่งออกข้อมูลได้ตามต้องการ

กรณีต่อไปนี้ หากว่าต้องการให้พอร์ตของ 8255 มีทั้งพอร์ตอินพุตและเอาท์พุต ตัวอย่างเช่น ต้องการให้พอร์ต A และ C เป็นพอร์ตเอาท์พุต สำหรับพอร์ต B เป็นพอร์ตอินพุต ตามในรูปที่ 2.40 ค่าของไบต์ข้อมูลควบคุมก็จะเป็นดังนี้



รูปที่ 2.40 ลักษณะการทำงานของพอร์ต 8255
ภายหลังการส่งไบต์ข้อมูลควบคุมที่มีค่า 82h

ตำแหน่งบิต	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
ค่าของบิต	1	0	0	0	0	0	1	0

ตัวอย่างคำสั่งเพื่อการอ่านค่าข้อมูลเข้ามาทางพอร์ต B

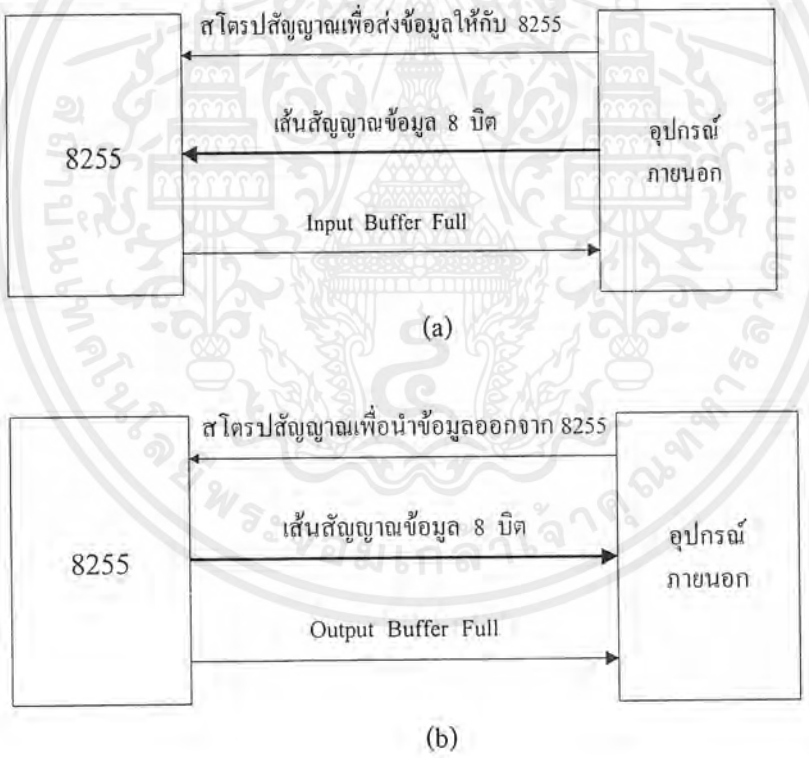
```
MOV     R0,#11H             ; SET UP PORT B ADDRESS
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MOV     A,@R0              ; READ DATA FROM PORT B
```

2.4.5 การทำงานโหมด 1 ของ 8255

เมื่อ 8255 ได้รับการกำหนดให้ทำงานในโหมด 1 จะมีผลทำให้พอร์ต A และพอร์ต B ยังสามารถใช้งานเป็นการอินพุตหรือเอาท์พุตข้อมูลในลักษณะเดียวกับโหมด 0 ที่ผ่านมา เพียงแต่พอร์ต C จะถูกนำไปใช้เป็นพอร์ตสำหรับการบอกสภาวะการติดต่อ (Handshake Signals) เท่านั้น โดยเส้นสัญญาณสี่บิตบน (PC7 – PC4) จะใช้งานร่วมกับการติดต่อข้อมูลทางพอร์ต A และเส้นสัญญาณสี่บิตล่าง (PC3 – PC0) จะใช้ร่วมกับการติดต่อข้อมูลทางพอร์ต B การทำงานในลักษณะเช่นนี้จะพบเห็นได้เสมอ เมื่อมีการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ซึ่งมักจะทำงานได้ช้ากว่าในระบบไมโครคอนโทรลเลอร์มาก จึงจำเป็นต้องอาศัยการอกสภาวะของการทำงานจากเส้นสัญญาณเหล่านี้ เช่น ความไม่พร้อมในการรับข้อมูล หรือมีข้อมูลที่จะทำการติดต่อเป็นต้น



รูปที่ 2.41 การใช้สัญญาณบอกสถานะความพร้อมในการติดต่อระหว่าง 8255 กับอุปกรณ์ภายนอก

จากรูปที่ 2.41 (a) ข้อมูลจะถูกส่งออกจากอุปกรณ์ภายนอกเข้ามายังพอร์ตของ 8255 แต่ก่อนที่จะทำการส่งข้อมูลนั้น อุปกรณ์ภายนอกต้องทำการตรวจสอบสภาวะของเส้นสัญญาณที่

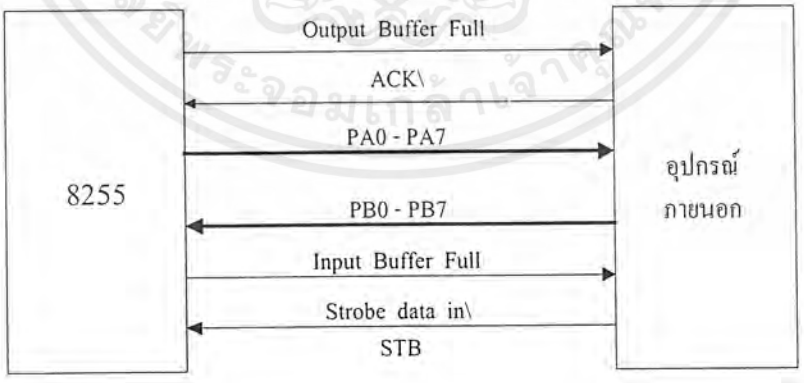
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงว่าพื้นที่ในการรับข้อมูลของ 8255 (หรือที่เรียกว่า Input Buffer) นั้นว่าง ตามรูปเส้นสัญญาณนี้มีชื่อว่า Input Buffer Full ซึ่งใช้ในความหมายต่อไปนี้

ตารางที่ 2.18 ความหมายของสัญญาณ (Input Buffer Full)

ค่าลอจิกสัญญาณ (Input Buffer Full)	ความหมาย
จริง	ข้อมูลให้ส่งกับ 8255 ก่อนหน้านี้ยังค้างอยู่ในบัฟเฟอร์ เนื่องจากซีพียู 8051 ยังไม่ได้อ่านข้อมูลนี้ไปจากบัฟเฟอร์ของ 8255 ดังนั้นจึงไม่สามารถรับข้อมูลเข้ามาได้อีก
เท็จ	พื้นที่บัฟเฟอร์ภายใน 8255 นั้นว่างแล้ว เนื่องจากซีพียู 8051 ได้อ่านข้อมูลนี้ไปเสร็จสิ้นแล้ว ดังนั้นจึงสามารถรับข้อมูลไบต์ต่อไปจากอุปกรณ์ภายนอกได้

จากรูปที่ 2.41 (b) ข้อมูลจะถูกส่งออกจาก 8255 ไปให้อุปกรณ์ภายนอก แต่ก่อนที่ 8255 จะส่งข้อมูลออกไปได้นั้น จะต้องทำการส่งสภาวะของสัญญาณออกไปเพื่อแจ้งให้อุปกรณ์ภายนอกทราบว่ามีข้อมูลที่ทำการส่งออกไป สัญญาณนี้มีชื่อว่า Output Buffer Full และเมื่ออุปกรณ์ภายนอกได้รับข้อมูลเรียบร้อยแล้ว จึงจะทำการสโตรปสัญญาณอีกเส้นหนึ่งเพื่อแจ้งให้ 8255 ทราบต่อไป



รูปที่ 2.42 การกำหนดการทำงานของ 8255 ในโหมด 1 เพื่อให้พอร์ต A เป็นพอร์ตสำหรับการส่งออกข้อมูลและพอร์ต B เป็นพอร์ตรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของ 8255 ในโหมด 1 นั้น พอร์ตสำหรับการรับหรือส่งข้อมูล คือ พอร์ต A และ B สามารถทำงานได้โดยอิสระไม่ขึ้นต่อกัน ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.42 ซึ่งจะกำหนดให้พอร์ต A นั้นเป็นพอร์ตเอาต์พุต และพอร์ต B เป็นพอร์ตอินพุต ซึ่งค่าของไบต์ข้อมูลควบคุมจะเป็นดังตารางที่ 2.17

ตารางที่ 2.19 ค่าของไบต์ข้อมูลควบคุมของ 8255

ตำแหน่งบิต	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
ค่าของบิต	1	0	1	0	0	1	1	0

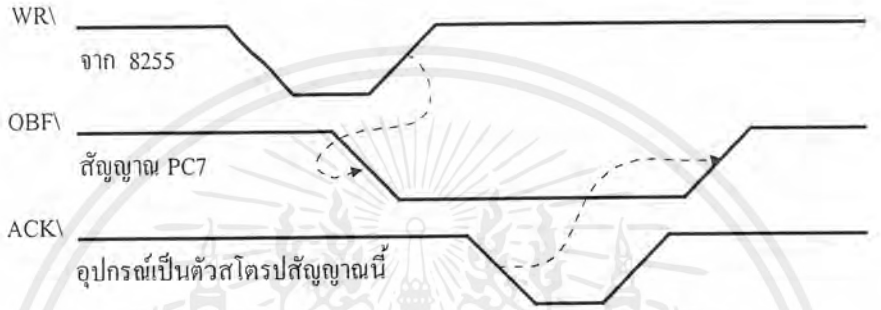
การกำหนดบิตข้างต้นนี้จะทำให้ข้อมูลจะต้องส่งออกไปทางพอร์ต A ทางขาสัญญาณ PA0 – PA7 สัญญาณ Output Buffer Full (OBF) ใช้เส้นสัญญาณ PC7 สัญญาณตอบรับจากอุปกรณ์ภายนอก (ACK) ใช้เส้นสัญญาณ PC6 สำหรับการรับข้อมูลเข้ามาจากอุปกรณ์ภายนอกจะเข้ามาทางพอร์ต B ทางขาสัญญาณ PB0 – PB7 ขาวสัญญาณ PC1 ใช้เป็นเส้นสัญญาณ Input Buffer Full (IBF) และขาสัญญาณ PC2 เป็นเส้นสัญญาณสโตรปข้อมูลให้กับ 8255 (STB) ในตารางที่ 2.18 ได้แสดงให้เห็นถึงหน้าที่ของพอร์ต C ทั้งหมดเมื่อถูกใช้งานในโหมด 1 สำหรับการบอกสภาวะการติดต่อเส้นสัญญาณ

ตารางที่ 2.20 หน้าที่ของเส้นสัญญาณภายในพอร์ต C เมื่อกำหนดให้ทำงานในโหมด 1 เพื่อบอกสถานะของการอินพุตและการเอาต์พุตข้อมูล

เส้นสัญญาณ	สภาวะติดต่อสำหรับการอินพุต	สภาวะติดต่อสำหรับการเอาต์พุต
PC0	เส้นสัญญาณ INTR พอร์ต B	เส้นสัญญาณ INTR พอร์ต B
PC1	เส้นสัญญาณ IBF พอร์ต B	เส้นสัญญาณ OBF พอร์ต B
PC2	เส้นสัญญาณ STB\ พอร์ต B	เส้นสัญญาณ ACK\ พอร์ต B
PC3	เส้นสัญญาณ INTR พอร์ต A	เส้นสัญญาณ INTR พอร์ต A
PC4	เส้นสัญญาณ STB\ พอร์ต A	การอินพุต / เอาต์พุตตามปกติ
PC5	เส้นสัญญาณ IBF พอร์ต A	การอินพุต / เอาต์พุตตามปกติ
PC6	การอินพุต / เอาต์พุตตามปกติ	เส้นสัญญาณ ACK\ พอร์ต A
PC7	การอินพุต / เอาต์พุตตามปกติ	เส้นสัญญาณ OBF พอร์ต A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของโปรแกรมเพื่อจัดการให้ 8051 สามารถรับหรือส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ภายนอกโดยใช้พอร์ตของ 8255 ซึ่งกำหนดให้ทำงานในโหมด 1 นั้น ตามหลักการแล้ว 8051 จะพิจารณาจากสภาวะของบิตที่เกี่ยวของกับสัญญาณติดต่อของ 8255 เท่านั้น ส่วนเส้นสัญญาณติดต่อจริง ๆ นั้น (ทางด้านฮาร์ดแวร์) จะเป็นการดำเนินการจาก 8255 เองโดยอัตโนมัติ ขอให้พิจารณาจากแผนภาพในรูปที่ 2.43 (a) และ (b) เพื่อให้มีความเข้าใจที่ชัดเจนมากขึ้น ดังการอธิบายต่อไปนี้



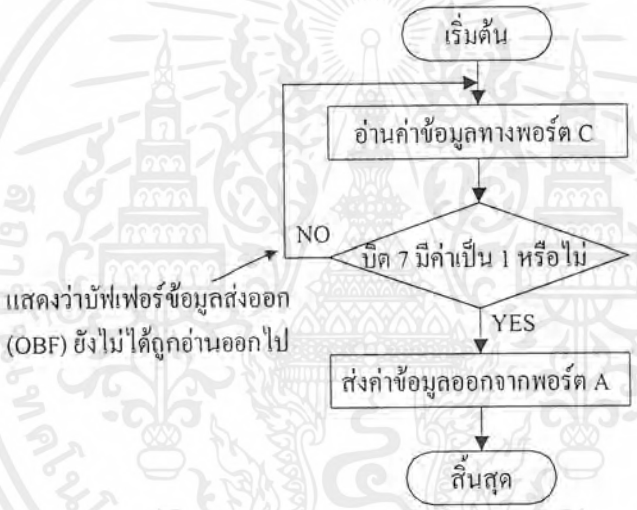
รูปที่ 2.43 (a) แผนภาพสัญญาณติดต่อเพื่อส่งข้อมูลออกไปจากพอร์ต A ของ 8255 ตามลักษณะการทำงานที่ได้กำหนดไว้จากตาราง 2.20

รูปที่ 2.43 (b) แผนภาพสัญญาณติต่อเพื่อส่งข้อมูลออกไปจากพอร์ต B ของ 8255 ตามลักษณะการทำงานที่ได้กำหนดไว้จากตารางที่ 2.20

เมื่อ 8051 ต้องการส่งข้อมูลให้กับอุปกรณ์ภายนอก จะเริ่มจากการตรวจสอบสภาวะขาสัญญาณ PC7 (สัญญาณ OBF\) โดยการอ่านค่าจากพอร์ต C เข้ามาและพิจารณาบิต D7 ซึ่งหากเป็นค่า 1 แสดงว่าข้อมูลที่ได้ส่งไปให้ 8255 ก่อนหน้านี้ ได้ถูกส่งต่อไปให้กับอุปกรณ์ภายนอกเสร็จสิ้นแล้ว ดังนั้น 8051 ก็สามารถส่งข้อมูลตัวถัดไปได้อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งผลจากการเขียนข้อมูลให้กับพอร์ต A ของ 8255 นี้ทำให้ขาสัญญาณ PC7 (สัญญาณ OBF\) เปลี่ยนไปเป็นระดับลอจิก 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

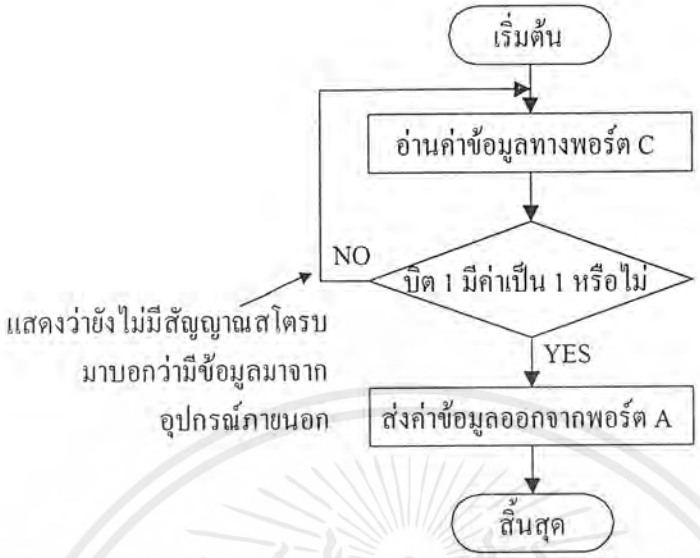
เมื่ออุปกรณ์ภายนอกที่ต่ออยู่ตรวจสอบขาสัญญาณนี้ก็ทราบได้ว่า 8255 มีข้อมูลที่ส่งให้ ก็จะทำการอ่านข้อมูลจากพอร์ต A ไปทันที และแจ้งกลับมาให้ทราบโดยการสโตรปสัญญาณ ACK\ (ขาสัญญาณ PC6) เมื่อ 8255 ตรวจสอบพบก็จะทำการเปลี่ยนสภาวะของขาสัญญาณ OBF\ (ขาสัญญาณ PC7) ให้ระดับลอจิก 1 โดยอัตโนมัติ เป็นอันครบรอบการติดต่อเพื่อส่งข้อมูลหนึ่งครั้ง ดังนั้นเมื่อใดที่ 8051 ทำการตรวจสอบค่าของบิต D7 ของพอร์ต C และพบว่าเป็นค่า 0 ก็ยังไม่ควรที่จะส่ง (หรือเขียน) ข้อมูลให้กับพอร์ต A ของ 8255 เพราะข้อมูลก่อนหน้านี้ยังคงค้างอยู่ในบัฟเฟอร์ของ 8255 ยังไม่ได้มีการส่งต่อให้กับอุปกรณ์ภายนอกเลย ขอให้ดูโฟลว์ชาร์ตสำหรับการเขียนโปรแกรมเพื่อส่งออกข้อมูลผ่านพอร์ตของ 8255 ในรูปที่ 2.44



รูปที่ 2.44 โฟลว์ชาร์ตแสดงวิธีการส่งข้อมูลให้กับอุปกรณ์ภายนอกโดยใช้พอร์ต A และสัญญาณติดต่อทางพอร์ต C

สำหรับการรับข้อมูลของ 8051 จากอุปกรณ์ภายนอกผ่านทางพอร์ตของ 8255 เริ่มต้นจากการตรวจสอบสภาวะของบิต D1 จากพอร์ต C ว่าเป็นค่าใด กรณีที่เป็นค่าลอจิก 1 แสดงว่าต้องมีข้อมูลอยู่ในบัฟเฟอร์ภายใน 8255 ซึ่งได้ส่งมาจากอุปกรณ์ภายนอกและแจ้งให้ 8255 ทราบว่าโดยการสโตรปสัญญาณ STB\ (ขาสัญญาณ PC2) มีผลให้ 8255 เปลี่ยนแปลงระดับลอจิกของขาสัญญาณ PC1 (สัญญาณ IBF) เป็นระดับลอจิก 1 ดังนั้นซีพียู 8051 ก็สามารถอ่านข้อมูลเข้าไปทางพอร์ต B ของ 8255 ได้ ซึ่งการอ่านข้อมูลนี้เองจะมีผลทำให้สภาวะของสัญญาณ IBF กลับไปเป็นระดับลอจิก 0 อีกครั้งหนึ่ง เป็นอันครบรอบการรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกหนึ่งครั้ง ขอให้ดูโฟล์วชาร์ตการเขียนโปรแกรมเพื่อรับข้อมูลผ่านทางพอร์ตของ 8255 ในรูปที่ 2.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



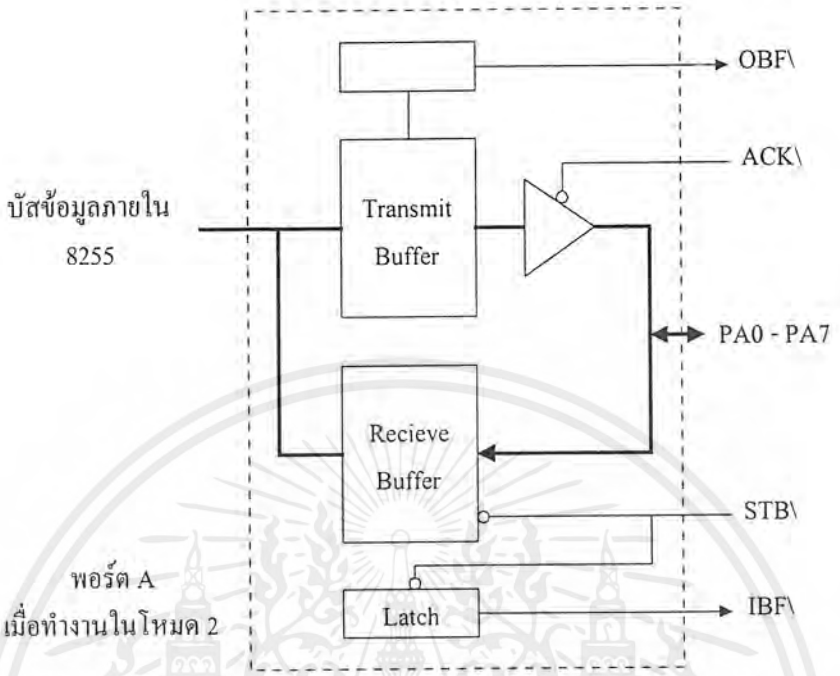
รูปที่ 2.45 โฟลว์ชาร์ตแสดงวิธีการรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกโดยใช้พอร์ต B และสัญญาณติดต่อทางพอร์ต C

2.4.6 การทำงานในโหมด 2 ของ 8255

เมื่อ 8255 ได้รับการกำหนดให้ทำงานในโหมด 2 ซึ่งกำหนดไว้ให้ใช้เฉพาะกับการทำงานของพอร์ต A เท่านั้น โดยจะมีลักษณะเป็นพอร์ตข้อมูลแบบสองทิศทาง (bi–directional data port) กล่าวคือข้อมูลภายในเส้นสัญญาณของพอร์ต A ทั้งหมด สามารถเป็นข้อมูลที่มาจากการอินพุตหรือเอาท์พุตก็ได้ ขอให้พิจารณาในรูปที่ 2.46 จะเห็นว่าเส้นสัญญาณ PA0 – PA7 จะถูกเชื่อมต่อเข้ากับบล็อกของวงจรแลตซ์ทั้งหมด โดยแลตซ์สำหรับข้อมูลส่งออก (Output Latch) มีหน้าที่สำหรับการค้างค่าข้อมูลที่ 8051 ทำการเขียนมายังพอร์ต A และรอคอยให้อุปกรณ์ภายนอกมาอ่านข้อมูลนี้ไปจาก 8255 ส่วนการแลตซ์สำหรับข้อมูลรับเข้า (Input Latch) ทำหน้าที่สำหรับเก็บข้อมูลที่อุปกรณ์ภายนอกส่งมาให้กับพอร์ต A

ลำดับเหตุการณ์เมื่อ 8051 ต้องการจะส่งข้อมูลออกไปให้กับอุปกรณ์ภายนอก จะเริ่มโดยการส่งข้อมูลออกมาทางพอร์ต A ของ 8255 เช่นปกติ ซึ่งมีผลทำให้ขาสัญญาณ OBF\ เปลี่ยนไปเป็นระดับลอจิกต่ำ เมื่ออุปกรณ์ภายนอกตรวจสอบสัญญาณนี้ก็จะทราบได้ว่าขณะนี้มีข้อมูลที่จะต้องไปอ่านจาก 8255 สัญญาณนั้นยังสามารถใช้ในการแจ้งซีพียู 8051 ได้เช่นเดียวกัน (โดยการอ่านและตรวจสอบค่าบิต D7 ของพอร์ต C) ว่าบัฟเฟอร์ของ 8255 พร้อมที่จะรับข้อมูลใหม่เข้าไปหรือไม่ เมื่ออุปกรณ์ภายนอกได้อ่านข้อมูลจากบัฟเฟอร์นี้ไปแล้ว ก็จะต้องทำการสโตรปสัญญาณ ACK\ ซึ่งจะมีผลทำให้ขาสัญญาณ OBF\ ของ 8255 เปลี่ยนกลับไปเป็นระดับลอจิกสูงอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.46 แผนภาพแสดงหลักการทำงานของ 8255 เมื่อได้รับการกำหนดให้ทำงานในโหมด 2

ส่วนการอ่านค่าข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกก็เป็นไปในลักษณะที่คล้ายกัน โดยก่อนที่อุปกรณ์จะส่งข้อมูลเข้ามาให้กับ 8255 จะต้องตรวจสอบสภาวะของขาสัญญาณ IBF นี้เสียก่อน หากว่าเป็นระดับลอจิกต่ำจึงจะสามารถส่งข้อมูลออกมาได้ พร้อมกับการสโตรปสัญญาณ STB\ มาแจ้งให้ 8255 ได้รับทราบ ซึ่งจะมีผลทำให้ขาสัญญาณ IBF เป็นระดับลอจิกสูงโดยอัตโนมัติ ดังนั้น 8051 ก็จะรับทราบได้ว่ามีข้อมูลมาจากอุปกรณ์ภายนอก (โดยการอ่านค่าและพิจารณาค่าบิต D5 ของพอร์ต C) และภายหลังที่ได้มีการอ่านค่าไปจากพอร์ต A ของ 8255 แล้ว ก็จะทำให้สภาวะสัญญาณ IBF เปลี่ยนไปเป็นระดับลอจิกต่ำเช่นเดิม

ตามตารางที่ 2.19 แสดงให้เห็นถึงหน้าที่ของบิตต่าง ๆ ในพอร์ต C เมื่อได้รับการกำหนดให้ทำงานในโหมด 2 ซึ่งนำมาใช้เป็นบิตบอกสภาวะการติดต่อระหว่าง 8255 กับอุปกรณ์ภายนอกตามลักษณะที่ได้กล่าวมาข้างต้นทั้งหมดนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.21 หน้าที่ของบิตภายในพอร์ต C เมื่อกำหนดให้ทำงานในโหมด 2 เพื่อบอกสภาวะของเส้นสัญญาณการติดต่อทางพอร์ต A

เส้นสัญญาณ	ลักษณะการทำงาน
PC0	การอินพุต / เอาต์พุตข้อมูลตามปกติ
PC1	การอินพุต / เอาต์พุตข้อมูลตามปกติ
PC2	การอินพุต / เอาต์พุตข้อมูลตามปกติ
PC3	เส้นสัญญาณ INTR พอร์ต A
PC4	เส้นสัญญาณ STB\ พอร์ต A
PC5	เส้นสัญญาณ IBF พอร์ต A
PC6	เส้นสัญญาณ ACK\ พอร์ต A
PC7	เส้นสัญญาณ OBF\ พอร์ต A

2.5 ส่วนแสดงผลจอ LCD DV- 12864

DV- 12864 เป็น LCD Graphic ขนาด 128 * 64 Dot ซึ่งมี Controller ภายใน (HD61202,HD61203) โดยการทำงานของ Controller จะมีลักษณะของการแบ่งการควบคุมไว้ดังนี้

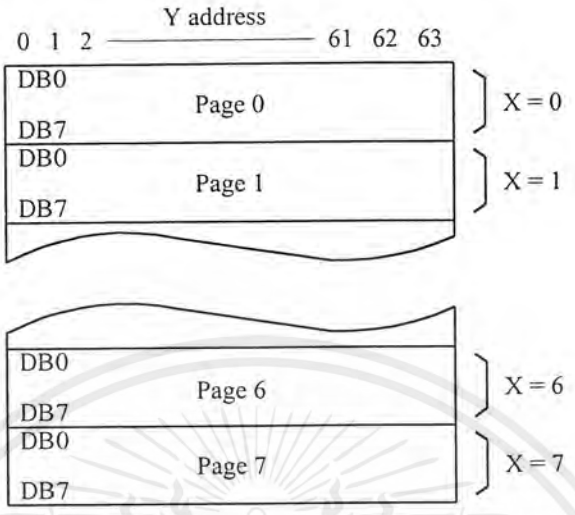
- Line คือการอ้างถึงบรรทัดข้อมูล ภายในจะแบ่งเป็น 64 แถว (com1-com64)

- Page (x- address) เป็นการอ้างถึงหน้าต่างของการแสดงผล ภายในหนึ่ง page จะประกอบไปด้วย 8 line ซึ่งจะเป็นการอ้างถึงข้อมูลด้วย data-bus โดยตรง ภายใน LCD จะประกอบด้วย 8 page ซึ่งถูกชี้โดย X-register โดยเมื่อต้องการให้ LCD แสดงผลที่หน้าต่างใดของจอ เราจะต้องตั้งค่า X ให้กับ LCD ซึ่งเมื่อตั้งค่า X ให้กับ LCD แล้ว ค่า X นั้นจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงจนกระทั่งจะมีการตั้งค่าใหม่ให้กับ LCD

- Segment (Y- address) เป็นค่าพอยท์เตอร์ในการชี้ที่อยู่ของข้อมูล ซึ่งภายใน LCD จะถูกควบคุมการชี้ของข้อมูล โดย HD61202 โดยในตัว HD61202 จะสามารถชี้ที่อยู่ของข้อมูลได้ 64 segment ซึ่ง HD61202 ทั้งสองตัวก็จะสามารถทำการอ้าง segment ได้ถึง 128 segment

โดยการใช้งานเมื่อทำการตั้งค่า Y แล้ว ค่า Y จะถูกเพิ่มค่าขึ้นเสมอ เมื่อมีการอ่านหรือเขียนข้อมูลบน LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.47 การแบ่งการควบคุมของ LCD

2.5.1 คำสั่งควบคุมของ LCD

1. Display ON/OFF

	R/W	D/I	DB7						DB0
Code	0	0	0	0	1	1	1	1	1	D
	high order bit							low order bit		

เป็นคำสั่งควบคุมการแสดงผล โดยการแสดงผลจะขึ้นอยู่กับค่า D (DBO) เมื่อค่า D เป็น 1 LCD จะทำการแสดงผล และเมื่อค่า D เป็น 0 LCD จะไม่ทำการแสดงผล ข้อมูลภายใน LCD จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากคำสั่งนี้

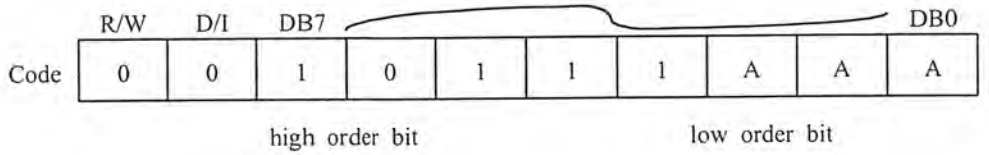
2. Display Start Line

	R/W	D/I	DB7						DB0
Code	0	0	1	1	A	A	A	A	A	A
	high order bit							low order bit		

ค่า A จะเป็นค่าหมายเลขบรรทัด ที่จะให้ LCDแสดงผลเป็นบรรทัดแรกของจอภาพในรูปที่ 2 จะเป็นตัวอย่างของการเลือกค่า Line จาก 0-3 ซึ่งจะทำให้การแสดงผลแตกต่างกันออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Set Page (X-Address)

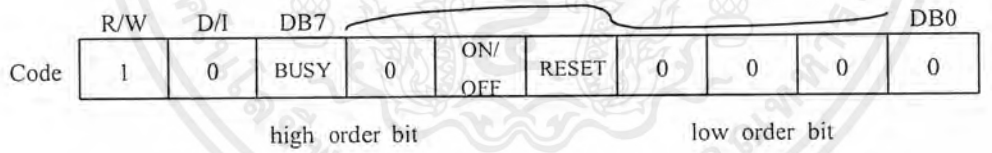


ค่า AAA ของคำสั่ง จะเป็นการตั้งค่า X-Address ซึ่งหลังจากทำคำสั่งนี้แล้ว ข้อมูลจาก DB0 DB7 จะเป็นการติดต่อกับ RAM ที่ PAGE นี้ตลอด จนกว่าจะมีการตั้งค่าใหม่กับ LCD

4. Set (Y-Address)

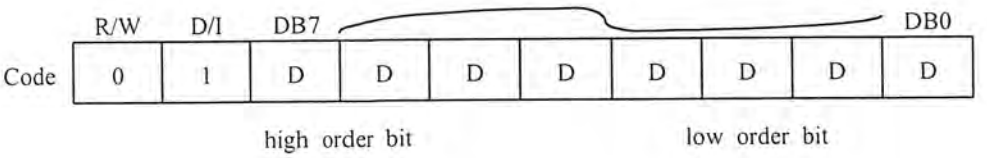
ค่า A จะเป็นการตั้งค่าของ Y-Address (ค่า Y จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0-63) และค่า Y จะเพิ่มขึ้นครั้งละ 1 เมื่อมีการอ่านหรือเขียนข้อมูลจาก CPU

5. Status Read



เป็นการอ่านค่าสถานะของ LCD โดยถ้าค่า Busy เป็น 1 LCD จะทำงานในส่วนภายใน ซึ่งจะทำให้ไม่สามารถทำการควบคุม LCD ในขณะนี้ได้ เพราะฉะนั้นเพื่อให้แน่ใจในการควบคุมครั้งต่อไปจะต้องตรวจค่า Busy ให้เป็นค่า 0 เสียก่อน

6. Write Display Data



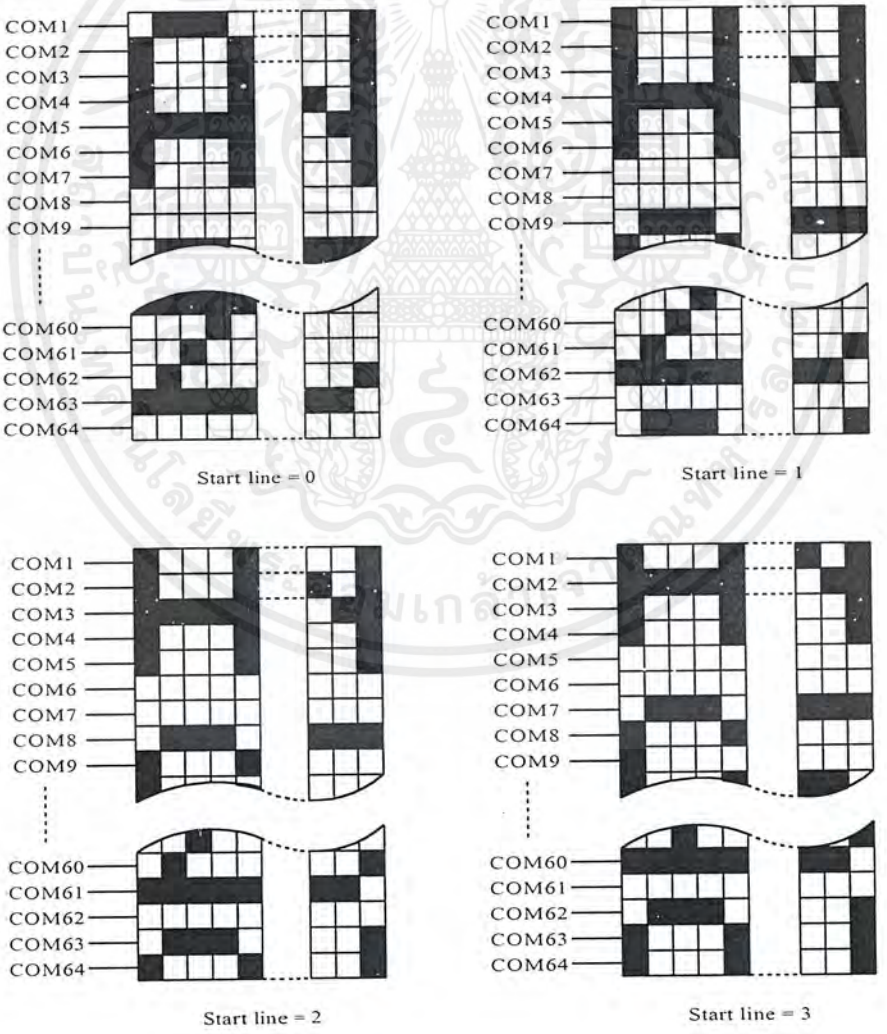
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเขียนข้อมูลเข้าไปใน LCD ซึ่งข้อมูล DDDDDDDD จะถูกเก็บใน LCD RAM และค่า Y จะถูกเพิ่มขึ้น 1

7. Read Display Data

	R/W	D/I	DB7							DB0
Code	1	1	D	D	D	D	D	D	D	D
			high order bit				low order bit			

เป็นการอ่านข้อมูลที่แสดงผล โดย LCD จะให้ค่าข้อมูลออกมาที่ Data Bus ค่า Y จะถูกเพิ่มค่าขึ้น 1 เช่นเดียวกับการเขียนข้อมูล

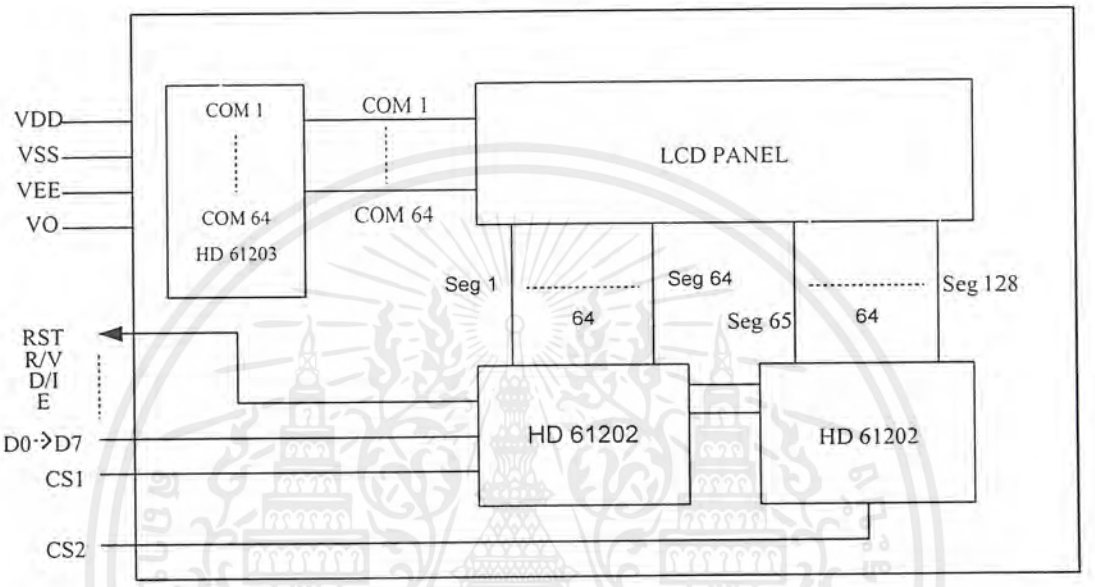


รูปที่ 2.48 ตัวอย่างการตั้งค่า Display Start Line

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 การ INTERFACE LCD DV- 12864

โครงสร้างภายในของ LCD จะประกอบด้วย ส่วนของ Controller โดยHD61203 จะควบคุมการอ้างอิง page ของข้อมูลและ HD61202 จะควบคุมในการอ้างของ Segment ซึ่งในการใช้งานเราต้อง Control ส่วนเหล่านี้ โดยการส่งรหัสควบคุมไปที่ขาของ LCD ดังนี้



รูปที่ 2.49 โครงสร้างภายในและขาควบคุมของ LCD

ขา RST เป็นขาที่ใช้ Reset การทำงานของ LCD

ขา E เป็นขา Enable การรับส่งข้อมูล จะทำงานที่ Logic High และขอบขาลง

ขา R/w เป็นขาที่ใช้กำหนด การอ่านหรือการเขียนข้อมูล

ขา D/I ใช้บอกถึงข้อมูลใน Data –Bus ว่าเป็นรหัสควบคุมหรือเป็นส่วนของข้อมูล

ขา CS1 Chip Select ของ HD61202 ตัวแรก

ขา CS2 Chip Select ของ HD61202 ตัวที่สอง

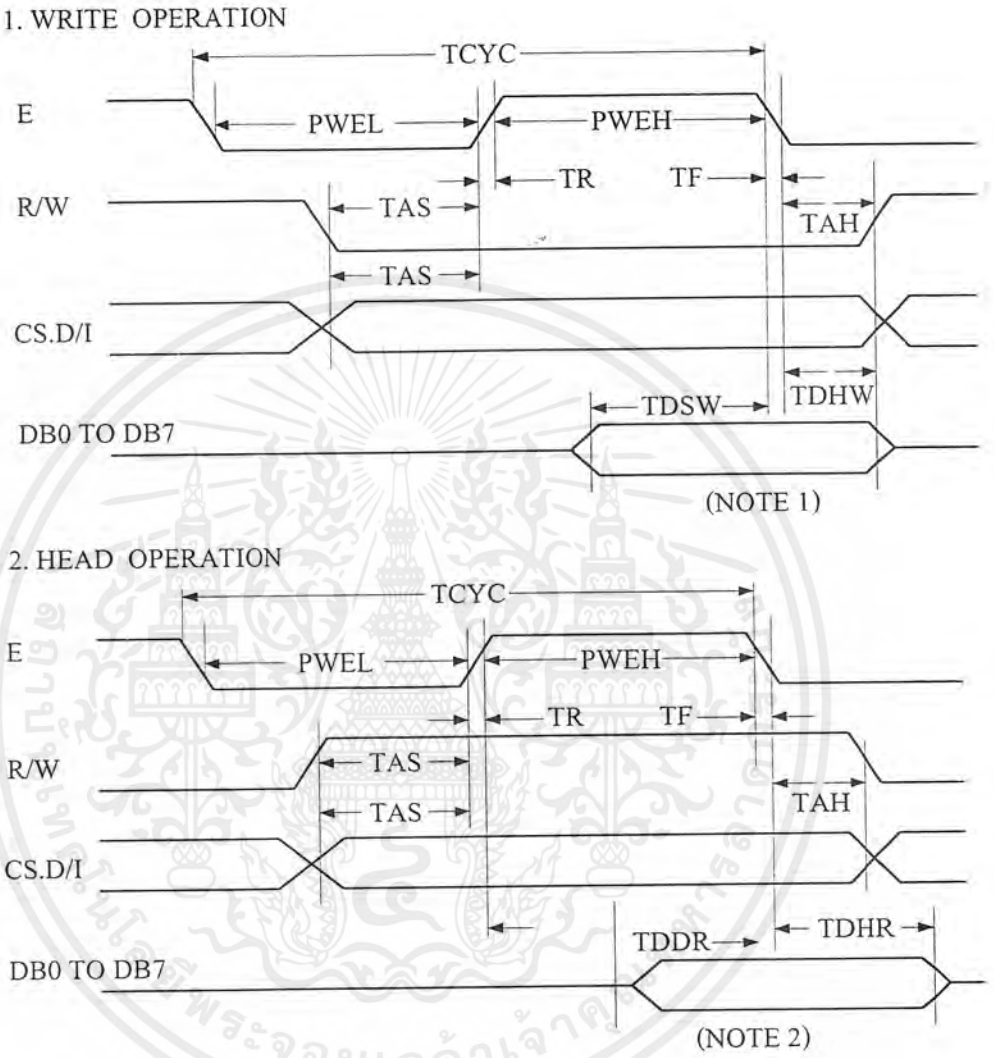
ขา Data-Bus เป็นขาใช้ส่งข้อมูลหรือรหัสควบคุม

หมายเหตุ

1. เมื่อ CS1 เป็น High และ CS2 เป็น Low จะเป็นการอ้างอิงถึง Segment ที่ 0-63 และเมื่อ CS1 เป็น Low CS2 เป็น High จะเป็นการอ้างถึง Segment ที่ 64-127

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สถานะการทำงานของขาควบคุม สามารถดูได้จากรูปที่ 2.51



รูปที่ 2.50 Timing Diagram

นอกจากขาควบคุมต่างๆ แล้ว ยังมีขาของแหล่งจ่ายไฟ คือ

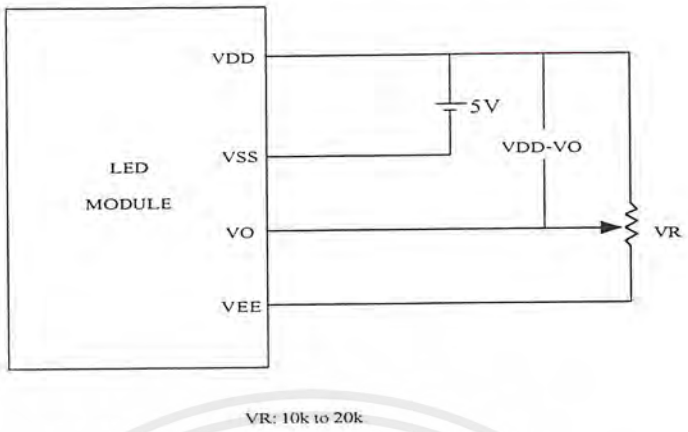
ขา VSS Ground

ขา VDD แรงดันไฟเลี้ยงวงจร Logic

ขา Vo แรงดันไฟเลี้ยง LCD

ขา VEE ขาจ่ายแรงดันไฟลบ โดยเมื่อต่อ VDD ให้กับวงจร ขา VEE จะจ่ายแรงดันไฟลบออกมา (ใช้นำไปขับ LCD ที่ขา VO)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.51 ขาแหล่งจ่ายไฟ และการต่อใช้งาน

2.5.3 การ INTERFACE กับ Z-80 CPU

ในการ INTERFACE กับ Z-80 CPU จะพิจารณาการ Control ขาต่างๆ ของ LCD กับ CPU ได้ ดังนี้

ขา RST จะต่อกันโดยตรง

ขา R/W จะต่อจากขา RD ผ่าน Inverter เนื่องจาก CPU Active low, LCD Read High ซึ่งในกรณีที่ CPU ไม่มีการอ่านข้อมูล ให้ทำการ Pull low ให้กับ LCD

ขา CS1, CS2 จะใช้การต่อ CS1 ผ่าน Inverter เข้ากับ CS2 และ CS2 ต่อกับ A0 โดยเมื่อ A0 เป็น low ให้ทำการติดต่อกับ CS1 และ เมื่อ A0 เป็น High ให้ทำการติดต่อกับ CS2

ขา D/I ใช้ต่อกับ A1 โดยตรง โดย A1 จะเป็นการกำหนดว่าเป็น Data หรือ Control

จากการต่อขา CS และขา D/I จะทำให้การควบคุม LCD เป็นดังตารางที่ 2.20

ตารางที่ 2.22 การควบคุม LCD

A7-A2	A1	A0	ความหมาย
-	0	0	ติดต่อกับ CS1 เป็น Control LCD
-	0	1	ติดต่อกับ CS2 เป็น Control LCD
-	1	0	ติดต่อกับ CS1 เป็น Data
-	1	1	ติดต่อกับ CS2 เป็น Data

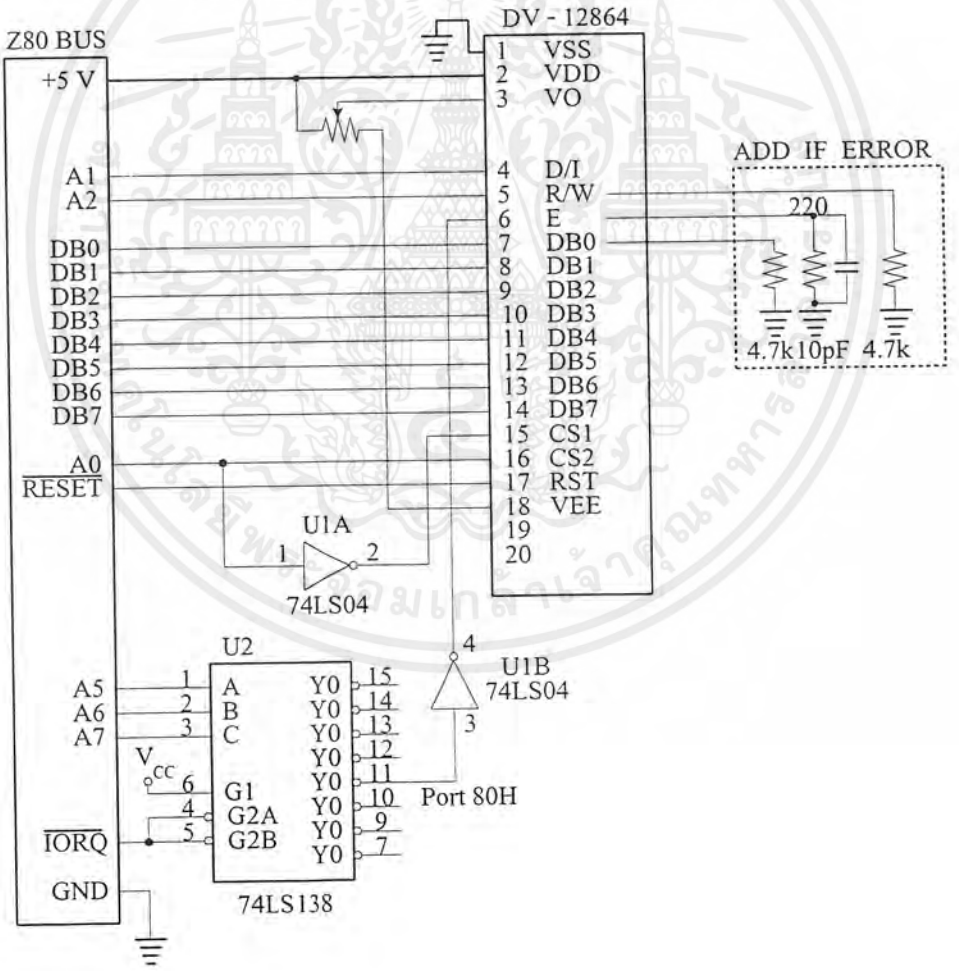
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา E เป็นขาควบคุมการทำงานของ LCD ในการติดต่อกับภายนอก โดยขา E จะใช้ Logic high ในการบอกให้ทราบการติดต่อ และจะใช้ขอบขาลงของสัญญาณ ในการติดต่อกับข้อมูลทาง Data Bus การ Interface จึงใช้ D flip-flop ในการควบคุมการทำงาน โดยกำหนดให้มีการทำงานดังนี้

เมื่อมีการอ้างถึงพอร์ตของ LCD จะให้ขา E เป็น High ตามการทริกของ clock และเมื่อไม่มีการอ้างถึง Port ของ LCD จะให้ขา E มีสภาวะ low

2.5.4 เอกสารเพิ่มเติม DV 12864

เราสามารถต่อวงจรใช้งานกับ GRAPHIC LCD ได้อีกรูปแบบหนึ่งดังรูป (BORD ETT ที่สามารถต่อโดยตรงกับ GRAPHIC LCD ได้มี CP-Z80V1,CP-Z80V2,CP-Z84C11,CP-Z84C11 PLUS,CP-AT180,CP-AT32,CP-88)



รูปที่ 2.52 การเชื่อมต่อระหว่างบอร์ด Z80 กับ LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่มีการต่อสายเข้า GRAPHIC LCD นั้นยาวอาจจะมีปัญหาสัญญาณรบกวนเกิดขึ้น ได้ให้ต่อ R,C เพิ่มเติมเข้าไปดังรูปที่ 2.48 เพิ่มลดสัญญาณรบกวนในสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

3.1 กล่าวนำ

สำหรับการออกแบบ การสร้าง และการทำงานของเตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัตินี้ จะประกอบด้วยการออกแบบ 3 ส่วนใหญ่ๆ ที่สำคัญ คือ การออกแบบทางด้านกลไก การออกแบบวงจรควบคุมและการออกแบบส่วนแสดงผลซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2 การออกแบบทางด้านกลไก

3.2.1 การออกแบบโครงสร้างเตียง

ในการออกแบบโครงสร้างของเตียงสำหรับโครงงานนี้ จะใช้เตียงผู้ป่วยแบบธรรมดาที่ใช้ในโรงพยาบาลทั่วไป นำมาปรับปรุงใหม่ โดยเตียงผู้ป่วยที่ใช้ในโรงพยาบาลทั่วๆไปนั้น จะมีขนาดความกว้าง 90 เซนติเมตร ยาว 180 เซนติเมตร และสูง 60 เซนติเมตร และสำหรับระบบการปรับระดับขึ้นลงของเตียงนั้น จะใช้ระบบการหมุนด้วยมือ ซึ่งมีคันหมุนอยู่ตรงส่วนท้ายของเตียงดังในรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 เตียงผู้ป่วยที่ใช้ในโรงพยาบาลทั่วๆไป

เตียงผู้ป่วยแบบนี้จะยกระดับได้สองตอนคือ ส่วนบนของเตียง ละส่วนล่างของเตียงแต่ในส่วนกลางนั้นจะยึดติดกับที่ ดังนั้นคันหมุนที่ใช้เพื่อปรับระดับของเตียงจึงมี สองอันเพื่อหมุนปรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับแต่ละส่วนแยกกัน ระบบการยกเตียงแบบหมุนนี้จะประกอบด้วยแกนเหล็กซึ่งเป็นเกลียวสองแกน ไปเชื่อมต่ออยู่กับส่วนของเตียงที่จะทำการยกแยกส่วนกัน คือส่วนบนจะต่ออยู่กับแกนเกลียวอันหนึ่ง และส่วนล่างก็เชื่อมต่ออยู่กับแกนเกลียวอีกอันหนึ่ง ดังนั้นเมื่อต้องการยกระดับของเตียงส่วนใด ก็ทำการหมุนคันหมุนอันที่ต่ออยู่กับส่วนนั้นไปทางขวาเตียงก็จะเปลี่ยนระดับขึ้นมาตามต้องการ ในทางกลับกันเมื่อต้องการเลื่อนระดับของเตียงลงมาก็หมุนคันหมุนไปทางซ้าย เตียงก็จะเปลี่ยนระดับลงมาตามที่เราต้องการดังนั้นเตียงผู้ป่วยแบบธรรมดาจึงสามารถควบคุมการเปลี่ยนระดับได้โดยการหมุนคันหมุนด้วยหลักการดังที่กล่าวมาข้างต้น

ส่วนเตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติที่สร้างขึ้นนี้ จะใช้มอเตอร์เป็นอุปกรณ์ขับเคลื่อนเพื่อยกระดับของเตียง เพราะฉะนั้นจึงได้มีการนำอุปกรณ์เดิมบางส่วนออกไปและได้ออกแบบโครงสร้างของเตียงบางส่วนเพิ่มเติมเข้ามา เพื่อรองรับอุปกรณ์ต่างๆ ที่จะนำมาประกอบเป็นเตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติ ซึ่งโครงสร้างของเตียงที่เพิ่มเข้ามานั้นได้แก่ แกนเหล็กที่ใช้สำหรับยึดมอเตอร์สองตัวที่ขับให้เตียงเปลี่ยนระดับได้ซึ่งจะติดตั้งไว้ที่ส่วนหัวเตียงและท้ายเตียง ลิ้นชักสำหรับวางคีย์บอร์ดและที่วางกล่องอุปกรณ์ควบคุม ส่วนแสดงผลรายชื่อของผู้ป่วย

รูปที่ 3.2 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ประกอบต่างๆ ของเตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติ

3.2.2 การออกแบบตำแหน่งการวางมอเตอร์

สำหรับการออกแบบการวางมอเตอร์นั้น มอเตอร์ที่ใช้ในการทำโครงงานนี้จะเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระสตรงแบบแอคทูเอเตอร์มอเตอร์ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบนี้โดยทั่วไปจะนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับจานดาวเทียม แต่ได้นำมาประยุกต์ใช้กับเตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ มอเตอร์ชนิดนี้จะนำมาใช้กับเตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติสองตัวซึ่งมีขนาดและรายละเอียดดังต่อไปนี้

- เส้นรอบวงส่วนที่อยู่กับที่ ตัวแรก 11 เซนติเมตร ตัวที่สอง 11 เซนติเมตร
- เส้นรอบวงส่วนที่เคลื่อนที่ ตัวแรก 8 เซนติเมตร ตัวที่สอง 8 เซนติเมตร
- ความยาวขณะหด ตัวแรก 9 เซนติเมตร ตัวที่สอง 39 เซนติเมตร
- ความยาวขณะยืด ตัวแรก 22 เซ็นติเมตร ตัวที่สอง 50.5 เซนติเมตร
- น้ำหนัก ตัวแรก 2.5 กิโลกรัม ตัวที่สอง 2.5 กิโลกรัม
- ทั้งสองตัวใช้กับไฟฟ้ากระแสตรง 24-31 โวลต์

มอเตอร์ที่ใช้ในโครงงานนี้จะนำมาติดตั้งไว้กับที่ยึดมอเตอร์ซึ่งออกแบบขึ้นใหม่โดยจะเชื่อมติดกับโครงสร้างของเตียงไว้ตรงส่วนหัวเตียงและท้ายเตียงด้านล่าง การติดตั้งมอเตอร์นั้นจะติดตั้งไว้ทั้งสองด้านของเตียง คือส่วนหัวเตียงและด้านท้ายของเตียง ที่ตัวของมอเตอร์นี้จะมีปลอกเหล็กที่ใช้เป็นตัวยึดมอเตอร์กับที่ยึดที่ได้ออกแบบไว้กับเตียง ปลอกเหล็กนี้สามารถที่จะเลื่อนตำแหน่งได้ตามการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ การติดตั้งมอเตอร์นี้แสดงได้ดังรูปที่ 3.3

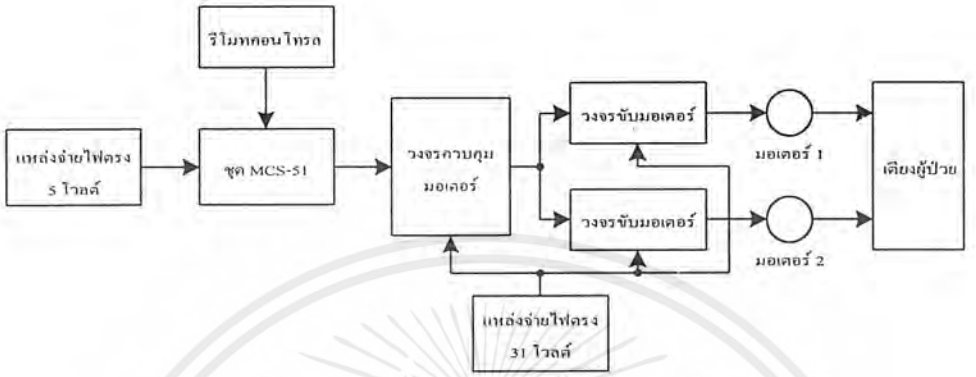
รูปที่ 3.3 ตำแหน่งการวางมอเตอร์

3.3 การออกแบบวงจรควบคุม

เตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัตินี้ถูกออกแบบให้ควบคุมการทำงานได้คือ โดยการกดรีโมทคอนโทรลซึ่งเป็นรีโมทที่มีสายต่อไปยังเครื่องควบคุมเพื่อเปลี่ยนระดับการขึ้นลงของเตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติ จากแผนผังการทำงานของระบบควบคุมเตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติในรูปที่ 3.4 นี้จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประกอบไปด้วย วงจรคอนโทรลเลอร์ MCS-51, วงจรควบคุมมอเตอร์, วงจรขับมอเตอร์ 2 ชุด, และวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 2 ชุด



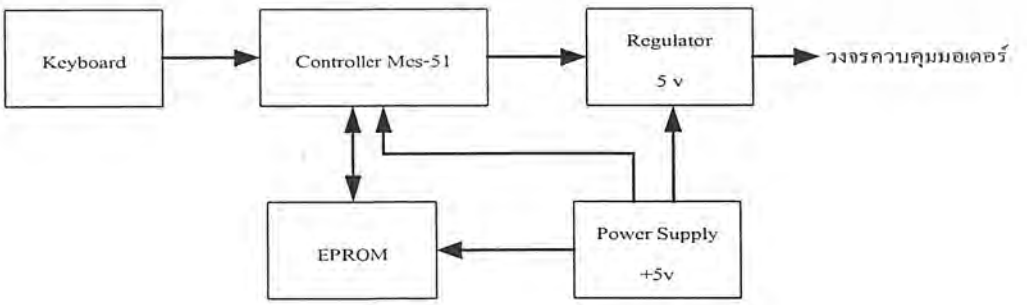
รูปที่ 3.4 แผนผังการทำงานของระบบควบคุมเตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติ

จากแผนผังการทำงานของระบบควบคุมเตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติ สามารถออกแบบวงจรต่างๆ ตามแผนผังได้ดังนี้

3.3.1 การออกแบบวงจรควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

ชุดควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

ในส่วนของชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของเตียงผู้ป่วยจะถูกควบคุมโดยคอนโทรลเลอร์ โดยการสั่งงานจากคีย์บอร์ดควบคุม โดยใช้หลักการ Scan Key ตรวจสอบว่ามีการกดคีย์ใดโดยใช้การเขียนโปรแกรมควบคุมลงใน IC EPROM ซึ่งเป็น IC หน่วยความจำโดยการต่ออินเตอร์เฟสกับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งข้อดีของการใช้โปรแกรมนั้นมีหลายด้านเช่นการได้ผลการทำงานที่แม่นยำ ป้องกันการกดคีย์ซ้ำซ้อน เป็นต้น ซึ่งมีแผนผังการทำงานเบื้องต้นดังนี้



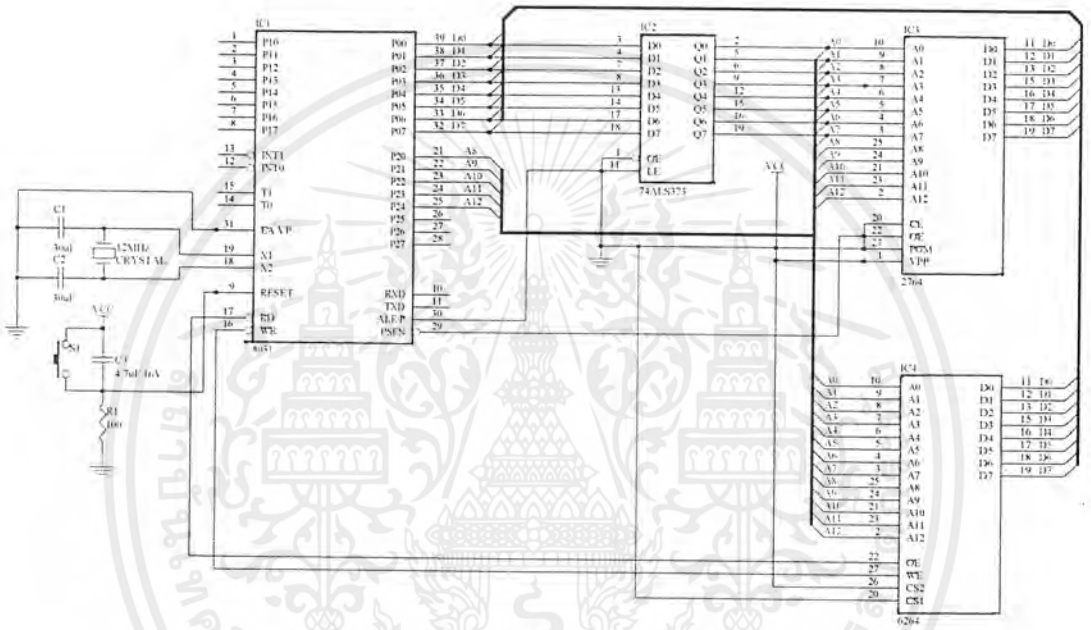
รูปที่ 3.5 แผนผังการทำงานของชุดคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแผนผังการทำงานของระบบชุดควบคุมดังกล่าวสามารถนำมาออกแบบวงจรควบคุมได้ดังนี้

วงจรควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

ในการออกแบบวงจรเบื้องต้นเริ่มจากการนำเอาตัว IC คอนโทรลเลอร์เบอร์ 8031มาต่อร่วมกับ IC หน่วยความจำภายนอกทั้ง EPROM (Erasable Programming Read Only Memory) เบอร์ 2764 RAM เบอร์ 6264 ซึ่งวิธีการเชื่อมต่อหน่วยความจำแสดงดังรูปที่3.6



รูปที่ 3.6 การเชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

จากแผนผังการเชื่อมต่อหน่วยความจำกับคอนโทรลเลอร์นี้จะประกอบด้วยอุปกรณ์และมีหน้าที่การทำงานดังนี้

1. IC คอนโทรลเลอร์ ทำหน้าที่ประมวลผลตามโปรแกรมที่เราป้อนลง หน่วยความจำ ซึ่งสามารถสั่งงานได้จากพอร์ตโดยตรง ในที่นี้จะใช้พอร์ตทั้งหมด 3 พอร์ตจากทั้งหมด 4 พอร์ต ก็คือ P0, P1, P2 โดยมีคริสตอลเป็นตัวกำเนิดความถี่ป้อนให้กับวงจร

2. IC 74LS373 ทำหน้าที่ Late ข้อมูลโดยจะค้างสถานะการทำงานไว้ที่ตัวมันแล้วส่งต่อไปยัง Port Address ของหน่วยความจำเริ่มต้นที่ A0-A7

3. IC 2764 ทำหน้าที่เป็นหน่วยความจำใช้เก็บโปรแกรมควบคุมการทำงาน เป็นหน่วยความจำขนาด 8 Kbytes โดยจะต่อขา CE และขา PGM ลงกราวด์ ส่วนขา OE จะต่อเข้ากับขา PSEN ของ IC 8031 โดยเมื่อได้รับการร้องขอใช้ข้อมูลจากคอนโทรลเลอร์ก็จะสั่งข้อมูลออกทางพอร์ตเอาต์พุต ซึ่งมีทั้งหมด 8 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

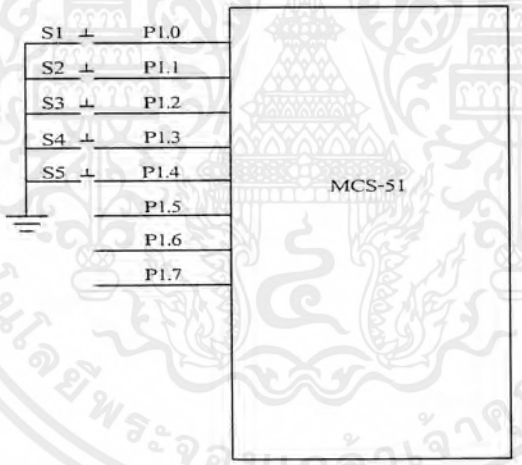
4. IC 6264 ทำหน้าที่ในการขยายหน่วยความจำในกรณีที่ตัวคอนโทรลเลอร์มีหน่วยความจำไม่พอในการประมวลผล ซึ่งสามารถต่อเข้ากับคอนโทรลเลอร์ได้ในลักษณะคล้ายกับ เบอร์2764 เพียงแต่สามารถเขียนข้อมูลลงไปในหน่วยความจำได้ในขณะที่เบอร์ 2764 ไม่สามารถเขียนข้อมูลลงไปได้

วงจรสแกนคีย์บอร์ด

คีย์บอร์ดนั้นมีความสำคัญมากเพราะมันจะเป็นตัวเชื่อมระหว่างบุคคลกับระบบซึ่งเราสามารถแบ่งการสแกนคีย์บอร์ดออกได้เป็น 3 แบบคือ

1. แบบ 1 สายต่อ 1 คีย์ (Lead-per-key)
2. แบบ คีย์เมตริกซ์ (Matrix key)
3. แบบ เช็คคีย์ (Code keyboard)

ซึ่งในที่นี้เราจะใช้การต่อแบบวิธีที่ 1 ซึ่งเราจะฟังก์ชั่นการใช้งาน KEY ไม่มากจึงสะดวกกว่าการใช้วิธีอื่น ๆ



รูปที่ 3.7 การต่อวงจรคีย์บอร์ดแบบ 1 สายต่อ 1 คีย์

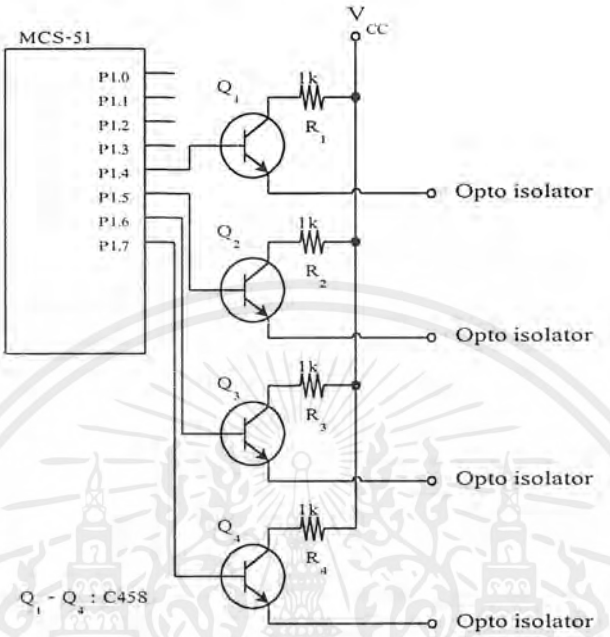
จากรูปเป็นการต่อวงจรแบบง่าย 1 สาย ต่อ 1 คีย์ โดยจะใช้พอร์ต P1 ของ MCS-51 เป็นพอร์ต รับค่าข้อมูลจากคีย์บอร์ดไปประมวลผลโดยผลที่ได้จากการประมวลผลโดยโปรแกรมจะถูกส่งออกไปยังภาคเอาท์พุตเพื่อนำไปควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์

การออกแบบส่วนวงจรเอาต์พุตควบคุมมอเตอร์

ในส่วนของภาคเอาท์พุตที่เราจะนำไปควบคุมมอเตอร์นั้นก็สามารถใช้พอร์ตของ MCS-51 ที่เหลืออีก 4 เส้นจากการใช้ในการรับค่าคีย์บอร์ดที่ใช้ไปเพียง 4 เส้นก่อนหน้านี้คือ P1.0-P1.3 ซึ่งก็

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเหลือพอร์ต P1.4-P1.7 นั้นยังไม่สามารถที่จะไปทริกการทำงานของวงจรควบคุมมอเตอร์ได้จึงจำเป็นจะต้องต่อวงจรทรานซิสเตอร์ช่วยดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 วงจรภาคเอาต์พุต

ซึ่งในส่วนของ Transistor ที่ใช้ในการทริกนั้นก็เนื่องจากว่าตัว Transistor นั้นต้องการแรงดันไฟฟ้าเพียงไม่กี่โวลต์มาทริกที่ขา B ของตัวมันมันก็จะทำงานทันที และก็ง่ายต่อการใช้งาน หลังจากที่เราได้ออกแบบส่วนต่างๆของส่วนควบคุมเสร็จก็นำมาออกแบบรวมวงจรทั้งหมดเข้าด้วยกันก็จะได้วงจรควบคุมของส่วน MCS-51 ตามรูปที่ 3.9

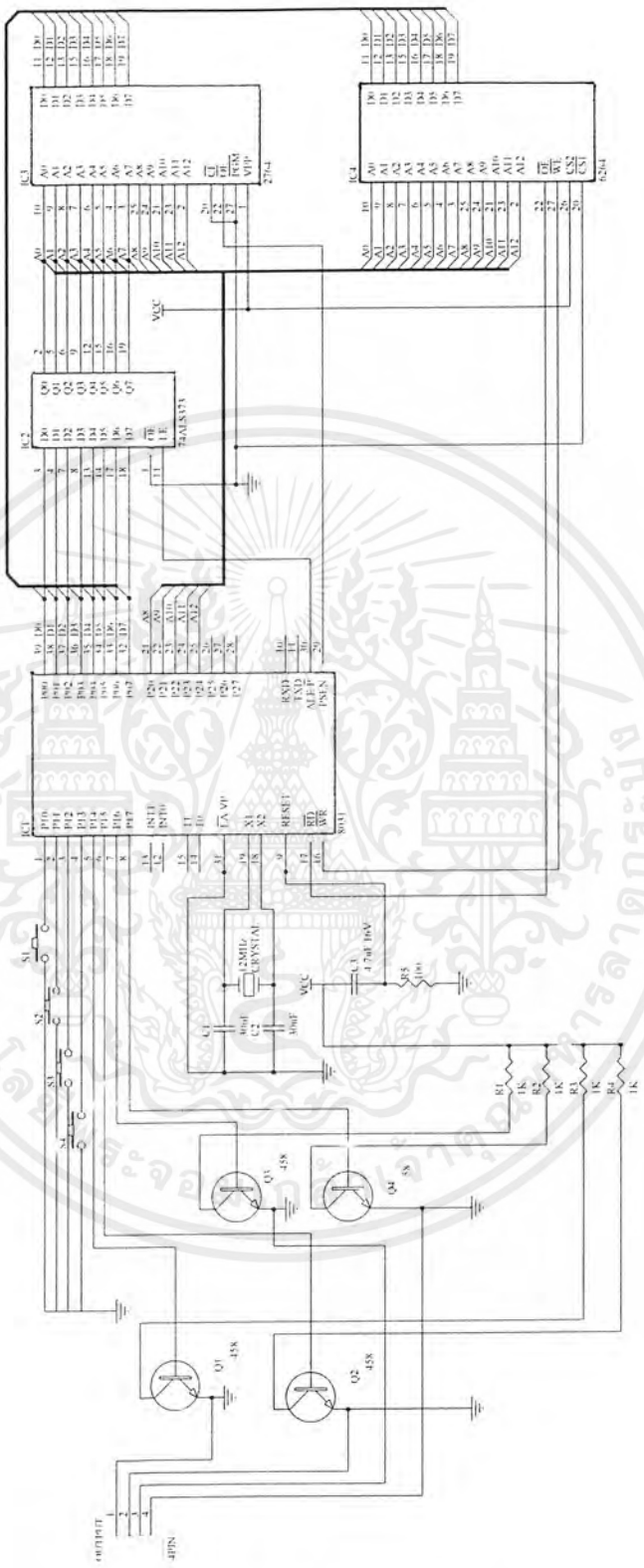
3.3.2 การออกแบบวงจรควบคุมมอเตอร์

ส่วนของวงจรควบคุมมอเตอร์นี้จะต้องใช้ออปโตไอโซเลเตอร์เป็นตัวควบคุม เหตุที่ต้องใช้ออปโตไอโซเลเตอร์นี้เนื่องมาจากวงจรทางด้านกระแสสลับมักจะสร้างสัญญาณรบกวนทางด้านกระแสตรงเสมอ ในกรณีที่ต้องต่อกราวน์ร่วมกันดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการแยกกราวน์ออกจากกัน ออปโตไอโซเลเตอร์ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นอินพุตและส่วนที่เป็นเอาต์พุต

ด้านอินพุตเป็นไดโอดเปล่งแสง ส่วนทางด้านเอาต์พุตเป็นโฟโต้ทรานซิสเตอร์ เมื่อมีกระแสไหลผ่านอินพุตไดโอดจะเปล่งแสงไปยังเบสของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ทางด้านเอาท์พุต ทำให้ทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะปิดมีกระแสไหลจากขาคอลเล็คเตอร์ไปยังขาอิมิเตอร์

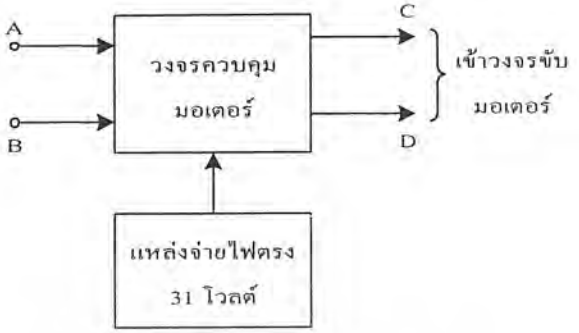
สัญญาณที่ได้จากขา 4 ของ 4N26 จะถูกนำมาขยายโดย BD 139 ซึ่งเป็นทรานซิสเตอร์ชนิด NPN เพื่อให้มีสัญญาณแรงพอที่จะเป็นอินพุตให้แก่ภาคไดรเวอร์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 วงจรควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 แผนผังส่วนควบคุมมอเตอร์

จากรูปที่ 3.10 เป็นแผนผังส่วนของวงจรควบคุมมอเตอร์ ซึ่งแยกออกมาอธิบายเฉพาะส่วนของวงจรควบคุมมอเตอร์เพียงส่วนเดียว ในการออกแบบวงจรควบคุมได้นำออปโตไอโซเลเตอร์เข้ามาประกอบในส่วนของอินพุทเพื่อให้สามารถเชื่อมต่อวงจรควบคุมมอเตอร์เข้ากับเอาท์พุทจากพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ซึ่งเป็นสัญญาณลอจิก 1 (+5 โวลท์) และลอจิก 0 (0 โวลท์)ได้ คุณสมบัติในการทำงานของวงจรควบคุมมอเตอร์มีดังนี้

1. เมื่อจุด A ได้รับลอจิก 1 (+5 โวลท์) จะทำให้มีแรงดันออกจากวงจรควบคุมไปยังจุด C เพื่อไบอัสให้ทรานซิสเตอร์ของวงจรขับมอเตอร์ทำให้มอเตอร์หมุนไปทิศทางหนึ่ง

2. เมื่อจุด B ได้รับลอจิก 1 (+5 โวลท์) จะทำให้มีแรงดันออกจากวงจรควบคุมไปยังจุด D เพื่อไบอัสให้ทรานซิสเตอร์ของวงจรขับมอเตอร์ทำให้มอเตอร์หมุนไปอีกทิศทางหนึ่ง

3. กรณีที่จุด A และ B ได้รับลอจิก 1 ทั้งคู่หรือได้รับลอจิก 0 ทั้งคู่ เอาท์พุทที่จุด C และ D จะเหมือนกันทำให้มอเตอร์ไม่หมุนเนื่องจากวงจรขับมอเตอร์ทำงานในลักษณะของวงจรบริดจ์ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดในส่วนของวงจรขับมอเตอร์ต่อไป

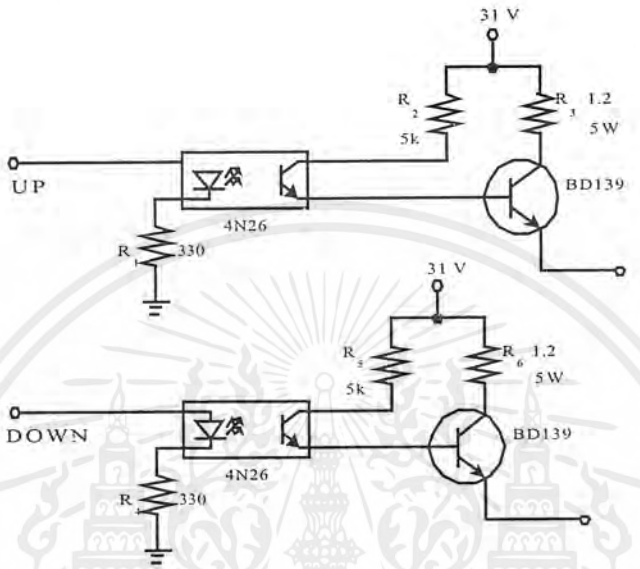
จากแผนผังและหลักการของวงจรควบคุมมอเตอร์ สามารถนำมาออกแบบวงจรเพื่อให้ทำงานได้ตามคุณสมบัติข้างต้นได้ดังต่อไปนี้

วงจรควบคุมทิศทางของมอเตอร์

จากรูปที่ 3.11 เป็นวงจรควบคุมทิศทางของมอเตอร์ โดยมีออปโตไอโซเลเตอร์อยู่ทางด้านอินพุทของวงจรรับอินพุทเป็นสัญญาณลอจิกจากพอร์ตของ MCS – 51 เมื่อจุด UP ได้รับลอจิก 1 และที่จุด DOWN ได้รับลอจิก 0 ไดโอดเปล่งแสงภายในออปโตไอโซเลเตอร์จะเปล่งแสงไปยังเบสของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ทางด้านเอาท์พุต ทำให้ทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะปิดมีกระแสไหลจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาคอลเล็คเตอร์ไปยังขาอิมิเตอร์ สัญญาณที่ได้จากขา 4 ของ 4N26 จะถูกนำมาขยายโดย BD 139 ซึ่งเป็นทรานซิสเตอร์ชนิด NPN เพื่อให้มีสัญญาณแรงพอที่จะเป็นอินพุตให้แก่วงจรขับมอเตอร์ทำให้เตียงยกระดับขึ้น



รูปที่ 3.11 วงจรควบคุมทิศทางของมอเตอร์

จากรูปเป็นวงจรควบคุมทิศทางของมอเตอร์ โดยมีออปโตไอโซเลเตอร์อยู่ทางด้านอินพุทของวงจรรับอินพุทเป็นสัญญาณลอจิกจากพอร์ตของ MCS – 51 เมื่อจุด UP ได้รับลอจิก 1 และที่จุด DOWN ได้รับลอจิก 0 ไดโอดเปล่งแสงภายในออปโตไอโซเลเตอร์จะเปล่งแสงไปยังเบสของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ทางด้านเอาท์พุต ทำให้ทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะปิดมีกระแสไหลจากขาคอลเล็คเตอร์ไปยังขาอิมิเตอร์ สัญญาณที่ได้จากขา 4 ของ 4N26 จะถูกนำมาขยายโดย BD 139 ซึ่งเป็นทรานซิสเตอร์ชนิด NPN เพื่อให้มีสัญญาณแรงพอที่จะเป็นอินพุตให้แก่วงจรขับมอเตอร์ทำให้เตียงยกระดับขึ้น

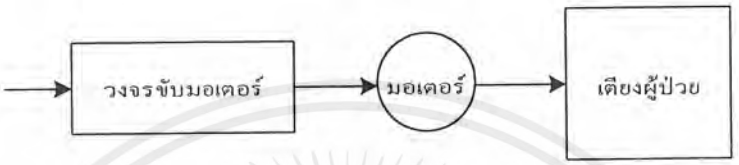
เมื่อต้องการให้เตียงลดระดับลงก็ทำได้ในลักษณะเดียวกันโดยการป้อนลอจิก 0 ที่จุด UP และลอจิก 1 ที่จุด DOWN จะทำให้ไดโอดเปล่งแสงที่อยู่ทางอินพุทภายในออปโตไอโซเลเตอร์เปล่งแสงไปยังเบสของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ทางด้านเอาท์พุต ทำให้ทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะปิดมีกระแสไหลจากขาคอลเล็คเตอร์ไปยังขาอิมิเตอร์ สัญญาณที่ได้จากขา 4 ของ 4N26 จะถูกนำมาขยายโดย BD 139 ซึ่งเป็นทรานซิสเตอร์ชนิด NPN เพื่อให้มีสัญญาณแรงพอที่จะทำเป็นอินพุตให้แก่วงจรขับมอเตอร์ ซึ่งจะขับมอเตอร์ให้หมุนไปอีกทิศทางหนึ่งทำให้เตียงลดระดับลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 การออกแบบวงจรขับมอเตอร์

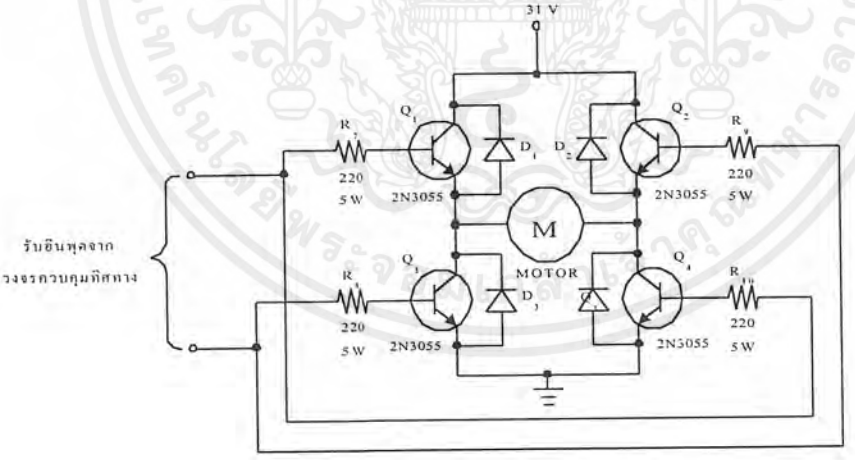
วงจรขับมอเตอร์

วงจรขับมอเตอร์เป็นวงจรที่ใช้สำหรับขับมอเตอร์ให้หมุนเพื่อเปลี่ยนระดับของเตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติ ซึ่งอาจจะเป็นการยกระดับของเตียงขึ้นหรือลดระดับของเตียงลง วงจรควบคุมมอเตอร์นี้จะถูกควบคุมการทำงานโดยวงจรควบคุมที่กล่าวมาข้างต้น



รูปที่ 3.12 แผนผังของวงจรขับมอเตอร์

วงจรขับมอเตอร์เป็นส่วนประกอบของระบบที่ต่ออยู่ระหว่างวงจรควบคุมกับดีซีมอเตอร์ ซึ่งเป็นมอเตอร์แอคทูเอเตอร์ที่ใช้กับจานรับสัญญาณดาวเทียม วงจรขับมอเตอร์ที่ใช้ในโครงงานนี้เป็นชนิดลิเนียร์บริดจ์มอเตอร์สามารถทำงานได้ทั้งสองทิศทางตามรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.13 วงจรขับมอเตอร์

ลิเนียร์บริดจ์จะใช้เพาเวอร์ซัพพลายเพียงขั้วเดียวคือ บวกหรือลบ เพื่อป้อนให้กับมอเตอร์ ซึ่งโวลท์เตจที่ป้อนให้กับมอเตอร์นี้จะมีขนาดเกือบเท่ากับโวลท์เตจของเพาเวอร์ซัพพลาย โครงงานนี้ใช้เพาเวอร์ซัพพลายขนาด 0-31 โวลท์ ดีซี 3 แอมป์ ใช้ควบคุมดีซีมอเตอร์ (ACTUATOR 18)

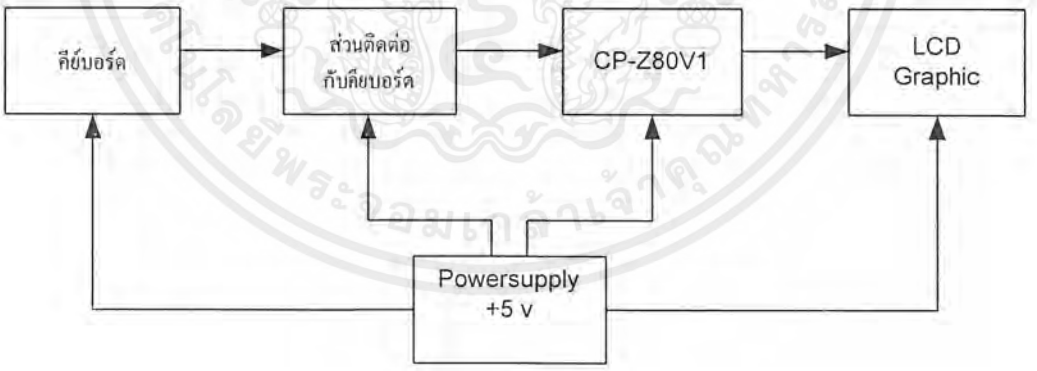
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในวงจรบริดจ์ Q1 และ Q4 จะนำกระแส เมื่อมอเตอร์ได้รับโวลต์เตจให้หมุนไปในทิศทางหนึ่ง Q2 และ Q3 จะนำกระแส เมื่อมอเตอร์ได้รับโวลท์เตจให้หมุนไปในทิศทางตรงกันข้าม ดั้งนั้น โวลท์เตจตกคร่อมทรานซิสเตอร์แต่ละตัวที่นำกระแสจะเท่ากับ 1/2 (ซัพพลายโวลท์เตจตกคร่อมมอเตอร์) โครงสร้างของลิเนียร์บริดจ์ต้องการให้ Vceo ของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์มีค่าสูงกว่า Vs (2N3055 มี Vceo = Vce MAX = 60 โวลท์) มีฟรี-ควีลลิ่ง ไดโอดตกคร่อมทรานซิสเตอร์แต่ละตัว ไดโอดจะกดโวลท์เตจแต่ละขาของบริดจ์เพื่อให้โวลท์เตจตกคร่อมไดโอดตัวหนึ่งเป็นบวกมากกว่า Vs กับให้โวลท์เตจตกคร่อมไดโอดอีกตัวหนึ่งมีค่าต่ำกว่ากราวด์ ดังนั้นเอาท์พุตทรานซิสเตอร์จะไม่ขึ้นอยู่กับโวลท์เตจผลักดันที่มีค่ามากกว่า Vs หลายเท่าสำหรับบริดจ์

3.4 การออกแบบส่วนแสดงผลรายชื่อผู้ป่วย

3.4.1 การออกแบบวงจรแสดงผลจอ LCD

ในส่วนแสดงผลรายชื่อของผู้ป่วยที่เข้ามารักษาตัวนั้นจะใช้จอ LCD เป็นตัวแสดงผลซึ่งจะต้องต่ออินเตอร์เฟสกับคีย์บอร์ดคอมพิวเตอร์และตัวประมวลผล CP-Z80V1 โดยในส่วนของ LCD นั้นจะเป็นจอ LCD แบบกราฟฟิค ซึ่งจะต้องทำการ Bit Map ตัวอักษรไว้ที่หน่วยความจำ ซึ่งในส่วนของการออกแบบในส่วนของการแสดงผลนั้นสามารถแสดงได้ตามแผนผังดังรูปที่ 3.13



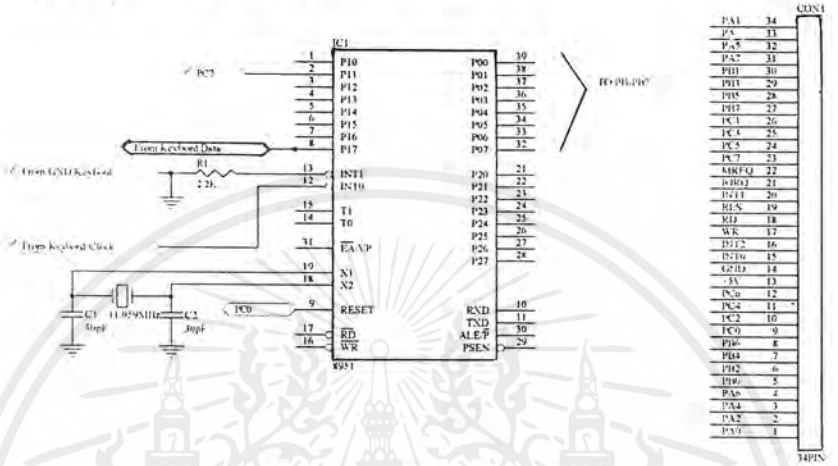
รูปที่ 3.14 แผนผังการทำงานของส่วนแสดงผล

จากแผนผังการทำงานของส่วนแสดงผลรายชื่อของผู้ป่วยนี้จะประกอบไปด้วย ส่วนของคีย์บอร์ด, ส่วนที่ติดต่อกับคีย์บอร์ด, บอร์ด CP-Z80V1, และจอ LCD กราฟฟิค ซึ่งก็สามารถออกแบบวงจรตามส่วนต่างๆ ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรติดต่อคีย์บอร์ด

ในการติดต่อข้อมูลระหว่างคีย์บอร์ดกับหน่วยประมวลผลนั้นจำเป็นต้องอาศัยอุปกรณ์ที่สามารถขับข้อมูลแบบอนุกรมและได้เอาต์พุตที่เป็นขนานได้ดังนั้นจึงต้องเลือกใช้ MCS-51 มารับข้อมูลซึ่ง MCS-51 นี้มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ



รูปที่ 3.15 วงจรติดต่อคีย์บอร์ด

คีย์บอร์ด

ขา นาฬิกา และ ขา Data

คีย์บอร์ดและระบบติดต่อสื่อสารจะต้องประกอบไปด้วยเส้นสัญญาณนาฬิกา และข้อมูลซึ่งเมื่อต้องการติดต่อหรือทำการส่งข้อมูล ขาสัญญาณนาฬิกา และ ข้อมูลจะมีสถานะเป็น Negative และถ้าไม่มีการติดต่อสื่อสารหรือส่งข้อมูลจะมีสถานะเป็น Positive คีย์บอร์ดจะส่งสัญญาณขนาด 8 บิตจำนวนหนึ่งรหัสทุกครั้งเสมอที่คีย์ถูกกด และทุกครั้งที่ปล่อยคีย์ ถ้ากดคีย์ใดค้างไว้คีย์บอร์ดจะส่งรหัสเมื่อคีย์ถูกกดจำนวนหนึ่งรหัสแล้วหยุดชั่งขณะแล้วส่งรหัสเดิมซ้ำออกไปอีกตามจังหวะของการพิมพ์จนกว่าคีย์นั้นจะถูกปล่อย ขณะที่ปล่อยคีย์ คีย์บอร์ดจะส่งรหัสอีกตัวหนึ่งที่ต่างกันออกไป ลักษณะการทำงานเช่นนี้ช่วยให้ระบบทราบถึงการทำงานของคีย์บอร์ดสามารถระบุได้ว่าขณะใดที่ใช้ Shift Key อยู่รวมทั้งการกดคีย์ค้าง

ในการรับและส่งข้อมูลจากคีย์บอร์ดจะประกอบด้วยบิตจำนวน 11 บิต ในการส่งจะใช้การส่งข้อมูลแบบอนุกรม และเมื่อระบบต้องการส่งข้อมูลไปยังคีย์บอร์ดขาสัญญาณข้อมูลจะอยู่ในสถานะ Negative ส่วนขาสัญญาณนาฬิกาจะอยู่ในสถานะ Positive และเมื่อคีย์บอร์ดต้องการส่งข้อมูลหรือรับข้อมูลจากระบบ ขาสัญญาณนาฬิกาจะอยู่ในสถานะ Negative ส่วนขาสัญญาณข้อมูลจะอยู่ในสถานะ High หรือ Low ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่ของบิตต่างๆ

1st bit	0 Start bit
2nd bit	ข้อมูล bit 0 (least significant)
3rd bit	ข้อมูล bit 1
4th bit	ข้อมูล bit 2
5th bit	ข้อมูล bit 3
6th bit	ข้อมูล bit 4
7th bit	ข้อมูล bit 5
8th bit	ข้อมูล bit 6
9th bit	ข้อมูล bit 7 (most significant)
10th bit	parity bit (odd parity)
11th bit	Stop bit

ขา VCC และ GND

เป็นขาสัญญาณไฟเลี้ยงคีย์บอร์ดและกราวน์

KEYBOARD ข้อมูล OUTPUT

เมือคีย์บอร์ดพร้อมที่จะทำการส่งข้อมูลสู่ระบบ สิ่งแรกที่ทำการเช็คคือสถานะของขาสัญญาณข้อมูลและขาสัญญาณนาฬิกาว่าพร้อมที่จะทำการส่งข้อมูลหรือไม่ ถ้าขาสัญญาณนาฬิกาอยู่ในสถานะ LOW ข้อมูลจะถูกเก็บไว้ในคีย์บอร์ดบัฟเฟอร์ เมื่อต้องการส่งข้อมูลขาสัญญาณนาฬิกาจะอยู่ในสภาวะ HIGH และขาสัญญาณข้อมูลจะอยู่ในสภาวะ LOW ข้อมูลจะถูกเก็บไว้ในคีย์บอร์ดบัฟเฟอร์ จากนั้นคีย์บอร์ดจะทำการรับข้อมูลจากระบบ

KEYBOARD ข้อมูล INPUT

เมื่อระบบพร้อมที่จะทำการส่งข้อมูลไปยังคีย์บอร์ด ระบบจะทำการเช็คว่าถ้าคีย์บอร์ดต้องการส่งข้อมูลระบบก็จะไม่ทำการสร้างสัญญาณนาฬิกา ส่วนขาสัญญาณนาฬิกาก็จะอยู่ในสถานะ Negative แต่ถ้าเมื่อใดที่คีย์บอร์ดต้องการส่งข้อมูลระบบก็จะเป็นผู้รับข้อมูล แต่ถ้าคีย์บอร์ดไม่ทำการส่งข้อมูล ขาสัญญาณนาฬิกาจะอยู่ในสถานะ Negative นานประมาณ 60 วินาที และเมื่อระบบทำการส่งข้อมูลและสตาร์ทบิต ขาสัญญาณข้อมูลจะอยู่ในสถานะ LOW ส่วนขาสัญญาณนาฬิกาจะอยู่ในสถานะ Positive

จากหลักการข้างต้นจึงได้ประยุกต์เอาไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 มาเป็นตัวควบคุมการติดต่อกับคีย์บอร์ดของชุดควบคุมหลักโดยให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 คอยตรวจสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ว่ามีการกดคีย์หรือไม่ เป็นแบบธรรมดาหรือ Shift Key และเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ ซึ่งถ้าข้อมูลที่ได้มานี้จะเป็นแบบอนุกรมต้องทำการแปลงเป็นข้อมูลแบบขนานขนาด 8 บิต โดยใช้โปรแกรมภาษา C แล้วบันทึกลงในหน่วยความจำถาวรของ MCS-51 ซึ่งเมื่อมีข้อมูลจากคีย์บอร์ดเข้ามา MCS-51 จะทำการประมวลผลและแปลงข้อมูลอัตโนมัติ ซึ่งข้อมูลจะถูกส่งออกไปที่ขา P0.0-P0.7 ของ MCS-51 และจะถูกส่งไปยังขา PB0-PB7 ของ 8255 บนบอร์ด Z80 เพื่อทำการประมวลผลอีกครั้งหนึ่ง

3.4.2 การออกแบบวงจรชุดควบคุม CP-Z80V1

ใช้ Z80 เป็น CPU ประจำบอร์ดโดยใช้ Z84C00-6(Z80 B แบบ CMOS) ซึ่งเป็น CPU Z80 แบบ CMOS กินกำลังต่ำสามารถต่อใช้งานความถี่สูงสุด 6MHzแต่ในบอร์ดนี้ใช้ความถี่ 4MHz เพื่อไม่จำเป็นต้องใช้ ROM และ RAM ที่มี ACCESS TIME ต่ำนักก็ได้ แต่ถ้าต้องการเปลี่ยนเป็น RUN 6MHz ก็ได้โดยการเปลี่ยน X-TAL ใหม่จาก 4MHz เป็น 6MHz ก็ได้

ROM หรือ EPROM บอร์ด CP-Z80V1 จะต่อ EPROM เป็น MONITOR PROGRAM ได้ 2 เบอร์คือ 2764 และ 27256 โดยการเลือก JUMPER J2 หน่วยความจำนี้จะ DECODE อยู่ระหว่าง 0000H ถึง 7FFFh

RAM ของบอร์ด CP-Z80V1 จะใช้ RAM ขนาด 8K BYTE RAM 6264 หน่วยความจำนี้จะ DECODE อยู่ที่ 8000H ถึง BFFFH ใน RAM นี้ยังต่อ BATTERY ขนาดเล็ก 3V เพื่อใช้เป็น Back up ข้อมูลได้ด้วย โดยใช้ J1 ในการ ON/OFF BATTERY

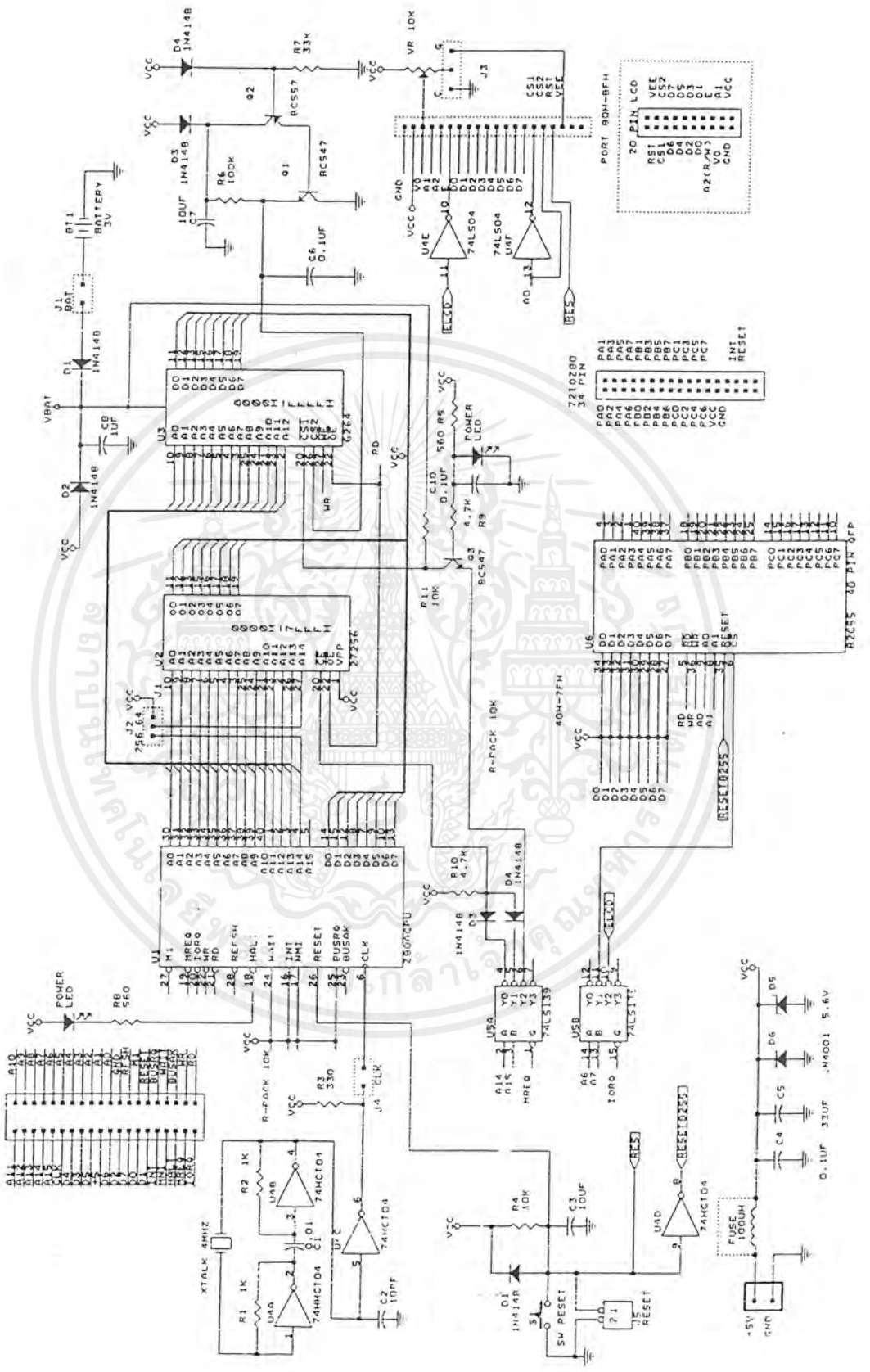
PORT จะใช้ IC PORT เบอร์ 8255 เป็น PORT I/O ประจำบอร์ด ทำให้กินกำลังงานต่ำ โดยจะต่อออกทาง PORT ทางขั้ว 34 PIN ตามมาตรฐาน

PORT 8255 ตัวนี้จะ DECODE PORT อยู่ในตำแหน่ง 40H-7FH

PORT A	= 40H
PORT B	= 41H
PORT C	= 42H
CONTROL PORT	= 43H

LCD PORT บอร์ด CP-Z80V1 นี้มีขั้ว CONNECTOR ขนาด 20PIN ตามมาตรฐาน สามารถต่อ DOT MATRIX LED หรือ GRAPHIC LCD ได้โดยตรง โดยการต่อสายจาก LCD มายัง LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 วงจรรวม Z80 CPU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PORT เท่านั้น ไม่เสีย PORT 82C55 ใช้ JUMPER J3 ในการเลือกว่าเป็น LCD แบบใด ปรับค่าความชัดเจนจากก VR 10K บนบอร์ด

PORT LCD นี้ จะ DECODE อยู่ในตำแหน่ง 80H-BFH

WRITE DATA INSTRUCTION = 80H

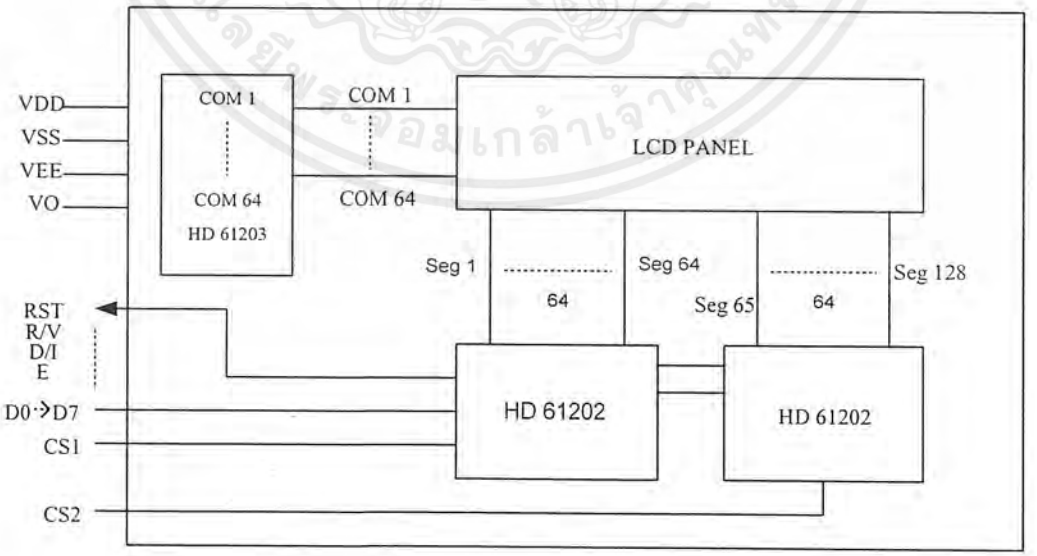
WRITE DATA TO CG OR DD RAM = 82H

READ BUSY FLAG AND ADDRESS = 84H

40 PIN Z80 BUS สามารถต่อขยายบอร์ดได้ทาง 40 PIN Z80 BUS โดย 40 PIN Z80 BUS นี้จะมีขาต่อออกมาเช่นเดียวกับขา IC CPU Z80 POWER SUPPLY ตัวบอร์ด CPU Z80V1 นี้จะต่อใช้ POWER SUPPLY +5V โดยใช้ไฟ +5V DC โดยต่อให้ถูกต้องด้วย และถ้าต่อกลับขั้วจะมี DIODE 1N4001 ต่อไว้กันการต่อกลับขั้วไว้ พร้อมทั้งยังมี ZENER DIODE 5V 1W ต่อไว้กันในกรณี POWER SUPPLY เกิน 5V อีกด้วย

3.4.3 การออกแบบวงจรควบคุม LCD GRAPHIC

ในโครงงานนี้จะใช้จอ LCD GRAPHIC ซึ่งเป็นจอ LCD GRAPHIC สำเร็จรูป โครงสร้างภายในของ LCD จะประกอบด้วย ส่วนของ Controller โดยHD61203 จะควบคุมการอ้างอิง page ของข้อมูลและ HD61202 จะควบคุมในการอ้างของ Segment ซึ่งในการใช้งานเราต้อง Control ส่วนเหล่านี้ โดยการส่งรหัสควบคุมไปที่ขาของ LCD ดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.17 โครงสร้างภายในและขาควบคุมของ LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา RST เป็นขาที่ใช้ Reset การทำงานของ LCD

ขา E เป็นขา Enable การรับส่งข้อมูล จะทำงานที่ Logic High และขอบขาลง

ขา R/w เป็นขาที่ใช้กำหนด การอ่านหรือการเขียนข้อมูล

ขา D/I ใช้บอกถึงข้อมูลใน Data –Bus ว่าเป็นรหัสควบคุมหรือเป็นส่วนของข้อมูล

ขา CS1 Chip Select ของ HD61202 ตัวแรก

ขา CS2 Chip Select ของ HD61201 ตัวที่สอง

ขา Data-Bus เป็นขาใช้ส่งข้อมูลหรือรหัสควบคุม

หมายเหตุ

1. เมื่อ CS1 เป็น High และ CS2 เป็น Low จะเป็นการอ้างอิงถึง Segment ที่ 0-63 และเมื่อ CS1 เป็น Low CS2 เป็น High จะเป็นการอ้างถึง Segment ที่ 64-127

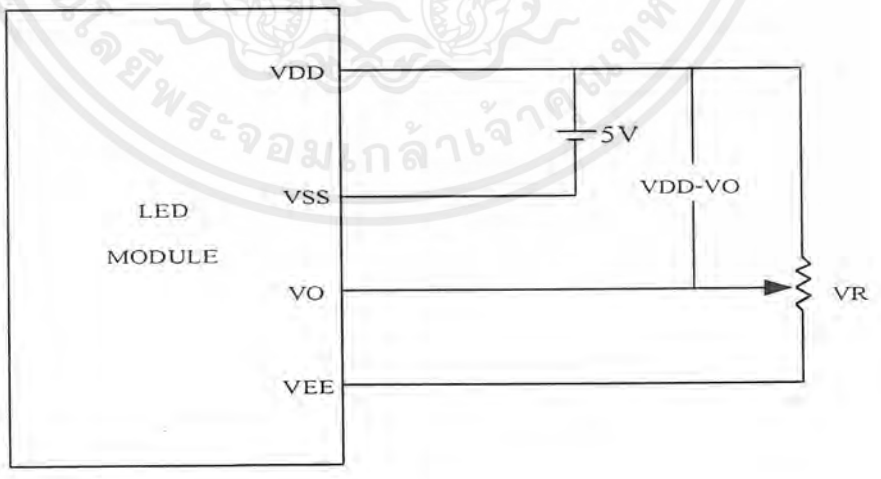
นอกจากขาควบคุมต่างๆ แล้ว ยังมีขาของแหล่งจ่ายไฟ คือ

ขา VSS Ground

ขา VDD แรงดันไฟเลี้ยงวงจร Logic

ขา Vo แรงดันไฟเลี้ยง LCD

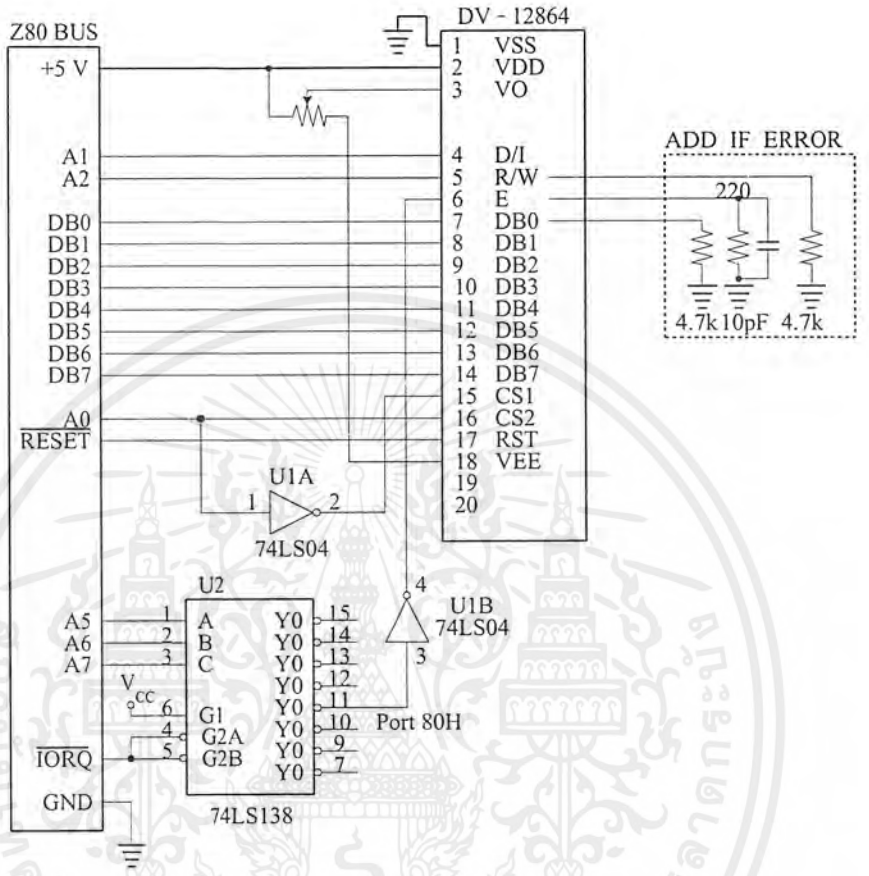
ขา VEE ขาจ่ายแรงดันไฟลบ โดยเมื่อต่อ VDD ให้กับวงจร ขา VEE จะจ่ายแรงดันไฟลบออกมา (ใช้นำไปขับ LCD ที่ขา VO)



รูปที่ 3.18 ขาแหล่งจ่ายไฟ และการต่อใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การ INTERFACE Z-80 CPU กับ LCD



รูปที่ 3.19 การเชื่อมต่อระหว่างบอร์ด Z80 กับ LCD

ในการ INTERFACE กับ Z-80 CPU จะพิจารณาการ Control ขาต่างๆ ของ LCD กับ CPU ได้ ดังนี้

ขา RST จะต่อกันโดยตรง

ขา R/W จะต่อจากขา RD ผ่าน Inverter เนื่องจาก CPU Active low, LCD Read High ซึ่งในกรณีที่ CPU ไม่มีการอ่านข้อมูล ให้ทำการ Pull low ให้กับ LCD

ขา CS1, CS2 จะใช้การต่อ CS1 ผ่าน Inverter เข้ากับ CS2 และ CS2 ต่อกับ A0 โดยเมื่อ A0 เป็น low ให้ทำการติดต่อกับ CS1 และ เมื่อ A0 เป็น High ให้ทำการติดต่อกับ CS2

ขา D/I ใช้ต่อกับ A1 โดยตรง โดย A1 จะเป็นการกำหนดว่าเป็น Data หรือ Control จากการต่อขา CS และขา D/I จะทำให้การควบคุม LCD เป็นดังตารางที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 การกำหนดขาเพื่อควบคุมจอ LCD

A7-A2	A1	A0	ความหมาย
-	0	0	ติดต่อกับ CS1 เป็น Control LCD
-	0	1	ติดต่อกับ CS2 เป็น Control LCD
-	1	0	ติดต่อกับ CS1 เป็น Data
-	1	1	ติดต่อกับ CS2 เป็น Data

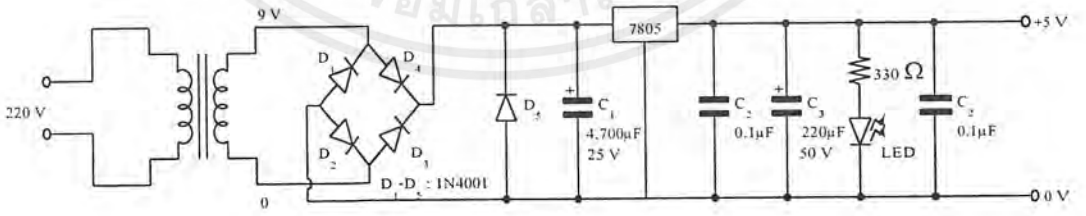
ขา E เป็นขาควบคุมการทำงานของ LCD ในการติดต่อกับภายนอก โดยขา E จะใช้ Logic high ในการบอกให้ทราบการติดต่อ และจะใช้ขอบขาลงของสัญญาณ ในการติดต่อกับข้อมูลทาง Data Bus การ Interface จึงใช้ D flip-flop ในการควบคุมการทำงาน โดยกำหนดให้มีการทำงานดังนี้

เมื่อมีการอ้างถึงพอร์ทของ LCD จะให้ขา E เป็น High ตามการทริกของ clock และเมื่อไม่มีการอ้างถึง Port ของ LCD จะให้ขา E มีสภาวะ low

3.5 การออกแบบวงจรภาคจ่ายไฟ

วงจรภาคจ่ายไฟที่ใช้สำหรับโครงงานนี้ เป็นวงจรภาคจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 2 ชุดซึ่งจะทำให้แรงดันไฟฟ้าต่างกันดังต่อไปนี้

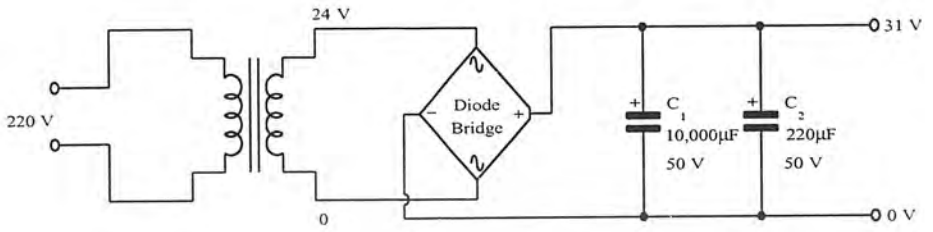
1.วงจรภาคจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ใช้สำหรับป้อนให้กับชุดคอนโทรล MCS-51 ดังรูปที่3.19



รูปที่ 3.20 วงจรภาคจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วงจรภาคจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 31 โวลต์ ใช้สำหรับป้อนให้กับวงจรขับมอเตอร์



รูปที่ 3.21 วงจรภาคจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 31 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง และผลการทดลอง

4.1 การทดลองวงจรภาคจ่ายไฟ

สำหรับแหล่งจ่ายไฟที่ใช้สำหรับโครงงานนี้ทั้งหมดจะเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระตรง ซึ่งในการใช้งานนั้นจะแยกใช้เป็น 2 ชุด คือ ชุดแรกจะเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ซึ่งใช้สำหรับป้อนให้กับชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และป้อนให้กับชุดแสดงผล ส่วนชุดที่สองเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 31 โวลต์ ใช้สำหรับป้อนให้กับวงจรขับมอเตอร์ดังนั้นในการทดลองวงจรภาคจ่ายไฟนี้จึงแยกการทดลองออกเป็น 2 ตอนดังนี้

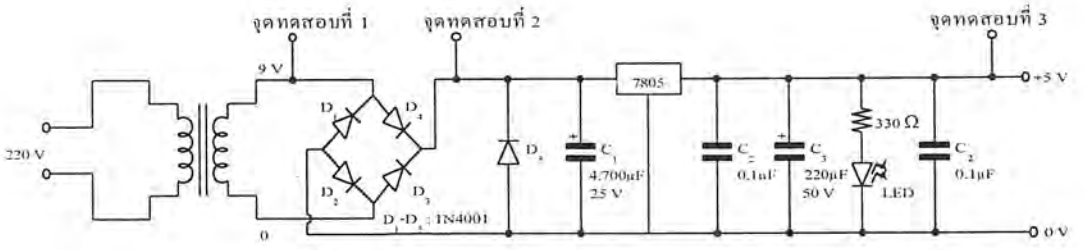
4.1.1 การทดลองวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์

รายการอุปกรณ์

1. หม้อแปลงไฟฟ้า ขนาด 2 แอมป์ 9 โวลต์ 1 ตัว
2. ไดโอด 1N4001 5 ตัว
3. ไดโอดเปล่งแสง 1 ตัว
4. ตัวเก็บประจุ 4,700 ไมโครฟารัด 25 โวลต์ 1 ตัว
5. ตัวเก็บประจุ 220 ไมโครฟารัด 50 โวลต์ 1 ตัว
6. ตัวเก็บประจุ 0.1 ไมโครฟารัด 2 ตัว
7. ตัวต้านทาน 330 โอห์ม 1 ตัว
8. ไอซีเรกกูเลเตอร์ เบอร์ 7805 1 ตัว

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ประกอบวงจรดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ เข้าที่จุดจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์
3. ทำการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ที่จุดทดสอบต่างๆ แล้วบันทึกผลลงในตาราง

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์

จุดทดสอบต่างๆ	แรงดันที่วัดได้
จุดทดสอบที่ 1	9 โวลต์ AC
จุดทดสอบที่ 2	9 โวลต์ DC
จุดทดสอบที่ 3	5 โวลต์

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง แรงดันที่จุดทดสอบที่ 1 วัดแรงดันได้ 9 โวลต์ แรงดันที่จุดนี้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ออกจากขดทุติยภูมิของหม้อแปลง ซึ่งได้จากการแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ จุดทดสอบที่ 2 วัดแรงดันได้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 9 โวลต์ เนื่องจากจุดนี้วัดที่เอาต์พุตของไดโอดบริดจ์ จุดทดสอบที่ 3 เป็นแรงดันที่วัดจากเอาต์พุตของไอซีเรกกูเลเตอร์ 7805 ซึ่งแรงดันที่วัดได้มีค่าเท่ากับ 5 โวลต์ นำไปใช้สำหรับป้อนให้กับชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และจอแสดงผล

4.1.2 การทดลองวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 31 โวลต์

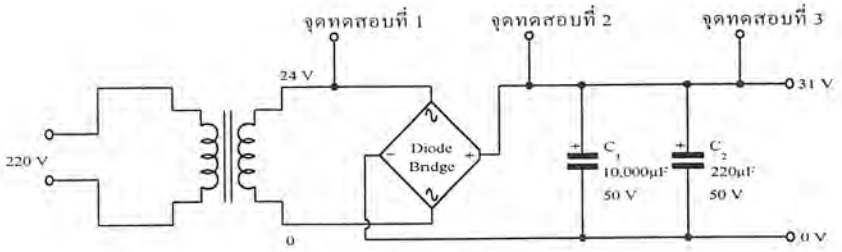
รายการอุปกรณ์

1. หม้อแปลงไฟฟ้า ขนาด 4 แอมป์ 24 โวลต์ 1 ตัว
2. ไดโอดเรคติไฟเออร์ 5 แอมป์ 1 ตัว
3. ตัวเก็บประจุ 10,000 ไมโครฟารัด 50 โวลต์ 1 ตัว
4. ตัวเก็บประจุ 220 ไมโครฟารัด 50 โวลต์ 1 ตัว

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ประกอบวงจรดังรูปที่ 4.2
2. จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ เข้าที่จุดจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์
3. ทำการวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ที่จุดทดสอบต่างๆ แล้วบันทึกผลลงในตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 31โวลต์

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 31 โวลต์

จุดทดสอบต่างๆ	แรงดันที่วัดได้
จุดทดสอบที่ 1	24 โวลต์ AC
จุดทดสอบที่ 2	31 โวลต์ DC
จุดทดสอบที่ 3	31 โวลต์ DC

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง แรงดันที่จุดทดสอบที่ 1 วัดแรงดันได้ 24 โวลต์ แรงดันที่จุดนี้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ออกจากขดทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งได้จากการแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ส่วนจุดทดสอบที่ 2 วัดแรงดันได้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 31 โวลต์ เนื่องจากจุดนี้แรงดันจากขดทุติยภูมิของหม้อแปลงผ่านไดโอดบริดจ์เรคติไฟเออร์มาแล้ว จึงทำให้แรงดันมีค่าเพิ่มขึ้น แรงดันจากแหล่งจ่ายชุดนี้นำไปใช้สำหรับป้อนให้กับวงจรขับมอเตอร์

4.2 การทดลองวงจรควบคุมมอเตอร์

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ทรานซิสเตอร์เบอร์ BD 139 4 ตัว
2. ออปโตไดโอดเบอร์ 4N26 4 ตัว
3. ตัวต้านทาน 5 KΩ ½ W 4 ตัว
4. ตัวต้านทาน 330 KΩ ½ W 4 ตัว
5. ตัวต้านทาน 1 Ω 5 W 4 ตัว
6. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง + 31V

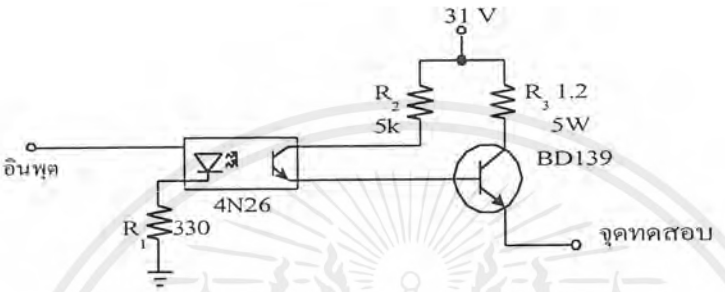
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. แผ่นปริ๊นซ์

8. สายไฟ

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ประกอบวงจรตามรูปที่ 4. 3



รูปที่ 4.3 วงจรควบคุมมอเตอร์

2. จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง +31V เข้าที่แหล่งจ่ายไฟตามรูปที่ 4.3

3. ป้อนสัญญาณอินพุตตามสภาวะที่กำหนดให้ในตารางบันทึกผลที่ 4.3

4. วัดแรงดันที่จุดทดสอบและบันทึกผลในตารางที่ 4.3 ตามสภาวะของอินพุตนั้นๆ

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองวงจรควบคุมมอเตอร์

สภาวะของ Input	แรงดันที่จุดทดสอบ
0	0
1	25

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเมื่อป้อนอินพุตเป็นลอจิก 0 หรือ 0 โวลต์ ให้กับวงจรไดโอดเปล่งแสงซึ่งเป็นส่วนอินพุตของออปโตไอโซเลเตอร์จะไม่นำกระแสเนื่องจากได้รับแรงดันไบอัสกลับ ทำให้โฟโตทรานซิสเตอร์ซึ่งเป็นส่วนของเอาต์พุตของออปโตไอโซเลเตอร์อยู่ในสภาวะเปิด จึงทำให้ไม่กระแสไปไบอัสที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ BD 139 จึงทำให้แรงดันที่จุดทดสอบเป็น 0 โวลต์ ในสภาวะที่ป้อนสัญญาณอินพุตเป็นลอจิก 1 หรือ +5 โวลต์ ไดโอดเปล่งแสงจะนำกระแสและเปล่งแสงไปยังขาเบสของโฟโตทรานซิสเตอร์ ทำให้โฟโตทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะปิด มีกระแสไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากขาคอลเลคเตอร์ไปยังขาอิมิตเตอร์และไหลไปไบอัสที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ BD 139 จึงทำให้ได้แรงดันที่จุดทดสอบเท่ากับ 25 โวลต์

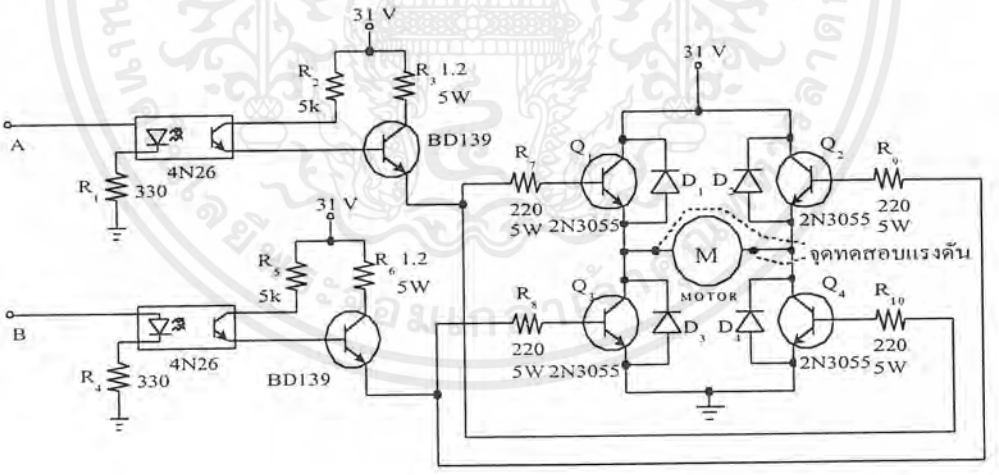
4.3 การทดลองวงจรขับมอเตอร์

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N3055 8 ตัว
2. ไดโอดเบอร์ 1N5401 8 ตัว
3. ตัวต้านทาน 220 Ω 5 w 8 ตัว
4. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง +31 V
4. แผ่นปริ๊นซ์
5. สายไฟ

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ประกอบวงจรตามรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 วงจรขับมอเตอร์

2. จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง +31V เข้าที่แหล่งจ่ายไฟตามรูปที่ 4. 4
3. ป้อนสัญญาณอินพุตที่จุด A และ B ตามสภาวะที่กำหนดให้ในตารางที่ 4. 3
4. วัดแรงดันที่จุดทดสอบและสังเกตทิศทางการหมุนของมอเตอร์
5. บันทึกผลการทดลองที่ได้ลงในตารางบันทึกผลที่ 4. 3 ตามช่องของสภาวะอินพุตนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองของวงจรขับมอเตอร์

สภาวะของ Input		แรงดันที่จุดทดสอบ	ทิศทางการหมุนของมอเตอร์
A	B		
0	0	0 V	ไม่หมุน
0	1	-24 V	หมุนทวนเข็มนาฬิกา
1	0	24 V	หมุนตามเข็มนาฬิกา
1	1	0 V	ไม่หมุน

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองสามารถสรุปการทำงานได้ดังนี้คือเมื่อจุด A ได้รับลอจิก 1 (+5 โวลท์) จะทำให้มีแรงดันออกจากวงจรควบคุมเพื่อไบอัสให้ทรานซิสเตอร์ Q_1 และ Q_4 ของวงจรขับมอเตอร์ทำให้มอเตอร์หมุนไปทิศทางหนึ่ง และเมื่อจุด B ได้รับลอจิก 1 (+5 โวลท์) จะทำให้มีแรงดันออกจากวงจรควบคุม เพื่อไบอัสให้ทรานซิสเตอร์ Q_2 และ Q_3 ของวงจรขับมอเตอร์ทำให้มอเตอร์หมุนไปอีกทิศทางหนึ่ง กรณีที่จุด A และ B ได้รับลอจิก 1 ทั้งคู่หรือได้รับลอจิก 0 ทั้งคู่ เอาต์พุตจากวงจรควบคุมจะเหมือนกันทำให้มอเตอร์ไม่หมุน เนื่องจากวงจรขับมอเตอร์ทำงานในลักษณะของวงจรบริดจ์

4.4 การทดลองวงจรแสดงผล

สำหรับในส่วนการแสดงผลนั้นประกอบด้วยวงจร 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ส่วนวงจรสแกนคีย์บอร์ด ส่วนที่ 2 เป็นส่วนของ LCD ที่ใช้แสดงตัวอักษร ส่วนที่ 3 เป็นส่วนของการแสดงผลซึ่งรวมส่วนของคีย์บอร์ดกับส่วนของ LCD เข้าด้วยกัน ซึ่งทำให้การทดลองแบ่งออกเป็น 3 ส่วน

4.4.1 การทดลองส่วนสแกนคีย์บอร์ด

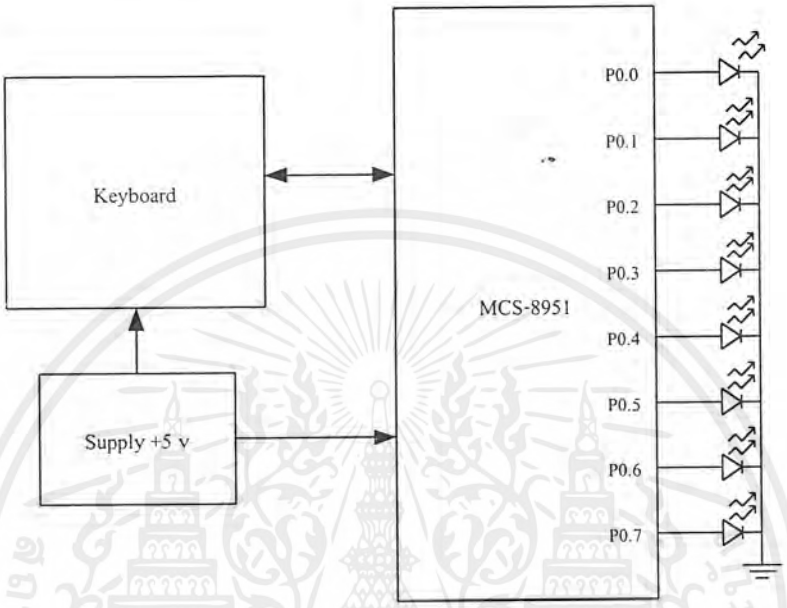
เครื่องมือและอุปกรณ์

1. คีย์บอร์ด
2. ชุดคอนโทรลเลอร์ MCS-51
3. แหล่งจ่ายไฟตรง +5 V
4. สายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ประกอบวงจรตามรูปที่ 4. 5



รูปที่ 4.5 ส่วนสแกนคีย์บอร์ด

2. จ่ายไฟตรง +5 V ให้กับวงจรชุดคอนโทรลเลอร์
3. ทดลองกดคีย์บอร์ดปุ่มต่างๆ บันทึกค่าที่ได้จากทดลอง

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองการกดคีย์บอร์ด

คีย์	DATA
A	61
B	62
C	63
D	64
E	65
F	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราที่ 4.5 ผลการทดลองการกดคีย์บอร์ด (ต่อ)

คีย์	DATA
1	31
2	32

4) ทดลองกดคีย์บอร์ดโดยใช้การ Shift Key บันทึกผลที่ได้จากการทดลอง

ตารางที่ 4. 6 ผลการทดลองการกดคีย์บอร์ดโดยการกด Shift Key

คีย์	DATA
A	41
B	42
C	43
D	44
E	45
F	46
@	40
#	23
$	24
&	26
%	25

5. ทดลองการใช้คีย์ Caps Lock บันทึกผลที่ได้จากการทดลอง

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองการกดคีย์บอร์ดโดยการกดคีย์ Caps Lock

คีย์	DATA
A	41
B	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองการกดคีย์บอร์ดโดยการกดคีย์ Caps Lock (ต่อ)

คีย์	DATA
C	43
D	44
E	45
F	46
!	21
“	22
#	23
$	24
%	25

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองเราจะพบว่าที่คีย์บอร์ดแต่ละคีย์จะให้ DATA ที่ไม่เหมือนกัน และ DATA ที่ได้จากการกดคีย์ปกติกับ Shift Key ถึงแม้จะเป็นคีย์ตัวอักษรเดียวกัน แต่จะให้ค่า DATA ที่ได้ไม่เหมือนกัน และผลที่ได้จากการใช้คีย์ Caps Lock จะให้ DATA เหมือนกับการใช้ Shift Key

4.4.2 การทดลองส่วนของจอ LCD แสดงตัวอักษร

เครื่องมือและอุปกรณ์

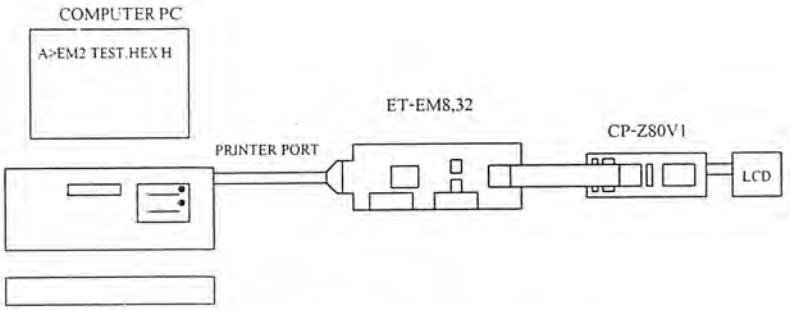
1. จอ LCD กราฟฟิค แสดงตัวอักษร ไทย/อังกฤษ
2. แหล่งจ่ายไฟตรง 5 V
3. ชุดควบคุม Z-80 CPU
4. โปรแกรมทดสอบ LCD

ลำดับขั้นการทดลอง

ตัวบอร์ด CP-Z80V1 นี้ใช้เขียนข้อมูลเข้า EPROM และนำ EPROM นั้นๆ มาใส่ยัง SOCKET ROM บนบอร์ดแล้วเปิดไฟเข้าตัวบอร์ดเพื่อ TEST โปรแกรม ซึ่งเป็นวิธีหนึ่ง แต่เรามีวิธีที่ดีกว่านั้นมากถ้านำมาต่อร่วมกับอุปกรณ์ของ ETT ในการพัฒนาระบบ

1. ต่อใช้กับ EPROM EMULATOR เราสามารถใช้กับชุด ET- EM8,ET-EM128 ในการพัฒนาเขียนโปรแกรมได้ดังรูปที่ 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 การต่อจอ LCD แสดงตัวอักษร

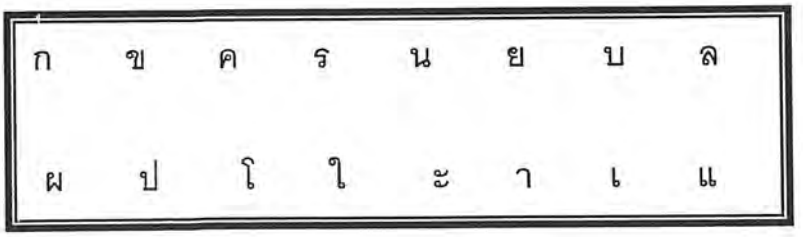
โดยเราสามารถเขียนโปรแกรมเป็นภาษา ASSEMBLER Z80 บนเครื่องคอมพิวเตอร์ PC แล้วให้เครื่องทำการแปลงเป็นภาษาเครื่อง จากนั้นใช้ ET-EM รับข้อมูลจากภาษาเครื่องคอมพิวเตอร์ PC ส่งต่อมายังบอร์ด CP-Z80V1 เป็น EPROM MONITOR PROGRAM ใช้ TEST การทำงาน

2. จ่ายแรงดันจากแหล่งจ่าย +5 V ให้กับชุดควบคุม Z-80 และLCD

3. ทดลองป้อนโปรแกรมทดสอบการแสดงผลภาษาอังกฤษ บันทึกผลที่ได้

รูปที่ 4. 7 การแสดงผลภาษาอังกฤษ

4. ทดลองป้อนโปรแกรมทดสอบการแสดงผลภาษาไทย บันทึกผลที่ได้



รูปที่ 4.8 การแสดงผลภาษาไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจะพบว่าเมื่อป้อนโปรแกรมแสดงตัวอักษรภาษาอังกฤษให้กับชุด Z-80 CPU ที่ตัว LCD จะแสดงตัวอักษรภาษาอังกฤษ ทั้งตัวพิมพ์เล็กและพิมพ์ใหญ่ เมื่อต้องการเปลี่ยนการแสดงผลเป็นภาษาไทย ก็สามารถเปลี่ยนโปรแกรมเป็นการแสดงภาษาไทยที่ตัว LCD ก็จะแสดงเป็นภาษาไทย

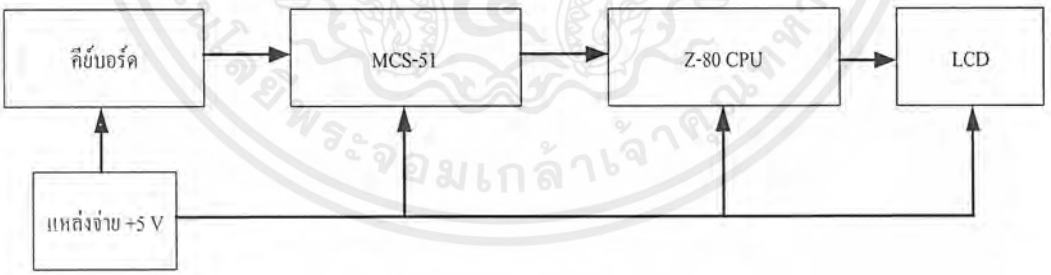
4.4.3 การทดลองส่วนของการแสดงผล

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ตัว LCD แสดงตัวอักษร ไทย/อังกฤษ
2. แหล่งจ่ายไฟตรง 5 V
3. ชุดควบคุม Z-80 CPU
4. ชุดควบคุม MCS-51
5. คีย์บอร์ด
6. สายแพ
7. ปริ๊นเอนกประสงค์

ลำดับขั้นการทดลอง

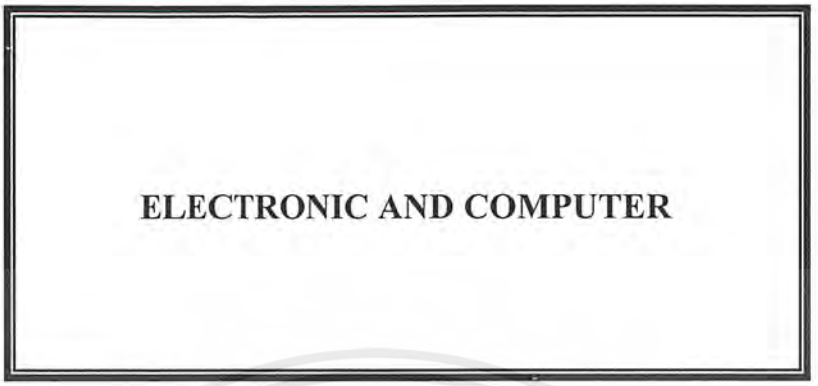
1. ประกอบวงจรตามรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 วงจรแสดงผล

2. จ่ายแรงดันไฟตรง +5 V ให้กับวงจร
3. ทดลองรวมอักษรที่สร้างเก็บไว้ในหน่วยความจำมาแสดงผลเป็นประโยคในรูปแบบอักษรภาษาอังกฤษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 การแสดงผลภาษาอังกฤษ

4. ทดลองรวมอักษรที่สร้างเก็บไว้ในหน่วยความจำมาแสดงผลเป็นประโยคในรูปแบบอักษรภาษาไทย

รูปที่ 4.11 การแสดงผลภาษาไทย

สรุปผลการทดลอง

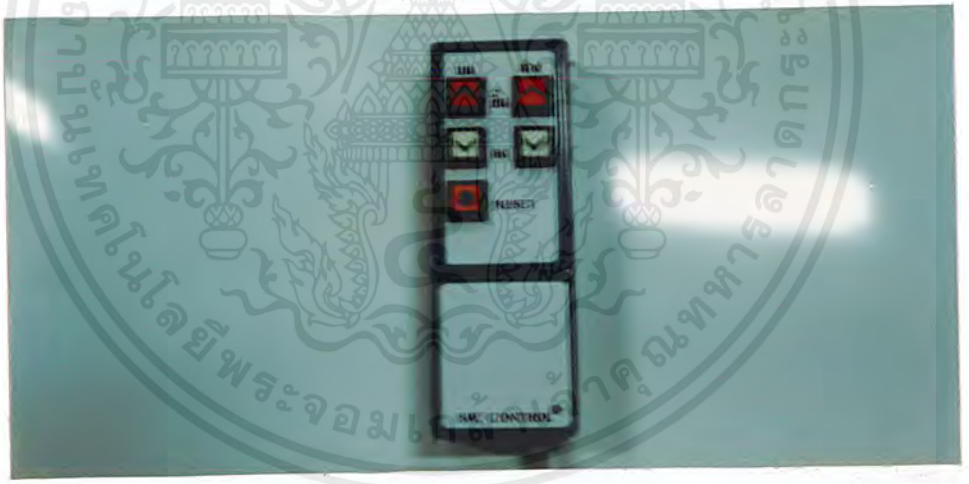
จากการทดลองจะพบว่าเมื่อเรากดคีย์ใดบนคีย์บอร์ดที่ตัว LCD ก็จะแสดงตัวอักษรตามคีย์ที่กด จากนั้นถ้าหากเรากดคีย์ T/E แล้วทดลองกดคีย์ใดๆอีกครั้ง ที่ตัว LCD ก็จะเปลี่ยนการแสดงผลจากภาษาอังกฤษมาเป็นภาษาไทยตามคีย์ที่เรากด ถ้าเรากดคีย์ T/E อีกครั้งที่ตัว LCD ก็จะกลับมาแสดงผลเป็นภาษาอังกฤษอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.4 การทดลองระบบการยกเตียง

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์เข้าเครื่องควบคุม
2. กดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนบนขึ้น สังเกตการเปลี่ยนแปลง
3. กดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนบนลง สังเกตการเปลี่ยนแปลง
4. กดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนล่างขึ้น สังเกตการเปลี่ยนแปลง
5. กดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนล่างลง สังเกตการเปลี่ยนแปลง
6. กดปุ่มรีเซต สังเกตการเปลี่ยนแปลง
7. กดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนบน ขึ้นและลงพร้อมกัน สังเกตการเปลี่ยนแปลง
8. กดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนล่าง ขึ้นและลงพร้อมกัน สังเกตการเปลี่ยนแปลง
9. กดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนบน และส่วนล่างขึ้นพร้อมกัน สังเกตการเปลี่ยนแปลง
10. กดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนบน และส่วนล่างลงพร้อมกัน สังเกตการเปลี่ยนแปลง



รูปที่ 4.12 รีโมทควบคุม

ผลการทดลอง

จากการทดลองปรับระดับของเตียงตามลำดับขั้นการทดลองสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้ คือ

1. เมื่อกดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนบนขึ้น สังเกตได้ว่าเตียงส่วนบนจะค่อย ๆ ยกส่วนบนของเตียงขึ้น จนกว่าจะปล่อยปุ่มที่กด เตียงก็จะหยุด แต่เมื่อกดปุ่มต่อเตียงก็จะยกขึ้นไปอีกจนถึงระดับสูงสุดที่ตั้งไว้ ก็จะหยุดเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เมื่อกดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนบนลง สังเกตได้ว่าเตียงส่วนบนจะค่อย ๆ ลดระดับลง (หลังจากที่ปรับขึ้นจนสุดในผลการทดลองข้อที่ 1) จนกว่าจะปล่อยปุ่มที่กด เตียงก็จะหยุด แต่เมื่อกดปุ่มต่อเตียงก็จะลดระดับลงมาอีกจนสุด ก็จะหยุดเอง

3. เมื่อกดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนล่างขึ้น สังเกตได้ว่าเตียงส่วนล่างจะค่อย ๆ ยกขึ้น จนกว่าจะปล่อยปุ่มที่กด เตียงก็จะหยุด แต่เมื่อกดปุ่มต่อเตียงก็จะยกขึ้นไปอีกจนถึงระดับสูงสุดที่ตั้งไว้ก็จะหยุดเอง

4. เมื่อกดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนล่างลง สังเกตได้ว่าเตียงส่วนล่างจะค่อย ๆ ลดระดับลง (หลังจากที่ปรับขึ้นจนสุดในผลการทดลองข้อที่ 3) จนกว่าจะปล่อยปุ่มที่กด เตียงก็จะหยุด แต่เมื่อกดปุ่มต่อเตียงก็จะลดระดับลงมาอีกจนสุด ก็จะหยุด

5. เมื่อกดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนบนขึ้นและลงพร้อมกัน สังเกตได้ว่าเตียงส่วนบนจะหยุดอยู่กับที่ ไม่มีการเปลี่ยนระดับ

6. เมื่อกดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนล่างขึ้นและลงพร้อมกัน สังเกตได้ว่าเตียงส่วนล่างก็หยุดอยู่กับที่ ไม่มีการเปลี่ยนระดับ เช่นกัน

7. เมื่อกดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนบนและล่างให้ขึ้นพร้อมกัน สังเกตได้ว่าเตียงส่วนบนและส่วนล่างก็จะปรับระดับขึ้นพร้อมกันทั้งคู่

8. เมื่อกดปุ่มปรับระดับเตียงส่วนบนและล่างให้ลงพร้อมกัน สังเกตได้ว่าเตียงส่วนบนและส่วนล่างก็จะปรับระดับลงพร้อมกันทั้งคู่ เช่นกัน

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองควบคุมการปรับระดับของเตียงผู้ป่วยทั้งขึ้นและลงด้วยสวิตช์ควบคุม สามารถที่จะทำการควบคุมการปรับระดับได้ตามที่ระบุไว้อย่างอิสระต่อกัน สามารถป้องกันการกดปรับระดับขึ้นลงพร้อมกันได้ ทำให้ผู้ป่วยสามารถใช้งานได้ง่าย

หมายเหตุ ผลการทดลองนี้เป็นการทดลองในขณะที่ไม่มีผู้ป่วยนอนอยู่บนเตียง

4.5 ผลทดลอง และสรุป

เตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัตินี้ ได้ถูกออกแบบมาเพื่อให้มีความสะดวกในการ การใช้และง่ายในการควบคุมการปรับระดับขึ้น หรือลง เพียงแค่กดรีโมทคอนโทรล ก็สามารถควบคุมปรับระดับได้แล้ว เพียงแค่ปลายนิ้วสัมผัส ส่วนในการแสดงชื่อผู้ป่วยด้วย จอ LCD นั้น สามารถรับค่าจากคีย์บอร์ดมาแสดงได้บางส่วน แต่ก็ยังต้องมีบางส่วนที่ต้องปรับปรุงกันต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไขและพัฒนา

5.1 บทสรุป

จากการทำงานของเตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัตินี้ จะพบว่าเตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัตินี้ผู้ใช้สามารถที่จะควบคุมการใช้งานได้ง่าย เพียงทำการกดสวิตช์ที่รีโมทซึ่งเป็นรีโมทที่มีสายต่อไปยังเครื่องควบคุม เตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัตินี้จะมีความคล่องตัวมากกว่าเตียงผู้ป่วยแบบธรรมดาที่ใช้การหมุนในการบ่รับเปลี่ยนระดับการขึ้นลงของเตียง การเปลี่ยนระดับการขึ้นลงของเตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัตินี้จะมีความนุ่มนวลและต่อเนื่องกว่าเตียงผู้ป่วยแบบธรรมดาไม่เกิดการสะดุดในช่วงที่ทำการปรับเปลี่ยนระดับการขึ้น-ลงของเตียงทำให้ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ป่วย นอกจากนี้เตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติยังมีส่วนที่แสดงผลรายชื่อของผู้ป่วย ซึ่งส่วนแสดงผลนี้จะใช้แทนการใช้กระดาษจดทำให้เกิดความสะดวกและประหยัดการใช้กระดาษเพราะส่วนแสดงผลนี้สามารถที่จะลบข้อมูลหรือทำการเปลี่ยนข้อมูลใหม่ได้ตามที่เราต้องการ เตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัตินี้จึงนับว่าเป็นการอำนวยความสะดวกแก่คนไข้, ผู้ดูแลคนไข้, แพทย์, และพยาบาลเป็นอย่างมาก

ข้อดีของเตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติคือ สามารถทำงานได้ใกล้เคียงกับเตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติที่สั่งซื้อจากต่างประเทศ แต่ราคาถูกกว่ามากและยังเป็นการประยุกต์ใช้เตียงผู้ป่วยแบบธรรมดาที่มีใช้อยู่ในโรงพยาบาลทั่วๆ ไปให้เป็นเตียงผู้ป่วยแบบระบบอัตโนมัติโดยที่ไม่ต้องทิ้งของเดิมที่มีอยู่

ส่วนข้อเสียของเตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติคือ ในส่วนของราคาของอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติโดยเฉพาะมอเตอร์และจอแสดงผลซึ่งมีราคาแพงและหาซื้อยากถ้าลดราคาในส่วนนี้ได้จะทำให้ประหยัดต้นทุนในการสร้างเตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติได้อีกมาก

5.2 ปัญหาในการทำงาน

1. ในส่วนของการสร้างระบบกลไก ผู้จัดทำโครงงานนี้มีความรู้ยังไม่ดีพอในเรื่องของการติดตั้งมอเตอร์และระบบกลไกต่างๆ ทำให้มีความล้าช้าในการออกแบบและการสร้าง

2. ในส่วนของวงจรภาคต่างๆ ต้องใช้เวลาในการออกแบบและทำการทดลองอยู่หลายครั้งจนกว่าจะได้วงจรที่ทำงานได้อย่างสมบูรณ์แบบ จึงทำให้การดำเนินงานล้าช้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การเขียนโปรแกรมในส่วนของการแสดงผล คณะผู้จัดทำโครงงานนี้ก็มีความรู้ไม่ดีพอในเรื่องของการเขียนโปรแกรมติดต่อกับคีย์บอร์ด ทำให้การทำงานในส่วนของการเขียนโปรแกรมเป็นไปอย่างล้าช้า เพราะต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมและขอคำแนะนำเพิ่มเติมจากผู้ที่มีความรู้ในเรื่องของการเขียนโปรแกรม

4. ในการเขียนโปรแกรมในการแสดงผลภาษาไทย แบบรับค่าจากคีย์บอร์ดแล้วนำมาแสดงที่จอแสดงผลนั้นไม่สามารถที่ทำได้เนื่องจากคุณสมบัติบางประการของจอ LCD

5.3 การแก้ปัญหา

1. พยายามศึกษาระบบกลไกของเตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติที่สั่งซื้อมาจากต่างประเทศและเตียงผู้ป่วยแบบธรรมดาที่ใช้กันอยู่ทั่วไปตามโรงพยาบาลทั่วไป และนำความรู้ที่ได้มาช่วยในการออกแบบระบบกลไกของเตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัตินี้ให้มีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น

2. ในส่วนของการออกแบบวงจรควบคุม ได้ทำการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับวงจรควบคุมและนำความรู้ที่ได้มาช่วยในการออกแบบวงจร และทำการทดลองจนได้ผลตามที่ต้องการแล้วจึงนำไปประกอบเป็นวงจรที่เสร็จสมบูรณ์

3. ในส่วนของการเขียนโปรแกรมเพื่อติดต่อกับคีย์บอร์ด ต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมและสอบถามจากผู้ที่มีความรู้ให้มากขึ้น เพื่อที่จะได้นำใช้เป็นแนวทางในการเขียนโปรแกรม

4. ในส่วนของการแสดงผลจำเป็นต้องเปลี่ยนรูปแบบการแสดงผลในบางส่วนของ หน้าจอการแสดงผล

5.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงงาน

1. มีความรู้ในเรื่องการออกแบบระบบกลไกและชิ้นส่วนในด้านเครื่องกล

2. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการออกแบบวงจรควบคุมต่างๆ มากขึ้น

3. มีความรู้ความชำนาญในการเขียนโปรแกรมและการใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์ต่างๆ มากขึ้น

4. มีความรู้ในการออกแบบวงจรและการต่อวงจรมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

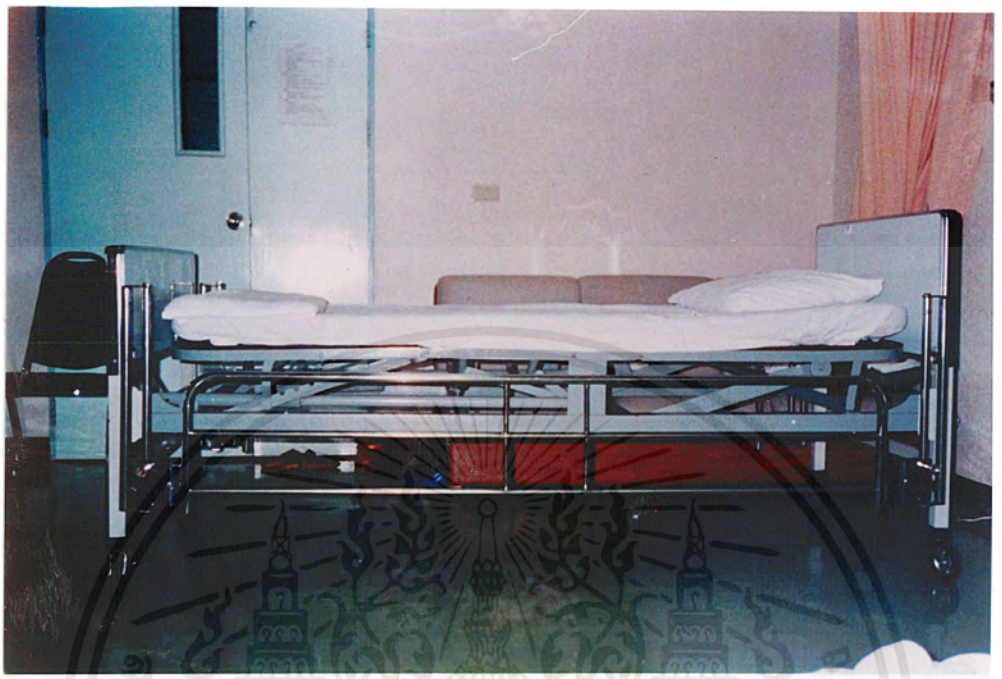
5.5 แนวทางในการพัฒนา

1. ออกแบบวงจรให้มีประสิทธิภาพมากกว่านี้
2. ออกแบบให้เตียงสามารถปรับส่วนต่างๆได้มากขึ้น
3. ในส่วนของการแสดงผลต้องแสดงรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับผู้ป่วยให้มากกว่านี้

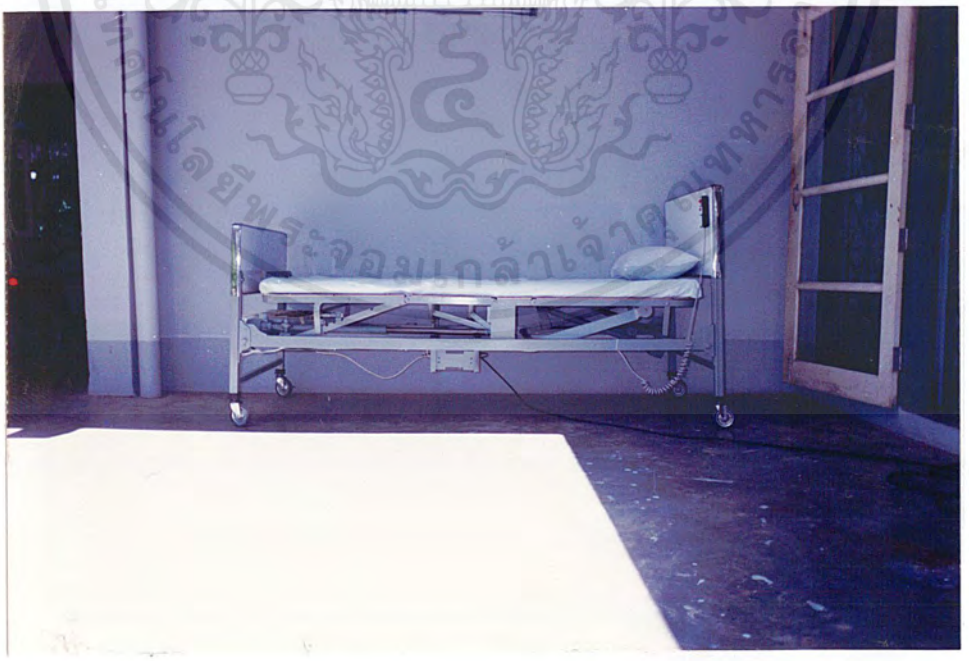
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
รูปต้นแบบของเตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

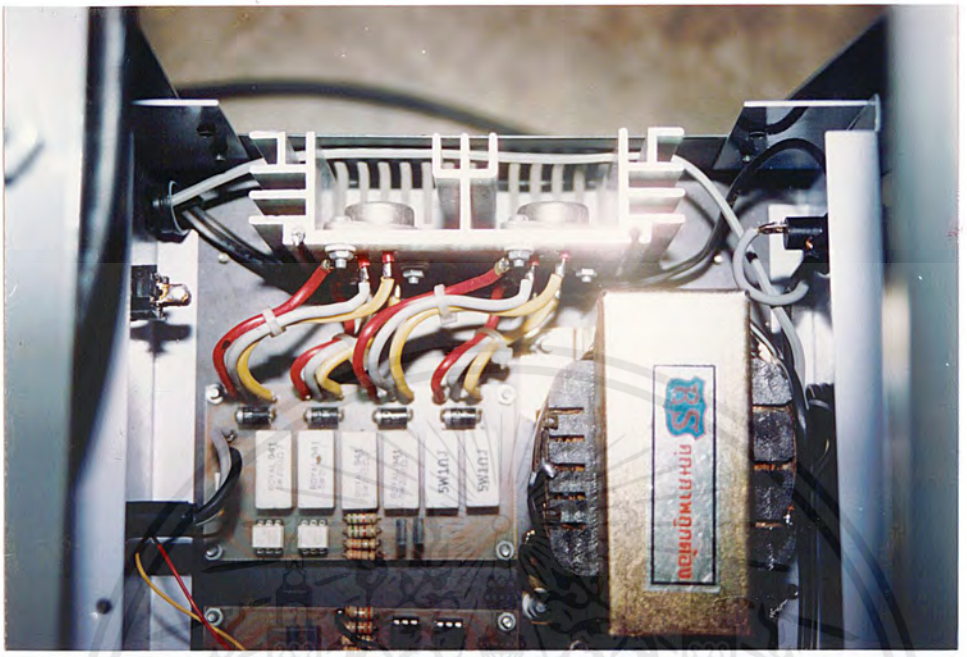


รูปที่ ก.1 เตียงผู้ป่วยแบบธรรมดาที่ใช้ในโรงพยาบาลทั่วๆ ไป

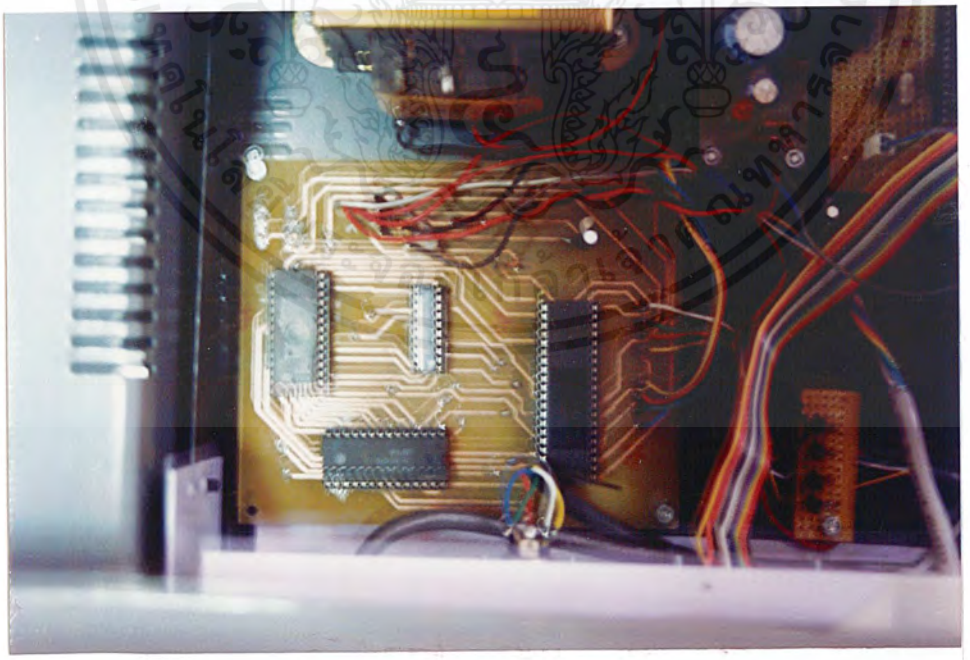


รูปที่ ก.2 เตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



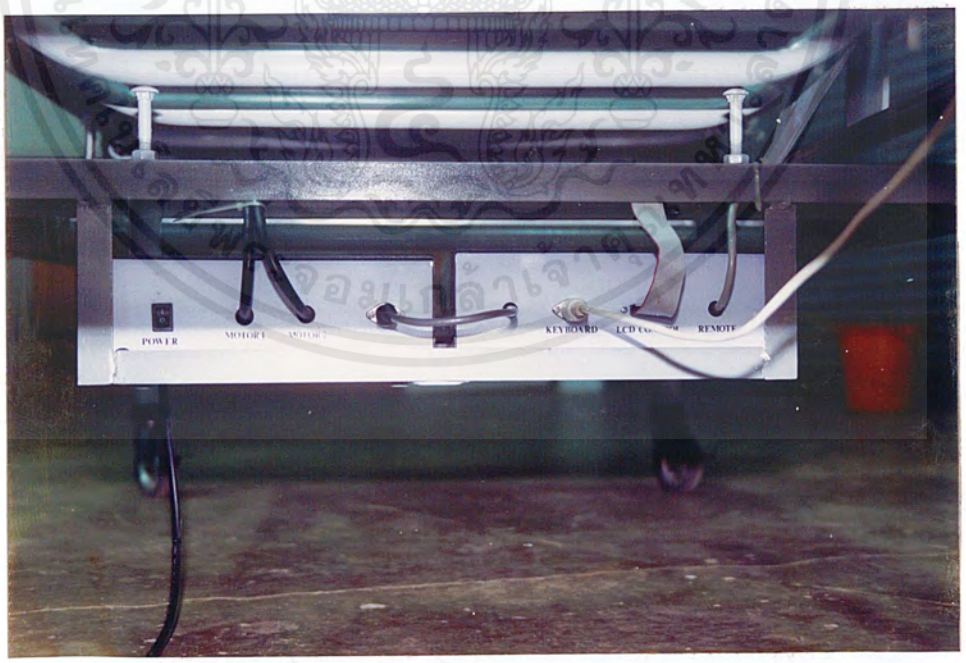
รูปที่ ก.3 วงจรควบคุมมอเตอร์



รูปที่ ก.4 วงจรคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

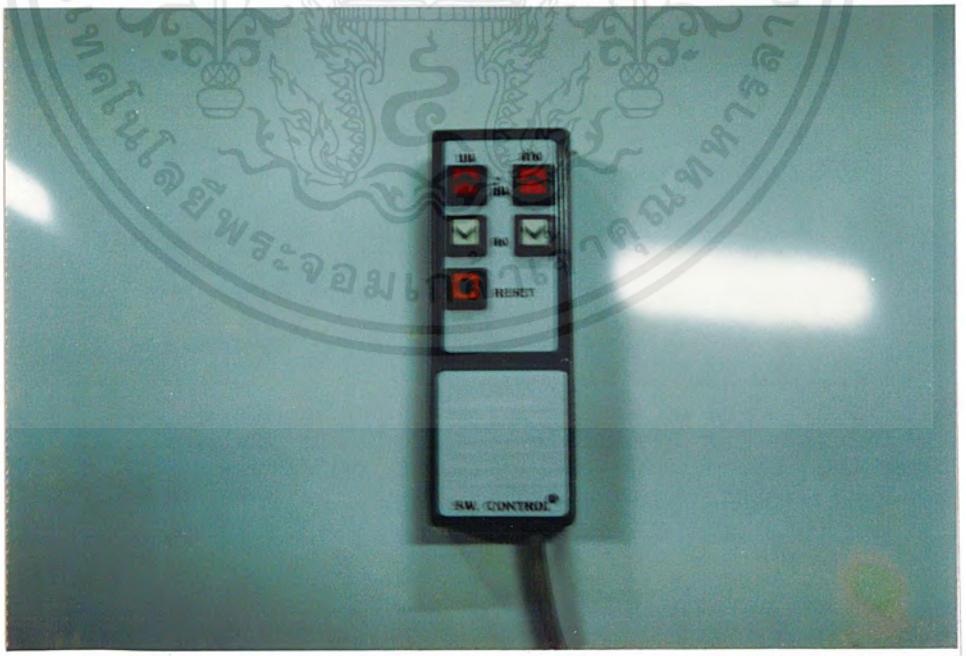
รูปที่ ก.5 แอคทูเอเตอร์มอเตอร์



รูปที่ ก.6 เครื่องควบคุมมอเตอร์

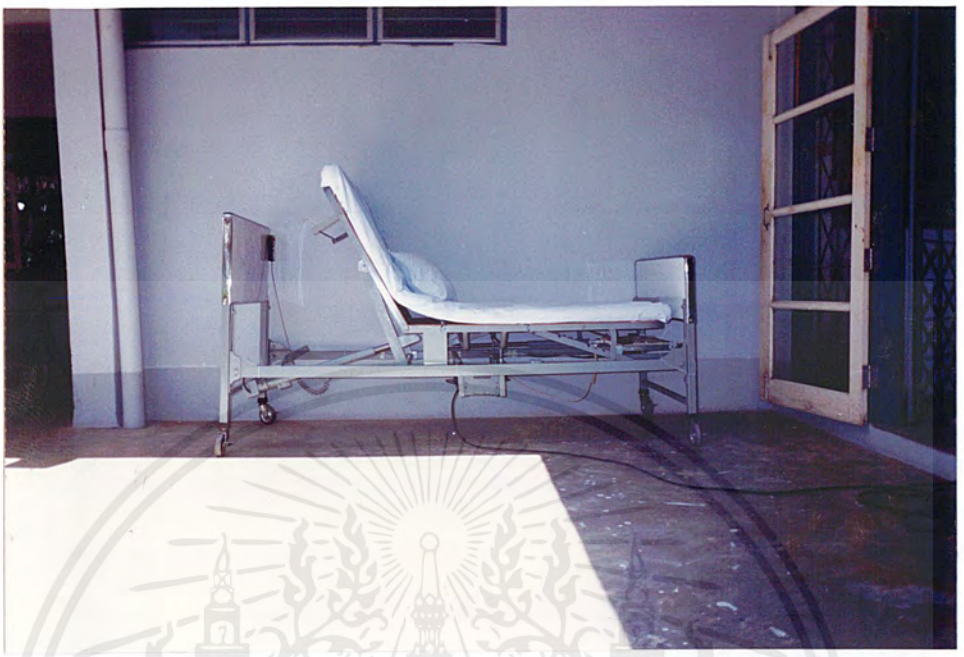
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.7 จอแสดงผล LCD

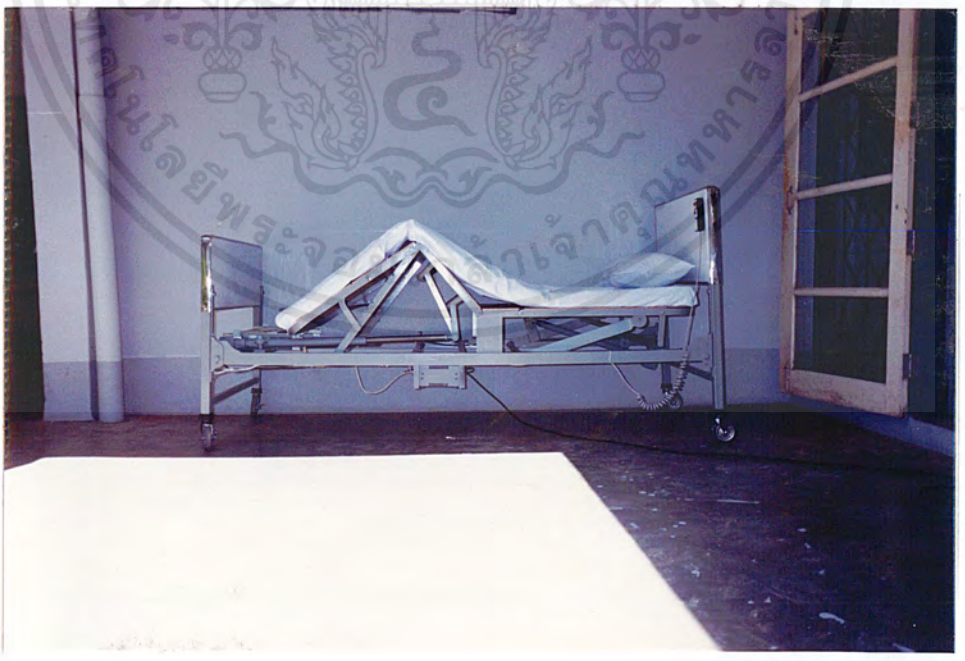


รูปที่ ก.8 รีโมทคอนโทรลแบบมีสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.9 ลักษณะการควบคุมเตียงส่วนบนขึ้น-ลง

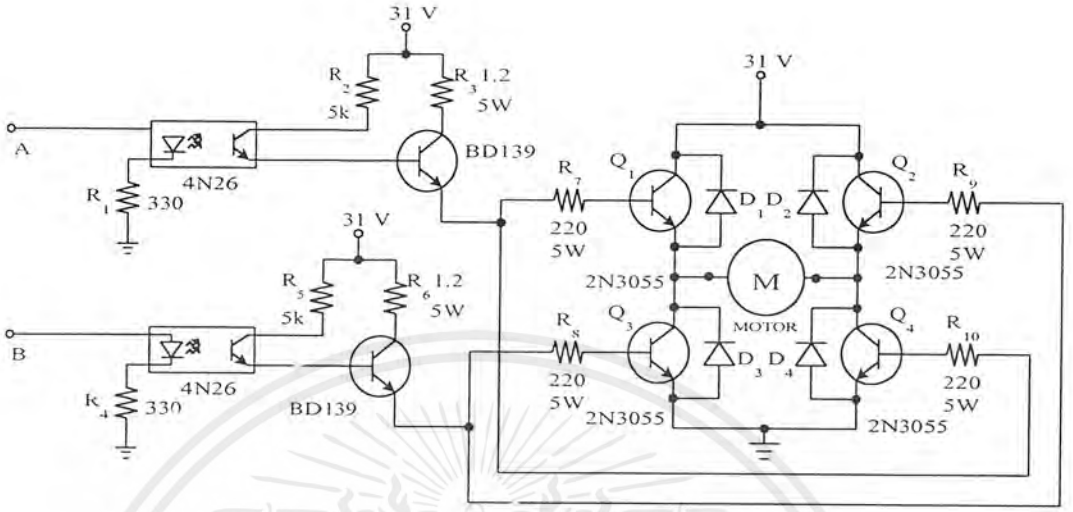


รูปที่ ก.10 ลักษณะการควบคุมเตียงส่วนล่างขึ้น-ลง

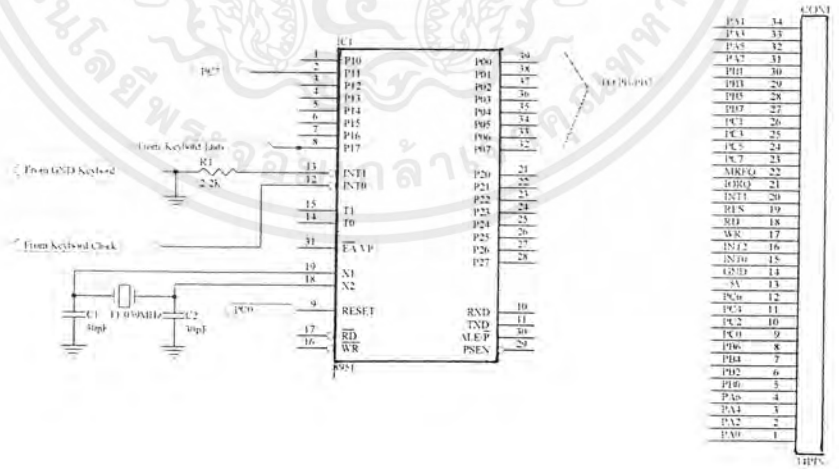
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
วงจรและแผ่นพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

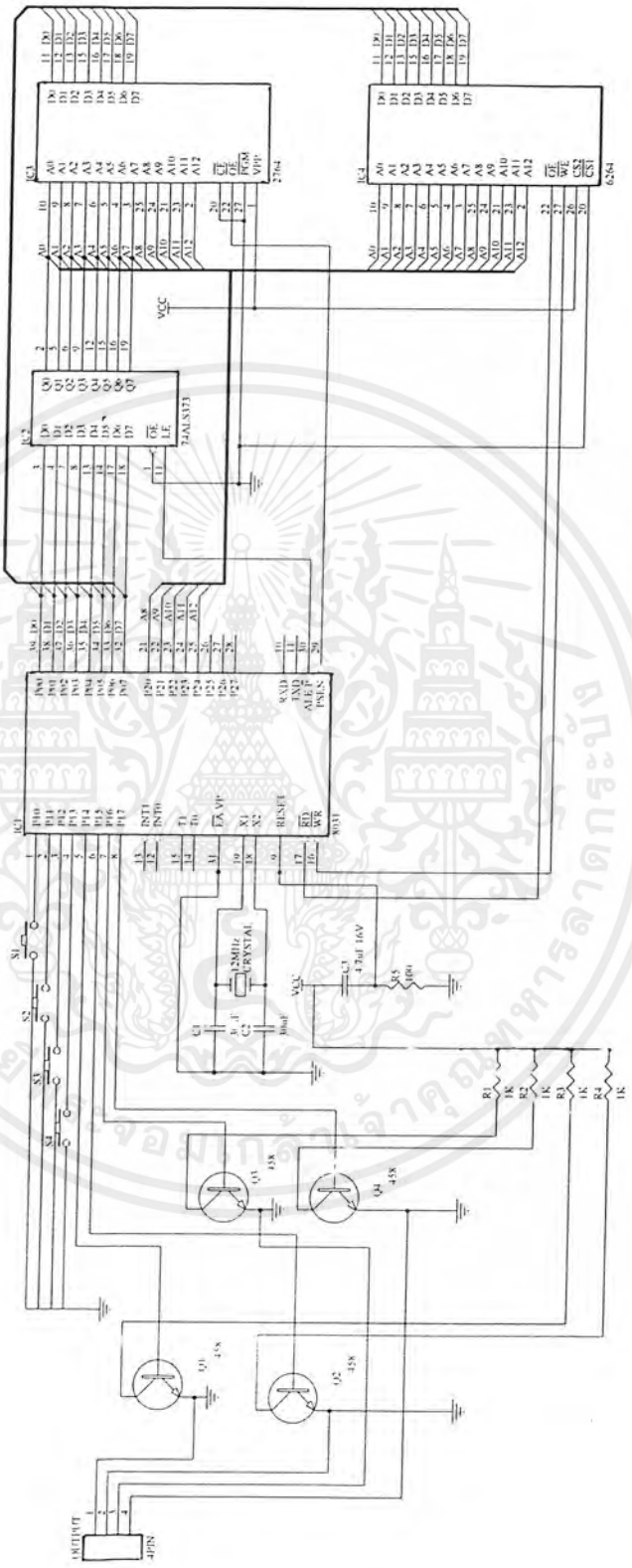


รูปที่ ข.1 วงจรควบคุมมอเตอร์



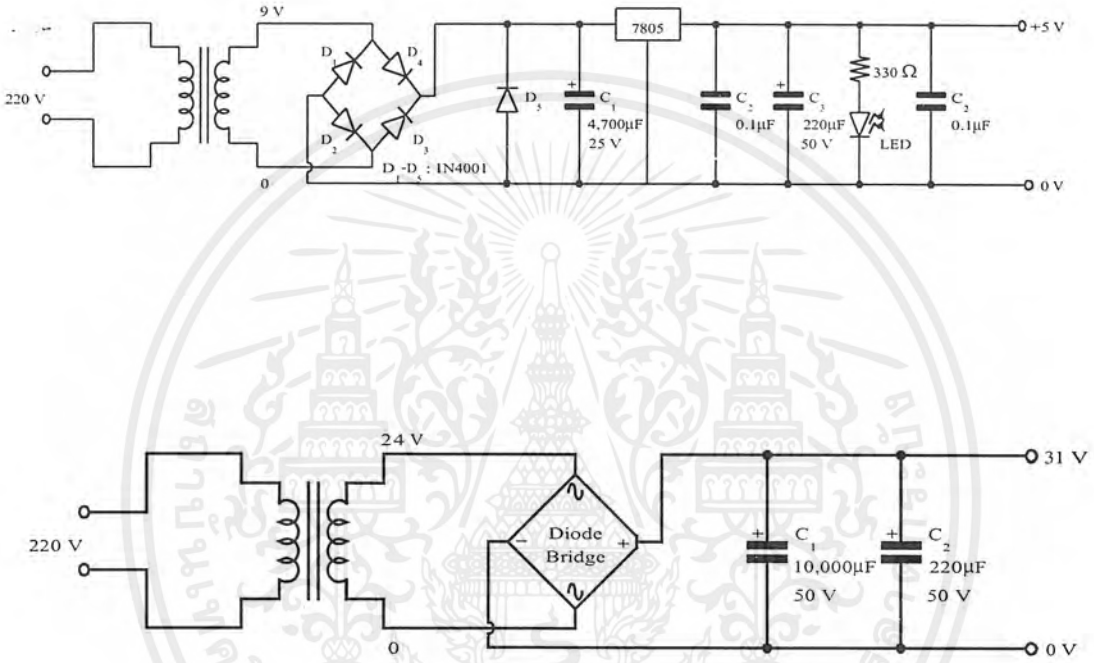
รูปที่ ข.2 วงจรสแกนคีย์บอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



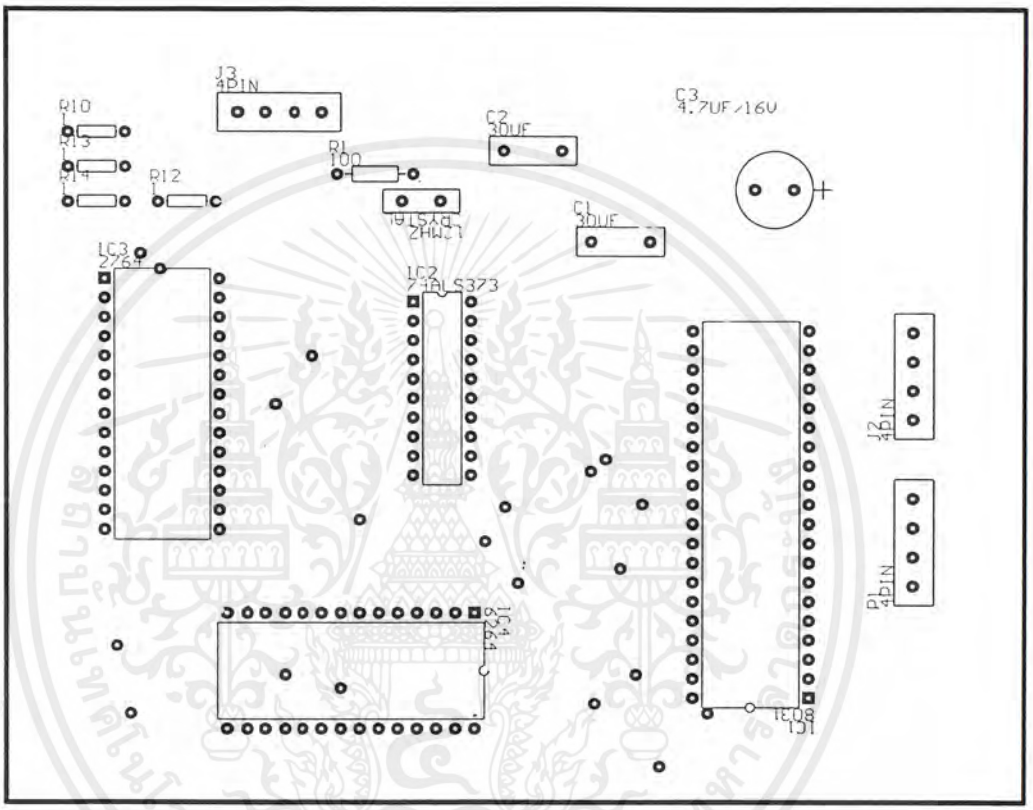
รูปที่ ข.3 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



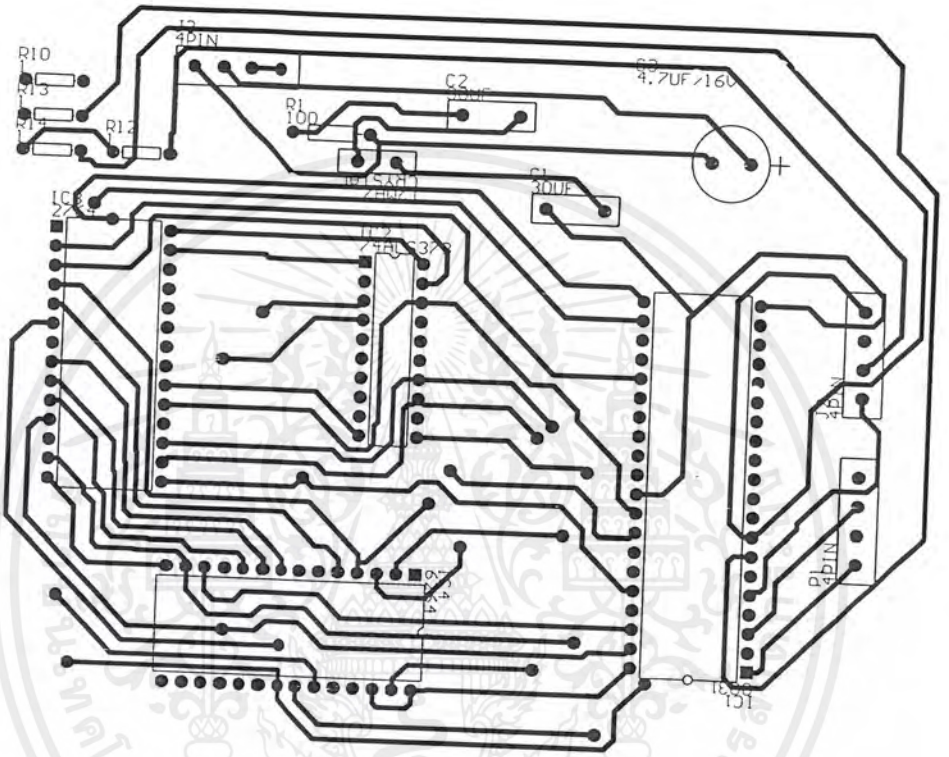
รูปที่ ข.4 วงจรภาคจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



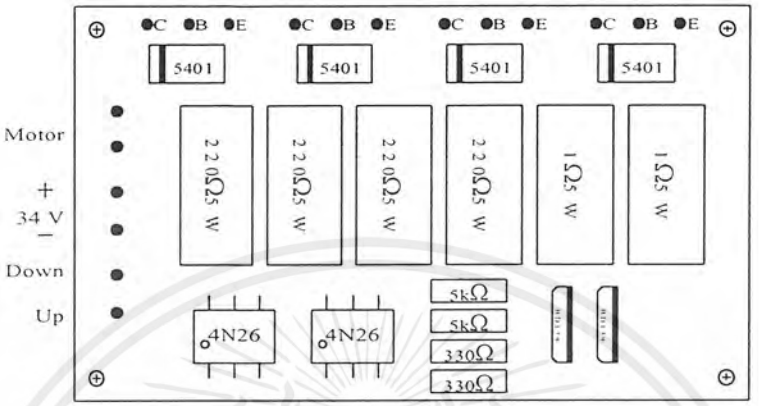
รูปที่ ข.5 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

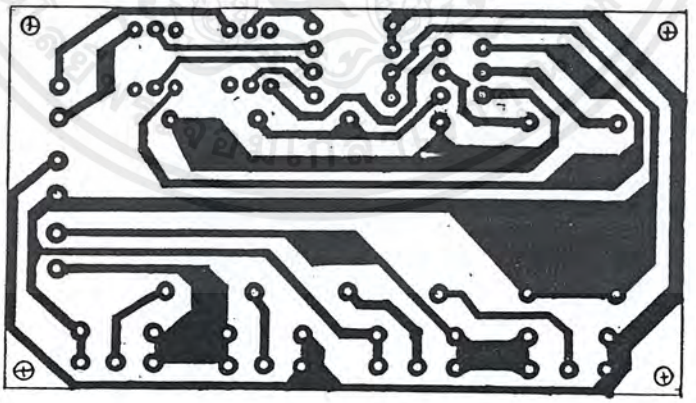


รูปที่ ข.6 ลายวงจรพิมพ์วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.7 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์วงจรควบคุมมอเตอร์



รูปที่ ข.8 ลายวงจรพิมพ์วงจรควบคุมมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์

วงจรภาคจ่ายไฟ

หม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 24 V 4 A	1 ตัว
หม้อแปลงไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 9 V 2 A	1 ตัว

ตัวต้านทาน (ขนาด ½ วัตต์ ± 5 %)

R 330 Ω	1 ตัว

ตัวเก็บประจุ

C_1 10,000 μF 50 V อิเล็กโตรไลต์	1 ตัว
C_2 220 μF 50 V อิเล็กโตรไลต์	1 ตัว
C_3 4,700 μF 25 V อิเล็กโตรไลต์	1 ตัว
C_4 220 μF 25 V อิเล็กโตรไลต์	1 ตัว
C_5 0.1 μF ไมลาร์	2 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

ไดโอดเร็กติไฟร์แบบบริดจ์ขนาด 5 A	1 ชุด
ไดโอด 1N4001	1 ตัว
ไดโอด 1N4002	4 ตัว
LED	1 ตัว
IC 7805	1 ตัว

อุปกรณ์อื่นๆ

$Fuse_1$, $Fuse_2$ ขนาด 2 A	2 ตัว

วงจรควบคุมมอเตอร์

ตัวต้านทาน (ขนาด1/2วัตต์ ± 5 %)

R1 330Ω	2 ตัว
R2 5KΩ	2 ตัว

ตัวต้านทาน (ขนาด 5วัตต์)

R3 1Ω	2 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Opto1-Opto2	4N26	2 ตัว
Tr1-Tr2	BD139	2 ตัว

วงจรขับมอเตอร์

ตัวต้านทาน (ขนาด 5 วัตต์)

R1-R4 220Ω	4 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

D1-D4 1N5401	4 ตัว
Tr1-Tr4 2N3055	4 ตัว

วงจรแสดงผล

จอ LCD Graphic DV-12864	1 ชุด

บอร์ดแสดงผล

CP-Z80 V1 (ETT)	1 ชุด

วงจรติดต่อคีย์บอร์ด

ตัวต้านทาน (ขนาด ½ วัตต์ ± 5 %)

R1 2.2KΩ	1 ตัว
R2 1KΩ	1 ตัว

ตัวเก็บประจุ

C1-C2 30pF	2 ตัว
C3 4.7uF 50V	1 ตัว

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

MCS-8951	1 ตัว

อุปกรณ์อื่นๆ

LED	8 ตัว
X-TAL	1 ตัว
Dipswitch	1 ตัว
Connector Keyboard	1 ตัว
สายไฟ	

วงจรควบคุมคอนโทรลเลอร์

ตัวต้านทาน (ขนาน ½ วัตต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R1 1KΩ	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ	
C1-C2 30pF	2 ตัว
C3 4.7uF 50V	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ	
MCS-8031	1 ตัว
EPROM (27256)	1 ตัว
RAM (6264)	1 ตัว
IC 74373	1 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ	
X-TAL 11.0592MHz	1 ตัว
Dipswitch	1 ตัว
Switch	5 ตัว
สายไฟ	
แผ่นปริ๊นเอนกประสงค์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

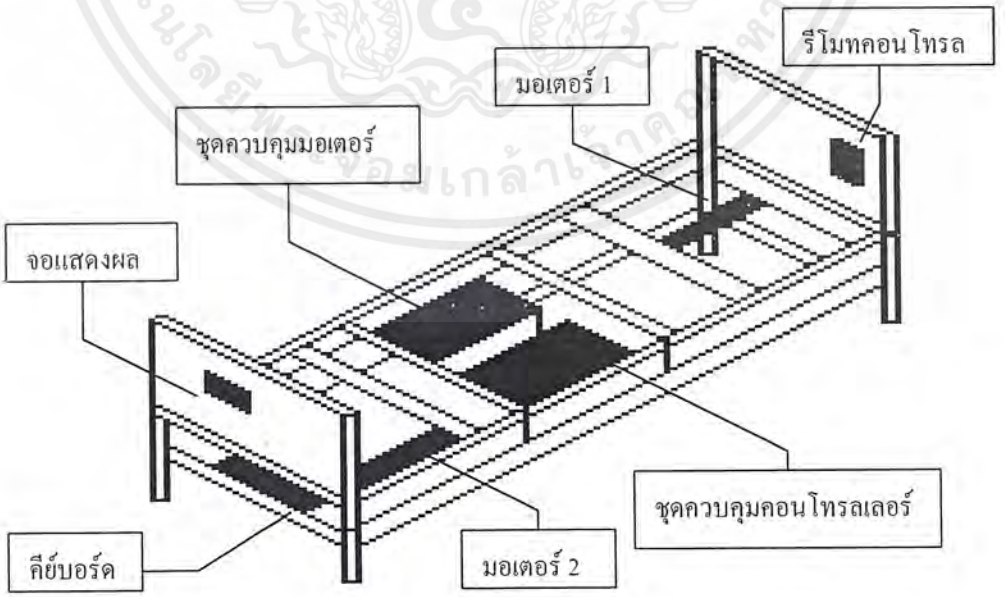
คู่มือการใช้งานเตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติ

เตียงผู้ป่วยแบบธรรมดาที่มีใช้อยู่ทั่วไปในปัจจุบัน ต้องใช้แรงคนในการหมุนคันหมุนเมื่อต้องการปรับระดับส่วนต่างๆ ของเตียงผู้ป่วย ในการเปลี่ยนอริยาบทของผู้ป่วย หรือ เพื่ออำนวยความสะดวก ในการรักษาพยาบาลผู้ป่วย ของแพทย์และพยาบาล ผู้ดูแลคนป่วย หรือตัวผู้ป่วยเองซึ่งทำได้ยากลำบาก ซึ่งจุดนี้จึงเกิดแนวความคิดที่จะสร้างเตียงผู้ป่วยในแบบธรรมดามาติดตั้งชุดควบคุม ให้สามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติ ง่ายต่อการควบคุมเพียงแค่กดปุ่มสวิตช์ก็สามารถเคลื่อนที่ส่วนต่างๆ ได้ตามสะดวก

และในขณะเดียวกันในส่วนของการแสดงผลที่จอ LCD นั้นก็มีบทบาทเข้ามาแทนที่กระดาษโน้ต ของแพทย์และพยาบาล เพื่อสะดวกในการนำเสนอข้อมูล เกี่ยวกับประวัติของตัวผู้ป่วยที่เข้ามารักษา หรือ ข้อความที่สำคัญบ้างอย่าง โดยสามารถนำเสนอได้หลายรูปแบบผ่านจอ LCD ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อแพทย์ พยาบาล และญาติของผู้ป่วยที่มาเยี่ยม เป็นต้น

วิธีการใช้งานส่วนต่างๆ ของระบบควบคุมเตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติ

เตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติประกอบด้วยส่วนต่างๆ ที่ใช้ในการควบคุมดังต่อไปนี้ เครื่องควบคุมมอเตอร์, ชุดควบคุมไมโครคอนโทรเลอร์, รีโมทคอนโทรลและคีย์บอร์ด ดังรูปที่ ง.1 ซึ่งจะแสดงตำแหน่งการติดตั้งของอุปกรณ์ต่างๆ ของเตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติ

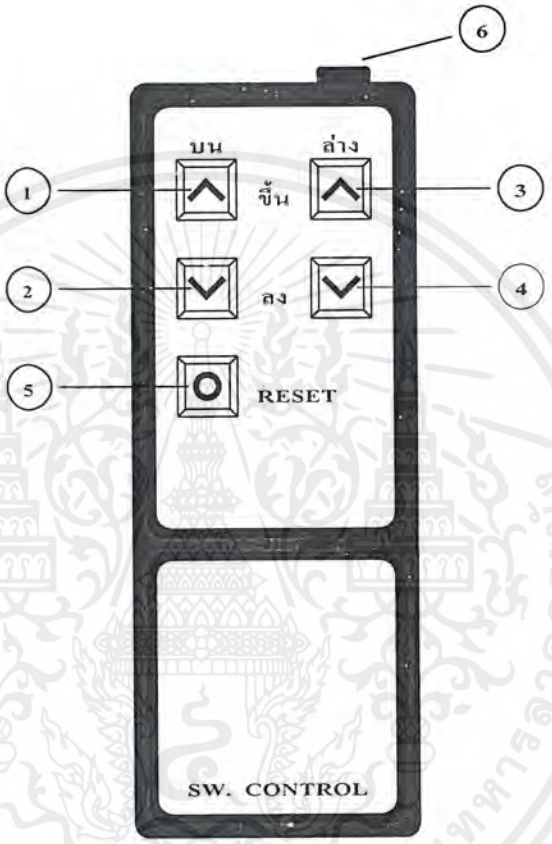


รูปที่ ง.1 ส่วนประกอบต่างๆ ของเตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดรีโมทคอนโทรล

ซึ่งประกอบด้วยชุดสวิตช์ควบคุมที่ใช้ในการควบคุมการปรับระดับของเตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติ หน้าปัทม์ของชุดสวิตช์ควบคุมประกอบด้วยสวิตช์ควบคุม ดังต่อไปนี้



รูปที่ ง.2 รีโมทคอนโทรลแบบมีสาย

1. สวิตช์รีเซตระบบ (หมายเลข 5) เป็นสวิตช์ที่ใช้ในกรณีที่ต้องการปรับระดับของเตียงส่วนบนและส่วนล่างให้ลงพร้อมกัน

2. สวิตช์ปรับระดับขึ้นลงของกลไกของเตียงผู้ป่วยให้ปรับระดับเตียงขึ้นลงตามต้องการซึ่งจะมีทั้งหมด 4 สวิตช์ คือ ปรับระดับในส่วนบน ขึ้น- ลง 2 สวิตช์ และ ปรับระดับส่วนในล่าง ขึ้น-ลง อีก 2 สวิตช์ โดยสามารถแยกการอธิบายในแต่ละสวิตช์ได้ดังนี้

- กดสวิตช์ปรับระดับเตียงส่วนบน ขึ้น (หมายเลข 3) เตียงส่วนบนก็จะทำการปรับระดับให้สูงขึ้นไปเรื่อยๆ จนกว่าจะปล่อยสวิตช์นี้ ก็จะหยุด ถ้าในกรณีที่กดสวิตช์นี้จน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตียงปรับระดับสูงไปเรื่อยๆจนสูงสุดมอเตอร์จะหยุดทำงาน แม้จะกดสวิตช์ ซ้ำอีกก็จะไม่ยกระดับขึ้นอีก

- กดสวิตช์ปรับระดับเตียงส่วนบน ลง (หมายเลข 2) เตียงส่วนบนก็จะทำการปรับระดับให้ลดลงไปเรื่อยๆ จนกว่าจะปล่อยสวิตช์นี้ ก็จะหยุด ถ้าในกรณีที่กดสวิตช์นี้จนเตียงปรับระดับลงไปต่ำสุดแล้วมอเตอร์ก็จะหยุดทำงาน แม้จะกดสวิตช์ ซ้ำอีกก็จะไม่ลดระดับลงอีก

- กดสวิตช์ปรับระดับเตียงส่วนล่าง ขึ้น (หมายเลข 3) เตียงส่วนล่างก็จะทำการปรับระดับให้สูงขึ้นไปเรื่อยๆ จนกว่าจะปล่อยสวิตช์นี้ ก็จะหยุด ถ้าในกรณีที่กดสวิตช์นี้จนเตียงปรับระดับสูงไปเรื่อยๆจนสูงสุดมอเตอร์จะหยุดทำงาน แม้จะกดสวิตช์ซ้ำอีกก็จะไม่ยกระดับขึ้นอีก

- กดสวิตช์ปรับระดับเตียงส่วนล่าง ลง (หมายเลข 4) เตียงส่วนล่างก็จะทำการปรับระดับให้ลดลงไปเรื่อยๆ จนกว่าจะปล่อยสวิตช์นี้ ก็จะหยุด ถ้าในกรณีที่กดสวิตช์นี้จนเตียงปรับระดับลงไปต่ำสุดแล้วมอเตอร์ก็จะหยุดทำงาน แม้จะกดสวิตช์ ซ้ำอีกก็จะไม่ลดระดับลงอีก

3. จุดเชื่อมต่อไปยังชุดคอนโทรลเลอร์ (หมายเลข 6) โดยจะใช้สายชีลด์ซึ่งเป็นตัวนำสัญญาณจากรีโมท คอนโทรลไปประมวลผลในชุดคอนโทรลเลอร์เพื่อส่งควบคุมชุดมอเตอร์อีกต่อหนึ่ง

ในกรณีที่ต้องการให้การเคลื่อนที่ปรับระดับของเตียงทั้งสอง ส่วนบนและส่วนล่างเคลื่อนที่พร้อมๆ กัน นั้นไม่สามารถทำได้เนื่องจาก ไม่นิยมทำการปรับทั้งสองส่วนพร้อมๆ กัน เนื่องจากจะส่งผลกระทบต่อผู้ป่วยที่มีปัญหาเกี่ยวกับกระดูก ผู้จัดทำจึงออกแบบส่วนควบคุมนี้ให้ทำงานที่ละส่วนเท่านั้น

ชุดควบคุมคอนโทรลเลอร์

ชุดควบคุมคอนโทรลเลอร์นั้นเป็นชุดที่ใช้เป็นสื่อกลางในการส่งข้อมูลจากภาคอินพุตทั้งหมดโดยผ่านการประมวลผลคอนโทรลเลอร์ แล้วจึงส่งไปยังชุดควบคุมในส่วนต่างๆ ทั้งหมดที่มีในเตียงแบบอัตโนมัติ โดยผ่านจุดเชื่อมต่อดังต่อไปนี้

1. จุดต่อภาครับข้อมูลจากรีโมทคอนโทรล เป็นจุดต่อที่เชื่อมต่อกับชุดรีโมทคอนโทรลผ่านสายนำสัญญาณ เข้ามายังชุดคอนโทรลเลอร์

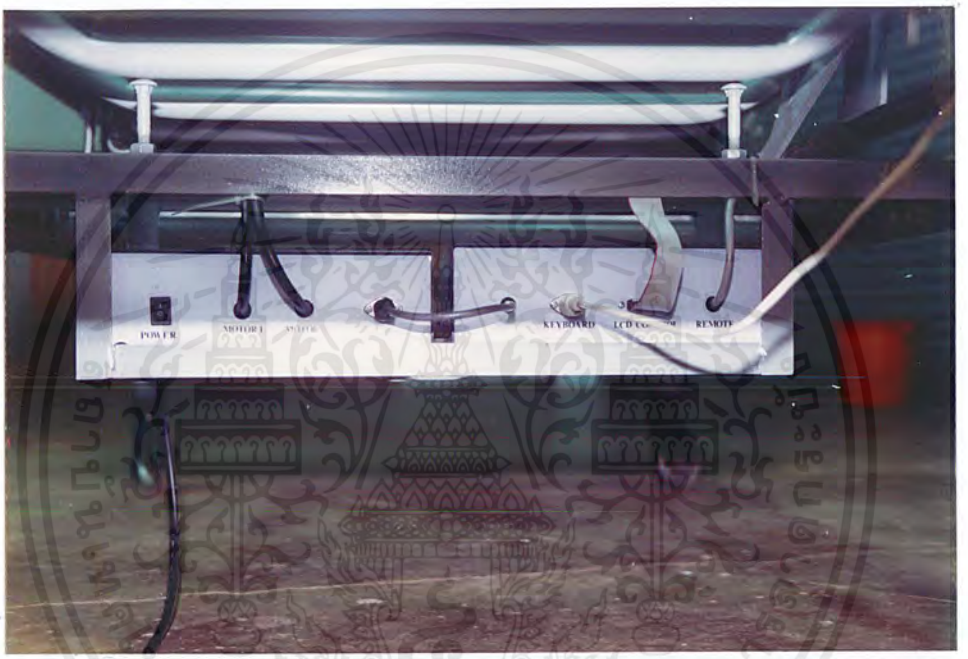
2. จุดต่อภาครับข้อมูลจากคีย์บอร์ด ซึ่งเป็นจุดต่อรับข้อมูลอนุกรมผ่านทางคอนเน็คเตอร์แบบ DIN5 ซึ่งจะอยู่หน้ากล่องชุดควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. จุดต่อภาคส่งข้อมูลจากภาคเอาต์พุตของวงจรคอนโทรลเลอร์ ไปยังชุดควบคุมมอเตอร์ ผ่านสายคอนเน็คเตอร์แบบ DIN5 ซึ่งจะอยู่หน้ากล่องชุดควบคุม

4. จุดต่อภาคส่งข้อมูลจากชุดคอนโทรลเลอร์คีย์บอร์ด ไปยังชุดควบคุมการแสดงผล ผ่านคอนเน็คเตอร์ 20 PIN ซึ่งจะอยู่หน้ากล่องชุดควบคุม

จุดต่อไฟฟ้า 220 โวลต์ เป็นจุดที่ใช้รับกระแสไฟฟ้าจากชุดควบคุมมอเตอร์



รูปที่ ง.3 หน้าปัทม์ของชุดควบคุมคอนโทรลเลอร์

ชุดควบคุมมอเตอร์

ในส่วนของชุดควบคุมมอเตอร์นั้น ถือว่าเป็นอุปกรณ์หลักที่สำคัญ ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ให้ทำงาน โดยจะทำงานร่วมกับชุดควบคุมคอนโทรลเลอร์ ที่ต่อรอรับคำสั่งจากชุด รีโมทคอนโทรลภายในเครื่องควบคุมมอเตอร์จะประกอบด้วยชุดขับมอเตอร์ และจุดต่อใช้งานต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. สวิตช์เปิดปิดเครื่อง (ON/OFF) ใช้ในการเปิดปิดเครื่อง โดยเมื่อต้องการควบคุมให้ชุดควบคุมมอเตอร์ทำงานก็ต้องกดสวิตช์ไปที่ตำแหน่ง ON เพื่อเป็นการเปิดเครื่องให้พร้อมในการทำงาน แต่เมื่อต้องการปิดเครื่องก็ต้องกดสวิตช์ไปที่ตำแหน่ง OFF เครื่องก็จะหยุดทำงาน สวิตช์เปิดปิดจะอยู่ที่ด้านหน้าของชุดควบคุม

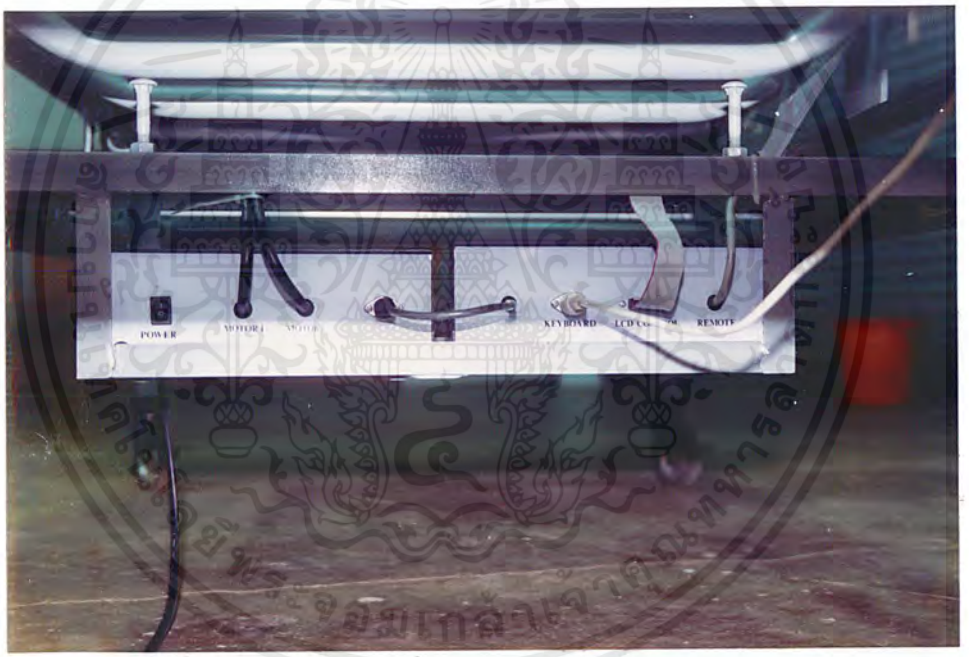
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.จุดต่อ ภาครับจากชุดคอนโทรลเลอร์ โดย เป็นจุดที่ต่ออยู่กับชุดวงจร คอนโทรลเลอร์ติดต่อกันผ่านคอนเน็คเตอร์ DIN5 จะอยู่ด้านหน้าของหน้าปัทม์

3.จุดต่อมอเตอร์ (MOTOR1,MOTOR2) เป็นจุดต่อ ออกจากชุดควบคุมมอเตอร์ไปควบคุมมอเตอร์ทั้งสองตัวโดยจุดนี้จะอยู่หลังชุดควบคุม

4. จุดต่อ ภาคจ่ายไฟ 220 โวลต์ ใช้เป็นจุดต่อเชื่อมระบบไฟฟ้ากระแสสลับ เข้าภายในของชุดควบคุม มอเตอร์ และยังต่อเป็นภาคเอาต์พุตจ่ายกระแสไฟฟ้า ไปยังชุด คอนโทรลเลอร์ทางจุดต่อ (OUTLESS)

5. จุดต่อกระบอกฟิวส์(FUSE) โดยจะเป็นกระบอกฟิวส์ขนาด 220 โวลต์ 3 แอมป์



รูปที่ ง.4 เครื่องควบคุมมอเตอร์

ชุดแสดงผล LCD

ส่วนของการแสดงผลรายชื่อผู้ป่วยนั้น จะถูกติดตั้งไว้ที่ท้ายเตียงโดยในตำแหน่งที่มองเห็นง่าย โดย ชุดแสดงผลจะถูกยึดติดกับแผ่นโฟร์เมการ์ พร้อม ชุด Z80 ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการแสดงผล โดยในส่วนของการแสดงผลนั้นจะถูกควบคุมโดยชุดคีย์บอร์ดคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีวิธีการใช้งานดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เมื่อกดสวิตช์เปิดชุดควบคุมมอเตอร์ก็จะมีกระแสไฟฟ้า ส่งไปยังส่วนคอนโทรลเลอร์ ซึ่งมีจุดต่อส่วนเดียวกัน ขณะเดียวกันชุดแสดงผลก็จะได้รับแรงดันไฟฟ้าพร้อมที่จะทำงาน

2. รอสักครู่จะปรากฏ ชื่อ และวันที่ ที่หน้าจอแสดงผล และรอรับการกดคีย์

3. การใช้งานจะใช้ก็คล้าย กับการใช้คีย์บอร์ดทั่วๆไป

4. ถ้าต้องการพิมพ์อักษรตัวใหญ่ก็สามารถกด คีย์ Caps lock หรือไม่ก็กดคีย์ Shift ค้างก็ได้

5. ต้องการเว้นข้อความ ก็สามารถใช้คีย์ Spacebar ได้

6. เมื่อต้องการลบข้อมูลให้กด คีย์ Delete หรือ คีย์ ← ก็ได้

7. เมื่อต้องการพิมพ์ข้อความบรรทัดทัดไปให้กดคีย์ Enter หรือ ↓ ก็ได้

8. เมื่อต้องการกลับไปพิมพ์ข้อความบรรทัดแรกใหม่ให้กดคีย์ ↑ ก็ได้

9. เมื่อต้องการเขียนหมายเลขนั้นจะสามารถใช้คีย์ตัวเลขที่อยู่บนคีย์บอร์ดบนคีย์ตัวอักษรได้เท่านั้น ไม่สามารถใช้คีย์ตัวเลขทางด้านขวามือได้

10. สามารถพิมพ์ข้อความได้ 8 ตัวอักษรต่อ 1 บรรทัด

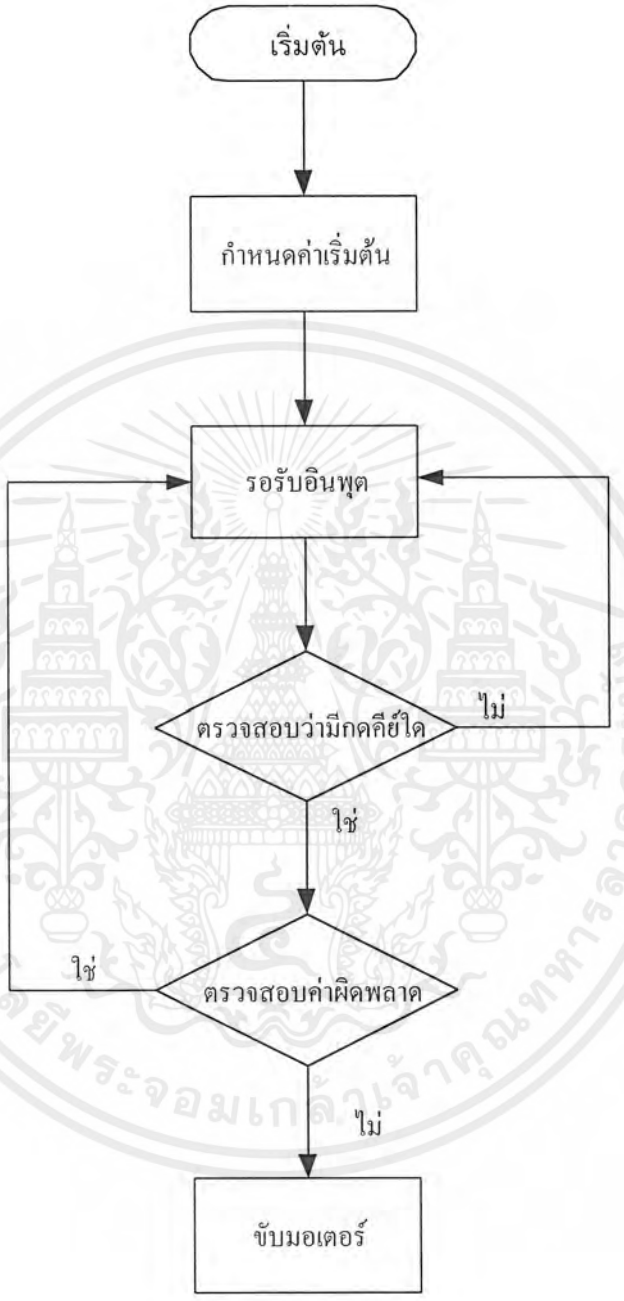
11. จอแสดงผลจะแสดงข้อความสุดท้ายที่ป้อนจนกว่าจะมีการป้อนข้อมูลใหม่

รูปที่ 5 จอแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ
ผังการทำงานและโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ.1 ผังงานของโปรแกรมควบคุมการทำงานของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
bouncd  EQU     20h
keybuf  EQU     50h
keyflag EQU     0F0h

;************************************
        org     0000h
        call    getkey
;************************************

getkey:         mov     p1,#0fh
scan:           call    keydown
                jz      scan
                call    check
                jbc     keyflag,scan
                mov     keybuf,a
                call    keydown
                jz      scan
                call    check
                jbc     keyflag,scan
                cjne    a,keybuf,scan

;************************************
;       goto    work
;************************************

                cjne    a,#1110b,down
                setb    p1.4
                call    delay
                ajmp    getkey
down1:          cjne    a,#1101b,up2
                setb    p1.5
                call    delay
                ajmp    getkey
up2:                  cjne    a,#1011b,down2
                setb    p1.6
                call    delay
                ajmp    getkey
down2:          cjne    a,#0111b,check
                setb    p1.7
                call    delay
                ajmp    getkey


;************************************
;     wait  for check key
;************************************
wait:           call    keydown
                jnz     wait
                call    keydown
                jnz     wait
                mov     a,keybuf
                ret
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

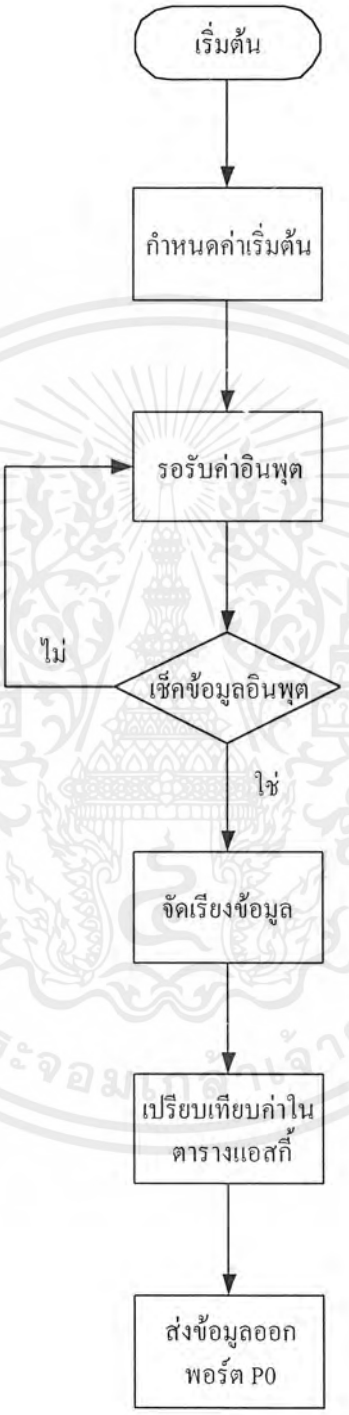
```
     ;************************************
     ;     get  key
     ;************************************

keydown:          mov     r1,p1
                  mov     a,#0fh
                  anl     a,r1
                  mov     r2,#0f0h
                  orl     a,r2
                  cpl     a

                  ret

     ;************************************
     ;   ckeck key
     ;************************************

  check:          clr     keyflag
                  clr     a
                  mov     r1,p1
                  cjne    r1,#1110b,key_1
                  mov     a,p1
                  ret
key_1:            cjne    r1,#1101b,key_2
                  mov     a,p1
                  ret
key_2:            cjne    r1,#1011b,key_3
                  mov     a,p1
                  ret
key_3:            cjne    r1,#0111b,badkey
                  mov     a,p1
                  ret
badkey:           setb    keyflag
                  ret


delay:            mov     r7,#8000H
delay1:           mov     th0,#0FEH
                  mov     tl0,#0CH
                  setb    tr0
wait2:            jnb     tf0,wait2
                  clr     tf0
                  clr     tr0
                  djnz     r7,delay1
                  ret

                  end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;************************************

badkey = 007D              bouncd = 0020
check = 0060               delay = 0080
delay1 = 0082              down1 = 002B
down2 = 003F               getkey = 0003
key_1 = 006B               key_2 = 0071
key_3 = 0077               keybuf = 0050
keydown = 0056             keyflag = 00F0
scan = 0006                up2 = 0035
wait = 0049                wait2 = 008A
```

รูปที่ จ.2 โปรแกรมควบคุมการทำงานของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ.3 ผังงานของโปรแกรมติดต่อคีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

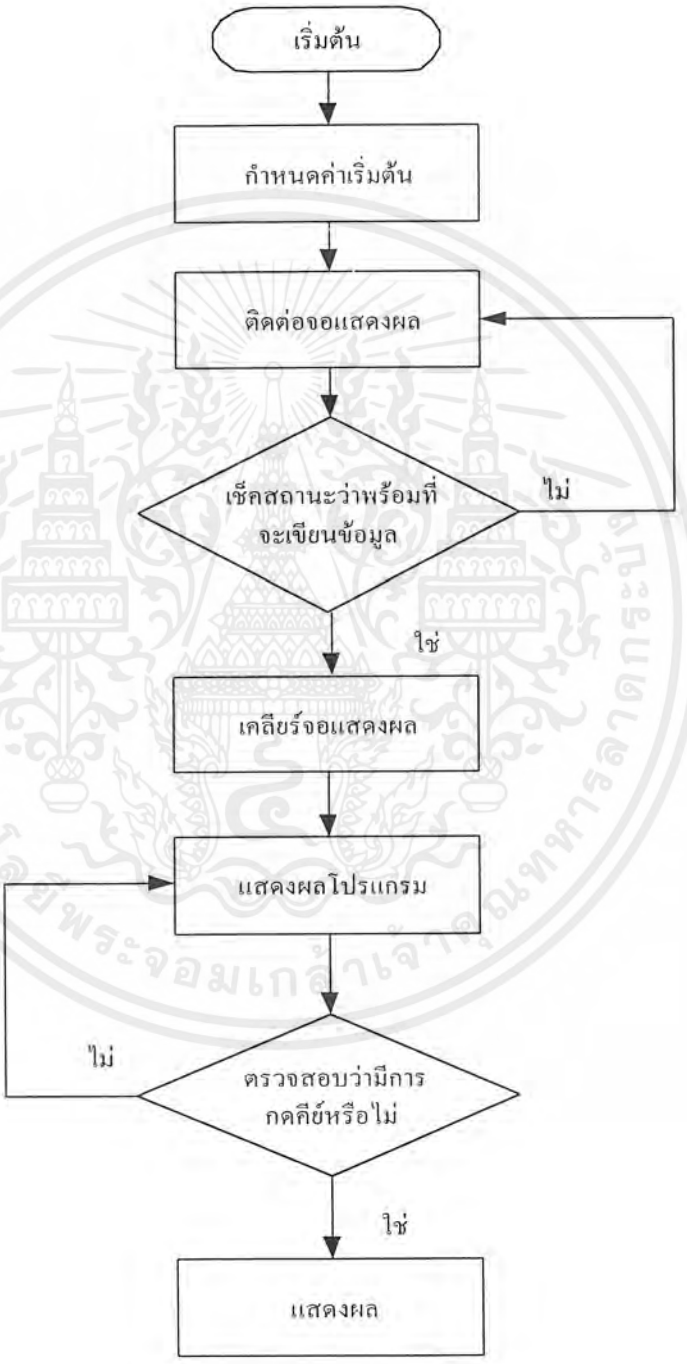
```
#include<reg51.h>
#include<ctype.h>
#include<stdio.h>
#include<intrins.h>
#include"kbd.h"
static void int0_isr (void);
void timer0_initialize (void);
unsigned char j,gotchar,lastchar,usechar;
bit newchar;
char k(12);
sbit busy=P1^1;
sbit kbddata=P1^7;
bit LSHFT,RSHFT,ARROW,ARROW2;

      main( )
       {
          unsigned char a,b;
           int i;
           EA = 0;
          SCON =0x50;
           TMOD = 0x20;
           TH1 = 0xfd;
           TR1 = 1;
           EX0 = 1;
           IT0 = 1;
           EA =1;
                j =0;
           ARROW = 0;
           for(i=0;i<12;i++) K[i] =0;

      putchar( '.');putchar(':');putchar('.');
                     P0 = 0x00;
                   while(1){
      if(!busy){
          P0 =0x00;       // putchar(0);
                    }
      if(j==11){
          a = (k[8]<<3)+(k[7]<<2)+(k[6]<<1)+k[5];
          b = (k[4]<<3)+(k[3]<<2)+(k[2]<<1)+k[1];

          gotchar = (a<<4) + b;
                newchar = 1;
          if(gotchar == LSHIFT){
          LSHFT =!LSHFT;
          newchar = 0;
          }
          if(gotchar == RSHIFT){
          RSHFT = !RSHFT;
          newchar = 0;
          }
          if(gotchar ==0xE0){
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    if(ARROW){
                    newchar = 1;
                    ARROW2 =1;
                    ARROW = 0;    }
                ARROW = 1;
                newchar =0;
                    }

    if( (gotchar == RELEASE) || (lastchar == RELEASE)
    { // release key     lastchar = gotchar;  // do not  use that
value
                ARROW = 0;
                newchar = 0;
                }

                    if (newchar){      // got new char
                    usechar = scancode[gotchar];
                    if (ARROW2 ==1){
                    usechar = scancode[gotchar];
                    ARROW2 = 0;
                    }

                if(LSHFT||RSHFT){
                    usechar = shiftscancode[gotchar];
                    }
                if(!busy){
                    P0 = 0x00;  // putchar(0);
                    putchar(0x00);
                                                    }
                if(busy){
                    P0 = usechar;  // putchar(usechar);
                    putchar(usechar);
                    newchar = 0 ;}
                    newchar = 0;
                            } j = 0;
                     }

                    }
                }
          static void int0_isr (void) interrupt 0 using 1{
                k[j] = kbddata;
                j++;}
```

รูปที่ จ.4 โปรแกรมติดต่อคีย์บอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ จ. 5 ผังงานของโปรแกรมแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          CPU   "Z80.TBL"
          HOF   "INT8"
          ORG   0000H

; ********** VARIABLE SET **********
;
ENTERKEY: EQU   13H         ; ENTER KEY
END:      EQU   0FFH        ; END CHARACTER
CON_W:    EQU   82H
KEYBOARD: EQU   41H
RST_KEY:  EQU   42H
CON_P:    EQU   43H
;FOR LCD
LCDCTRL1: EQU   80H
LCDCTRL2: EQU   81H
LCDDATA1: EQU   82H
LCDDATA2: EQU   83H
LCDREAD1: EQU   84H
LCDREAD2: EQU   85H
;
DISPON:   EQU   3FH
DISPOFF:  EQU   3EH
STARTLN0: EQU   0C0H
LINE1:    EQU   0B8H
LINE2:    EQU   0B9H
LINE3:    EQU   0BAH
LINE4:    EQU   0BBH
LINE5:    EQU   0BCH
LINE6:    EQU   0BDH
LINE7:    EQU   0BEH
LINE8:    EQU   0BFH
SYSCAL:   EQU   10H
;
; ********** POWER-UP **********
POWER:    LD    HL,200H          ; POWER-UP DELAY IF RUN START
POWER1:   DEC   HL
          LD    A,0
POWER2:   DEC   A
          JR    NZ,POWER2
          LD    A,L
          OR    H
          JR    NZ,POWER1
;

          LD    A,82H
          OUT   (43H),A
          LD    A,80H
          OUT   (42H),A
          LD    IY,8100H
          LD    (IY+0),40H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช

```
        LD   SP,9F00H       ;SET STACK
        CALL INITLCD        ;INIT GLCD SET DISPLAY ON
        CALL CLRSCR         ;CLS SCREEN GLCD PADG1,PAGE2
        CALL TITLE
        CALL START
        RET
        RST  SYSCAL
;
;*****TITLE*********
;
TITLE:
      LD   HL,NTAB
      CALL PAGE1
      LD   A,LINE2
      LD   D,48H
      CALL GOTOLINE_1
      CALL DISP8
      LD   HL,ATAB
      LD   A,LINE2
      LD   D,50H
      CALL GOTOLINE_1
      CALL DISP8
      LD   HL,MTAB
      LD   A,LINE2
      LD   D,58H
      CALL GOTOLINE_1
      CALL DISP8
      LD   HL,ETAB
      LD   A,LINE2
      LD   D,60H
      CALL GOTOLINE_1
      CALL DISP8
      LD   HL,COLO
      LD   A,LINE2
      LD   D,68H
      CALL GOTOLINE_1
      CALL DISP8
      LD   HL,VONG
      LD   A,LINE2
      LD   D,70H
      CALL GOTOLINE_1
      CALL DISP8
      LD   HL,BLANK
      LD   A,LINE2
      LD   D,78H
      CALL GOTOLINE_1
      CALL DISP8
      LD   HL,DTAB
      LD   A,LINE7
      LD   D,48H
      CALL GOTOLINE_1
      CALL DISP8
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LD   HL,ATAB
        LD   A,LINE7
        LD   D,50H
        CALL GOTOLINE_1
        CALL DISP8
        LD   HL,TTAB
        LD   A,LINE7
        LD   D,58H
        CALL GOTOLINE_1
        CALL DISP8
        LD   HL,ETAB
        LD   A,LINE7
        LD   D,60H
        CALL GOTOLINE_1
        CALL DISP8
        LD   HL,COLO
        LD   A,LINE7
        LD   D,68H
        CALL GOTOLINE_1
        CALL DISP8
        LD   HL,VONG
        LD   A,LINE7
        LD   D,70H
        CALL GOTOLINE_1
        CALL DISP8
        LD   HL,BLANK
        LD   A,LINE7
        LD   D,78H
        CALL GOTOLINE_1
        CALL DISP8
        RET
DISP8:
         LD   (STBMAP),HL
         CALL DISPLAY_1
         CALL CLEARKEY
  RET

;
;*******DISPLAY ENG*******
;
START: LD   (IY+0),40H

        LD   HL,LINE
        CALL PAGE2
        LD   A,LINE2
        LD   D,40H
        CALL GOTOLINE_1
        LD   (STBMAP),HL
        CALL DISPLAY_1
        LD   DE,0000H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
START_0:
        IN    A,(41H)
        CP    0DH       ;ENTER
        JP    Z,XXX
        CP    08H       ;DEL
        JP    Z,DELL
        CP    04H       ;DEL1
        JP    Z,DELL
        CP    18H       ;UP
        JP    Z,START_0
        CP    1EH       ;LIFT
        JP    Z,START_0
        CP    1AH       ;RIGHT
        JP    Z,START1
        CP    19H       ;DOWN
        JP    Z,START1
        CP    20H       ;SPB
        JP    Z,SPB
        CP    00H       ;NO KEY
        JP    Z,START_0

        PUSH DE
        LD    E,20H
        SUB   E
        LD    B,A
        LD    HL,FONT
        LD    DE,0000H

LOOP:   INC   DE
        INC   DE
        INC   DE
        INC   DE
        INC   DE
        INC   DE
        INC   DE
        INC   DE
        INC   DE
        DJNZ LOOP
        ADD   HL,DE
        POP   DE
        CALL SHOW
        CALL LOOP_P
        RET

LOOP_P:
        JP    START_0
        RET
XXX:
        LD    HL,FONT
        CALL PAGE2
        LD    A,LINE2
        CALL GOTOLINE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LD   (STBMAP),HL
        CALL DISPLAY
        JP   START1
        RET

SHOW:
        PUSH AF
        CALL PAGE2
        LD   A,LINE2
        CALL GOTOLINE
        LD   (STBMAP),HL
        CALL  DISPLAY
        CALL  CLEARKEY
        LD   A,D
        CP   78H
        JP   Z,T8
        LD   HL,LINE
        CALL PAGE2
        LD   A,LINE2
        CALL GOTOLINE
        LD   (STBMAP),HL
        CALL DISPLAY
        POP  AF
         LD  A,D
         CP  10H
         JP  Z,T1
         CP  20H
         JP  Z,T2
         CP  30H
         JP  Z,T3
         CP  40H
         JP  Z,T4
         CP  50H
         JP  Z,T5
         CP  60H
         JP  Z,T6
         CP  70H
         JP  Z,T7
         RET
T1:     LD  (IY+0),48H
        RET
T2:     LD  (IY+0),50H
        RET
T3:     LD  (IY+0),58H
        RET
T4:     LD  (IY+0),60H
        RET
T5:     LD  (IY+0),68H
        RET
T6:     LD  (IY+0),70H
        RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
T7:   LD  (IY+0),78H
      RET
T8:   CALL LOOP_A
      RET
LOOP_A:
      JP START1
      RET

START1:LD   (IY+0),40H
      LD   HL,LINE
      CALL PAGE2
      LD   A,LINE7
      LD   D,40H
      CALL GOTOLINE_1
      LD   (STBMAP),HL
      CALL DISPLAY_1
      LD   DE,0000H
START_1:
      IN   A,(41H)
      CP   00H          ;NO KEY
      JP   Z,START_1
      CP   0DH          ;ENTER
      JP   Z,START_1
      CP   08H          ;DEL
      JP   Z,DELL1
      CP   04H          ;DEL1
      JP   Z,DELL1
      CP   18H          ;UP
      JP   Z,XXXX
      CP   1EH          ;LIFT
      JP   Z,START
      CP   1AH          ;RIGHT
      JP   Z,START_1
      CP   19H          ;DOWN
      JP   Z,START_1
      CP   20H          ;SPB
      JP   Z,SPB_1

      PUSH DE
      LD   E,20H
      SUB  E
      LD   B,A
      LD   HL,FONT
      LD   DE,0000H

LOOP_1: INC  DE
      INC  DE
      INC  DE
      INC  DE
      INC  DE
      INC  DE
      INC  DE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        INC   DE
        DJNZ LOOP_1
        ADD   HL,DE
        POP   DE
        CALL    SHOW1

CALL LOOP_P1
        RET
LOOP_P1:
        JP    START_1
        RET

XXXX:
        LD    HL,FONT
        CALL PAGE2
        LD    A,LINE7
        CALL GOTOLINE
        LD    (STBMAP),HL
        CALL DISPLAY
        JP    START
        RET

SHOW1:
        PUSH AF
        CALL PAGE2
        LD    A,LINE7
        CALL GOTOLINE
        LD    (STBMAP),HL
        CALL DISPLAY
        CALL   CLEARKEY
        LD    A,D
        CP    78H
        JP    Z,Z8
        LD    HL,LINE
        CALL PAGE2
        LD    A,LINE7
        CALL GOTOLINE
        LD    (STBMAP),HL
        CALL DISPLAY
        POP   AF
         LD   A,D
         CP   10H
         JP   Z,Z1
         CP   20H
         JP   Z,Z2
         CP   30H
         JP   Z,Z3
         CP   40H
         JP   Z,Z4
         CP   50H
         JP   Z,Z5
         CP   60H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        JP   Z,Z6
        CP   70H
        JP   Z,Z7
        RET
Z1:   LD   (IY+0),48H
      RET
Z2:   LD   (IY+0),50H
      RET
Z3:   LD   (IY+0),58H
      RET
Z4:   LD   (IY+0),60H
      RET
Z5:   LD   (IY+0),68H
      RET
Z6:   LD   (IY+0),70H
      RET
Z7:   LD   (IY+0),78H
      RET
Z8:
      LD    (IY+0),40H
      LD    DE,0000H
      CALL LOOP_P2
      RET

LOOP_P2:
      JP    START_1
      RET

SPB:
        LD   HL,FONT
        CALL PAGE2
        LD    A,LINE2
        CALL GOTOLINE
        LD   (STBMAP),HL
        CALL DISPLAY
        CALL CLEARKEY
        LD    A,D
        CP    78H
        JP    Z,M8
        LD    HL,LINE
        CALL PAGE2
        LD    A,LINE2
        CALL GOTOLINE
        LD    (STBMAP),HL
        CALL DISPLAY
        CALL CHECK
        CALL LOOP_P3
        RET
LOOP_P3:
        JP    START_0
        RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CHECK:  LD  A,D
        CP  10H
        JP  Z,M1
        CP  20H
        JP  Z,M2
        CP  30H
        JP  Z,M3
        CP  40H
        JP  Z,M4
        CP  50H
        JP  Z,M5
        CP  60H
        JP  Z,M6
        CP  70H
        JP  Z,M7
        RET
M1:   LD  (IY+0),48H
      RET
M2:   LD  (IY+0),50H
      RET
M3:   LD  (IY+0),58H
      RET
M4:   LD  (IY+0),60H
      RET
M5:   LD  (IY+0),68H
      RET
M6:   LD  (IY+0),70H
      RET
M7:   LD  (IY+0),78H
      RET
M8:   JP START1
      RET

SPB_1:
        LD  HL,FONT
        CALL PAGE2
        LD   A,LINE7
       CALL GOTOLINE
        LD  (STBMAP),HL
        CALL DISPLAY
        CALL CLEARKEY
        LD   A,D
        CP   78H
        JP   Z,N8
        LD   HL,LINE
        CALL PAGE2
        LD   A,LINE7
        CALL GOTOLINE
        LD   (STBMAP),HL
        CALL DISPLAY
        CALL CHECK_1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CALL LOOP_P4
        RET
LOOP_P4:
        JP   START_1
        RET
CHECK_1:LD  A,D
        CP  10H
        JP  Z,N1
        CP  20H
        JP  Z,N2
        CP  30H
        JP  Z,N3
        CP  40H
        JP  Z,N4
        CP  50H
        JP  Z,N5
        CP  60H
        JP  Z,N6
        CP  70H
        JP  Z,N7
        RET
N1:   LD  (IY+0),48H
      RET
N2:   LD  (IY+0),50H
      RET
N3:   LD  (IY+0),58H
      RET
N4:   LD  (IY+0),60H
      RET
N5:   LD  (IY+0),68H
      RET
N6:   LD  (IY+0),70H
      RET
N7:   LD  (IY+0),78H
      RET
N8:
        LD   (IY+0),40H
        LD   HL,LINE
        CALL PAGE2
        LD   A,LINE7
        LD   D,40H
        CALL GOTOLINE_1
        LD   (STBMAP),HL
        CALL DISPLAY_1
        LD   DE,0000H
        CALL LOOP_P7
        RET
LOOP_P7:
        JP   START_1
        RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DELL:
        LD   B,08H
        LD   (IY+0),40H
DELL_1: LD   HL,FONT
        CALL PAGE2
        LD   A,LINE2
        CALL GOTOLINE
        LD   (STBMAP),HL
        CALL DISPLAY
        CALL CLEARKEY
        DJNZ DELL_1
        CALL LOOP_P5
        RET
LOOP_P5:
        JP   START
        RET
DELL1:
        LD   B,08H
        LD   (IY+0),40H
DELL_2: LD   HL,FONT
        CALL PAGE2
        LD   A,LINE7
        CALL GOTOLINE
        LD   (STBMAP),HL
        CALL DISPLAY
        CALL CLEARKEY
        DJNZ DELL_2
        CALL LOOP_P6
        RET
LOOP_P6:
        JP   START1
        RET

;
;********RESET KEY********
RESET:
         LD   A,01H
         OUT (42H),a
         NOP
         NOP
         NOP
         NOP
         NOP
         CALL  CLEARKEY
         RET

CLEARKEY:
         PUSH HL
         LD  A,00H
         OUT (42H),A
         LD  A,80H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          OUT (42H),A
          POP HL
           RET

;*********** GOTO LINE# COL 1 ************
;     SET LINE #
;     INPUT LINE REG (A)
;
GOTOLINE:
           PUSH AF
           LD   A,(CPORT)
           LD   C,A
           POP  AF
           OUT  (C),A
           CALL WBF
           LD   A,(IY+0)
           OUT  (C),A
           RET

;
GOTOLINE_1:
           PUSH AF
           LD   A,(CPORT)
           LD   C,A
           POP  AF
           OUT  (C),A
           CALL WBF
           LD   A,D
           OUT  (C),A
           RET

;*********** SET PAGE USER 1 ******
;
PAGE1:     PUSH AF
           LD   A,LCDCTRL1
           LD   (CPORT),A
           LD   A,LCDDATA1
           LD   (DPORT),A
           LD   A,LCDREAD1
           LD   (RPORT),A
           POP  AF
           RET
;
;*********** SET PAGE USER 2 ******
;
PAGE2:     PUSH AF
           LD   A,LCDCTRL2
           LD   (CPORT),A
           LD   A,LCDDATA2
           LD   (DPORT),A
           LD   A,LCDREAD2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
          LD    (RPORT),A
          POP   AF
          RET

; ******* CLEAR SCREEN **************
;   CLEAR SCREEN PAGE1,PAGE2
;
CLRSCR:   PUSH AF
          CALL PAGE1
          LD    A,STARTLN0
          LD    D,40H
          CALL GOTOLINE
          CALL CLEAR
          CALL PAGE2
          LD    A,STARTLN0
          LD    D,40H
          CALL GOTOLINE
          CALL CLEAR
          POP AF
          RET
;
; ******* CLEAR SCREEN************
; SUB PROGRAM CLRSCR
CLEAR:    PUSH DE
          PUSH BC
          PUSH AF
          LD E,LINE1
          LD D,08H
ANOTHER:  LD A,(CPORT)
          LD C,A
          LD A,E
          CALL WBF
          OUT (C),A
          LD    B,48H
          LD    A,(DPORT)
          LD    C,A
LLC:      LD    A,00H
          OUT   (C),A
          CALL WBF
          DJNZ LLC
          INC   E
          DEC   D
          LD    A,00H
          CP    D
          JR    NZ,ANOTHER
          POP   AF
          POP   BC
          POP   DE
          RET
;
; *********** INIT  LCD ***********
;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
INITLCD: CALL PAGE1
         LD   A,(CPORT)
         LD   C,A
         LD   A,DISPON
         OUT  (C),A
         CALL WBF
         LD   A,STARTLN0
         OUT  (C),A
         CALL WBF
         CALL PAGE2
         LD   A,(CPORT)
         LD   C,A
         LD   A,DISPON
         OUT  (C),A
         CALL WBF
         LD   A,STARTLN0
         OUT  (C),A
         CALL WBF
         RET
;
; *********** CHECK BUSY FLAG LCD *********
;
WBF:     PUSH AF
         PUSH BC
BUSY1:   LD   A,(RPORT)
         LD   C,A
         IN   A,(C)
         NOP
         BIT  7,A
         JR   NZ,BUSY1
         POP  BC
         POP  AF
         RET

;************* DISPLAY LCD ONE CHAR ***********
;   DISPLAY ONE CHAR = 8 BYTE
;   INPUT DATA  = (STBMAP)
;
DISPLAY:
         PUSH AF
         PUSH BC
         PUSH IX
         LD   IX,(STBMAP)
         LD   B,08H
         LD   A,(DPORT)
         LD   C,A
OUTDAT:  LD   A,(IX+0)
         OUT  (C),A
         CALL WBF
         INC  IX
         INC  IY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        INC  D
        DJNZ OUTDAT
        POP  IX
        POP  BC
        POP  AF
        RET
;
DISPLAY_1:
        PUSH AF
        PUSH BC
        PUSH IX
        LD   IX,(STBMAP)
        LD   B,08H
        LD   A,(DPORT)
        LD   C,A
OUTDAT1: LD  A,(IX+0)
        OUT  (C),A
        CALL WBF
        INC  IX
        DJNZ OUTDAT1
        POP  IX
        POP  BC
        POP  AF
        RET

;
;************ DATA CHARACTERS GER ************

    FONT:
            DFB 00H,00H,00H,00H ;BLANK
            DFB 00H,00H,00H,C0H
            DFB 00H,00H,0EH,0BFH ;!
            DFB 0EH,00H,00H,00H
            DFB 00H,00H,07H,00H  ; "
            DFB 07H,00H,00H,00H
            DFB 00H,24H,0FFH,24H ; #
            DFB 24H,0FFH,24H,00H
            DFB 08H,54H,54H,0FEH ; $
            DFB 54H,54H,20H,00H
            DFB 86H,46H,20H,10H  ; %
            DFB 08H,0C4H,0C2H,00H
            DFB 60H,94H,8EH,9AH  ; &
            DFB 6EH,44H,0B0H,80H
            DFB 00H,00H,00H,05H  ; '
            DFB 03H,00H,00H,00H
            DFB 00H,00H,3CH,42H  ; (
            DFB 81H,00H,00H,00H
            DFB 00H,00H,00H,81H  ; )
            DFB 42H,3CH,00H,00H
            DFB 00H,08H,2AH,1CH ; *
            DFB 1CH,2AH,08H,00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DFB 00H,08H,08H,3EH ; +
DFB 3EH,08H,08H,00H
DFB 00H,00H,00H,0A0H ;,
DFB 60H,00H,00H,00H
DFB 00H,08H,08H,08H ; -
DFB 08H,08H,08H,00H
DFB 00H,00H,00H,0C0H ;.
DFB 0C0H,00H,00H,00H
DFB 00H,0C0H,30H,18H ;/
DFB 0CH,03H,00H,00H,
DFB 00H,7CH,0A2H,0B2H; 0
DFB 9AH,8AH,7CH,00H
DFB 00H,00H,82H,0FFH ; 1
DFB 80H,00H,00H,00H
DFB 00H,86H,0C1H,0A1H ; 2
DFB 91H,89H,86H,00H
DFB 00H,42H,81H,89H   ; 3
DFB 89H,89H,76H,00H
DFB 60H,50H,48H,44H   ;4
DFB 42H,0FFH,40H,00H
DFB 5FH,85H,85H,85H   ; 5
DFB 85H,49H,30H,00H
DFB 00H,7CH,92H,89H   ; 6
DFB 89H,89H,70H,00H
DFB 00H,03H,01H,0C1H  ;7
DFB 31H,0DH,03H,00H
DFB 00H,76H,89H,89H  ;8
DFB 89H,89H,76H,00H
DFB 00H,0EH,91H,91H ;9
DFB 91H,49H,3EH,00H
DFB 00H,00H,00H,66H ; :
DFB 66H,00H,00H,00H
DFB 00H,00H,80H,76H ; ;
DFB 36H,00H,00H,00H
DFB 00H,00H,18H,24H ; <
DFB 42H,81H,00H,00H
DFB 00H,24H,24H,24H ; =
DFB 24H,24H,00H,00H
DFB 00H,00H,81H,42H ; >
DFB 24H,18H,00H,00H
DFB 00H,06H,09H,0DH ; ?
DFB 0B5H,09H,06H,00H
DFB 00H,72H,8AH,4AH  ;@
DFB 7CH,80H,00H,00H
DFB 0F8H,14H,12H,11H ; A
DFB 12H,14H,0F8H,00H
DFB 81H,0FFH,89H,89H ; B
DFB 89H,89H,76H,00H
DFB 00H,3CH,42H,81H  ; C
DFB 81H,81H,42H,00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DFB 81H,0FFH,81H,81H ; D
DFB 81H,42H,3CH,00H
DFB 81H,0FFH,89H,89H ; E
DFB 9DH,81H,0E3H,00H
DFB 81H,0FFH,89H,09H ; F
DFB 1DH,01H,03H,00H
DFB 00H,7EH,81H,81H  ; G
DFB 91H,51H,0F6H,00H
DFB 00H,0FFH,08H,08H ; H
DFB 08H,08H,0FFH,00H
DFB 00H,00H,81H,0FFH ; I
DFB 81H,00H,00H,00H
DFB 00H,40H,80H,80H  ; J
DFB 81H,7FH,01H,00H
DFB 81H,0FFH,89H,14H ; K
DFB 22H,0C1H,81H,80H
DFB 00H,81H,0FFH,81H ; L
DFB 80H,80H,0C0H,00H
DFB 0FFH,02H,04H,18H ; M
DFB 04H,02H,0FFH,00H
DFB 81H,0FFH,83H,0CH ; N
DFB 18H,61H,0FFH,01H
DFB 00H, 7EH,81H,81H ; O
DFB 81H,81H,7EH,00H
DFB 00H,81H,0FEH,91H ; P
DFB 11H,11H,0EH,00H
DFB 00H,7EH,81H,91H  ; Q
DFB 0A1H,0C1H,7FH,80H
DFB 81H,0FFH,89H,19H ; R
DFB 29H,0C9H,86H,80H
DFB 00H,0E6H,49H,89H ; S
DFB 91H,92H,67H,00H
DFB 03H,01H,81H,0FFH ; T
DFB 81H,01H,03H,00H
DFB 01H,7FH,81H,80H ; U
DFB 80H,81H,7FH,01H
DFB 07H,18H,60H,80H ; V
DFB 60H,18H,0FH,00H
DFB 3FH,0C0H,20H,10H ; W
DFB 20H,0C0H,3FH,00H
DFB 0C3H,27H,18H,18H ; X
DFB 18H,27H,0C3H,00H
DFB 01H,03H,84H,0F8H ; Y
DFB 84H,03H,01H,00H
DFB 0C3H,0A1H,91H,89H ; Z
DFB 85H,83H,0C1H,00H
DFB 00H,00H,0FEH,82H ; [
DFB 82H,00H,00H,00H
DFB 02H,04H,08H,10H ; \
DFB 20H,40H,80H,00H
DFB 00H,00H,82H,82H ; ]
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DFB 0FEH,00H,00H,00H
DFB 00H,08H,04H,02H ; ^
DFB 04H,08H,00H,00H
DFB 00H,80H,80H,80H ; _
DFB 80H,00H,00H,00H
DFB 00H,00H,30H,00H ; '
DFB 00H,00H,00H,00H
DFB 00H,64H,92H,92H  ; a
DFB 92H,7CH,80H,00H
DFB 00H,0FEH,88H,88H  ; b
DFB 88H,70H,00H,00H
DFB 00H,38H,44H,82H   ; c
DFB 82H,82H,00H,00H
DFB 00H,78H,84H,84H   ; d
DFB 84H,7FH,80H,00H
DFB 00H,7CH,8AH,8AH   ; e
DFB 8AH,8AH,4CH,00H
DFB 00H,08H,0FEH,09H  ; f
DFB 01H,01H,02H,00H
DFB 00H,9CH,0A2H,0A2H  ; g
DFB 0A2H,7CH,00H,00H
DFB 00H,0FFH,08H,04H  ; h
DFB 04H,0F8H,00H,00H
DFB 00H,00H,00H,04H   ; i
DFB 0FDH,00H,00H,00H
DFB 00H,60H,80H,84H   ; j
DFB 7DH,00H,00H,00H
DFB 00H,0FEH,10H,28H  ; k
DFB 44H,82H,00H,00H
DFB 00H,00H,00H,0FFH  ; l
DFB 80H,00H,00H,00H
DFB 02H,0FEH,04H,02H  ; m
DFB 0FEH,04H,02H,0FCH
DFB 00H,02H,0FEH,04H  ; n
DFB 02H,02H,0FCH,00H
DFB 00H,38H,44H,82H  ; o
DFB 82H,44H,38H,00H
DFB 00H,0FEH,12H,12H  ; p
DFB 12H,12H,0CH,00H
DFB 00H,1CH,22H,22H  ; q
DFB 22H,0FCH,80H,00H
DFB 00H,02H,64H,98H  ; r
DFB 64H,02H,00H,00H
DFB 00H,44H,8AH,92H  ; s
DFB 0A2H,44H,00H,00H
DFB 00H,04H,7FH,84H  ; t
DFB 80H,60H,00H,00H
DFB 00H,7EH,80H,80H  ; u
DFB 80H,7EH,00H,00H
DFB 00H,3EH,40H,80H  ; v
DFB 40H,3EH,00H,00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                DFB 00H,0FEH,40H,30H  ; w
                DFB 40H,0FEH,00H,00H
                DFB 00H,86H,48H,30H  ; x
                DFB 30H,48H,86H,00H
                DFB 00H,8EH,50H,20H  ; y
                DFB 10H,0EH,00H,00H
                DFB 00H,0C2H,0A2H,92H  ; z
                DFB 8AH,86H,00H,00H
                DFB 00H,00H,54H,0BAH   ;{
                DFB 00H,00H,00H,00H
                DFB 00H,00H,00H,0FEH   ;|
                DFB 00H,00H,00H,00H
                DFB 00H,00H,0BAH,54H   ;}
                DFB 00H,00H,00H,00H
                DFB 00H,00H,08H,04H   ;~
                DFB 08H,10H,08H,00H
ATAB:           DFB 0F8H,14H,12H,11H ; A
                DFB 12H,14H,0F8H,00H
BTAB:           DFB 81H,0FFH,89H,89H ; B
                DFB 89H,89H,76H,00H
CTAB:           DFB 00H,3CH,42H,81H  ; C
                DFB 81H,81H,42H,00H
DTAB:           DFB 81H,0FFH,81H,81H ; D
                DFB 81H,42H,3CH,00H
ETAB:           DFB 81H,0FFH,89H,89H ; E
                DFB 9DH,81H,0E3H,00H
FTAB:           DFB 81H,0FFH,89H,09H ; F
                DFB 1DH,01H,03H,00H
GTAB:           DFB 00H,7EH,81H,81H  ; G
                DFB 91H,51H,0F6H,00H
HTAB:           DFB 00H,0FFH,08H,08H ; H
                DFB 08H,08H,0FFH,00H
ITAB:           DFB 00H,00H,81H,0FFH ; I
                DFB 81H,00H,00H,00H
JTAB:           DFB 00H,40H,80H,80H  ; J
                DFB 81H,7FH,01H,00H
KTAB:           DFB 81H,0FFH,89H,14H ; K
                DFB 22H,0C1H,81H,80H
LTAB:           DFB 00H,81H,0FFH,81H ; L
                DFB 80H,80H,0C0H,00H
MTAB:           DFB 0FFH,02H,04H,18H ; M
                DFB 04H,02H,0FFH,00H
NTAB:           DFB 81H,0FFH,83H,0CH ; N
                DFB 18H,61H,0FFH,01H
OTAB:           DFB 00H, 7EH,81H,81H ; O
                DFB 81H,81H,7EH,00H
PTAB:           DFB 00H,81H,0FEH,91H ; P
                DFB 11H,11H,0EH,00H
QTAB:           DFB 00H,7EH,81H,91H  ; Q
                DFB 0A1H,0C1H,7FH,80H
RTAB:           DFB 81H,0FFH,89H,19H ; R
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                DFB 29H,0C9H,86H,80H
STAB:           DFB 00H,0E6H,49H,89H ; S
                DFB 91H,92H,67H,00H
TTAB:           DFB 03H,01H,81H,0FFH ; T
                DFB 81H,01H,03H,00H
UTAB:           DFB 01H,7FH,81H,80H ; U
                DFB 80H,81H,7FH,01H
VTAB:           DFB 07H,18H,60H,80H ; V
                DFB 60H,18H,0FH,00H
WTAB:           DFB 3FH,0C0H,20H,10H ; W
                DFB 20H,0C0H,3FH,00H
XTAB:           DFB 0C3H,27H,18H,18H ; X
                DFB 18H,27H,0C3H,00H
YTAB:           DFB 01H,03H,84H,0F8H ; Y
                DFB 84H,03H,01H,00H
ZTAB:           DFB 0C3H,0A1H,91H,89H ; Z
                DFB 85H,83H,0C1H,00H
VONG:           DFB 00H,00H,81H,42H ; >
                DFB 24H,18H,00H,00H
COLO:           DFB 00H,00H,00H,66H ; :
                DFB 66H,00H,00H,00H
BLANK:          DFB 00H,00H,00H,00H ;BLANK
                DFB 00H,00H,00H,00H
LINE:           DFB 00H,80H,80H,80H ; _
                DFB 80H,00H,00H,00H

;
;******** RAM AREA ***********
        ORG   8000H



CPORT:    DFS  1H
DPORT:    DFS  1H
RPORT:    DFS  1H
STBMAP:   DFS  2H
;
          END
```

รูปที่ จ. 6 โปรแกรมแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ
ราคาต้นทุนในการสร้างเตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ราคาต้นทุนในการสร้างเตียงผู้ป่วยระบบอัตโนมัติ

ราคาอุปกรณ์ต่างๆ

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (แอคทูเอเตอร์มอเตอร์) 2 ตัว	2 ตัว	1400	บาท
หม้อแปลงไฟฟ้า	2 ตัว	350	บาท
MCS-51 (8031)	1 ตัว	100	บาท
MCS-51 (8951)	1 ตัว	100	บาท
บอร์ดแสดงผล Z-80 CPU	1 ชุด	990	บาท
จอ LCD Graphic DV-12964	1 ชุด	2100	บาท
ออปโต้ ไอโซเลเตอร์ 4 ตัว	4 ตัว	40	บาท
กล่องเอนกประสงค์ 2 กล่อง	2 กล่อง	660	บาท
ไอซี			
- เบอร์ 74LS373		20	บาท
- เบอร์ 27C256		100	บาท
- เบอร์ 6264		100	บาท
- เบอร์ 7805		20	บาท
ไดโอด			
- เบอร์ 1N4001		20	บาท
- เบอร์ 1N4002		60	บาท
ทรานซิสเตอร์			
- เบอร์ 2N3055		160	บาท
- เบอร์ BD 139		40	บาท
ตัวต้านทาน			
- 1 Ω/ 5W, 330, 1K, 2.2K, 5K,		30	บาท
ตัวเก็บประจุ			
- อิเล็กโตรไลต์ 10,000 μF /50V		150	บาท
- อิเล็กโตรไลต์ 4,700 μF, 220 μF /25V		80	บาท
X-TAL 2 ตัว		40	บาท
อื่นๆ		2,500	บาท
รวมทั้งสิ้น		9,000	บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช
รายละเอียดของข้อมูลและคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Am27C256

256 Kilobit (32 K x 8-Bit) CMOS EPROM

AMD

DISTINCTIVE CHARACTERISTICS

- **Fast access time**
  - — Speed options as fast as 45 ns
- **Low power consumption**
  - — 20 µA typical CMOS standby current
- **JEDEC-approved pinout**
- **Single +5 V power supply**
- **±10% power supply tolerance standard**
- **100% Flashrite™ programming**
  - — Typical programming time of 4 seconds
- **Latch-up protected to 100 mA from –1 V to V_{CC} + 1 V**
- **High noise immunity**
- **Versatile features for simple interfacing**
  - — Both CMOS and TTL input/output compatibility
  - — Two line control functions
- **Standard 28-pin DIP, PDIP, and 32-pin PLCC packages**

GENERAL DESCRIPTION

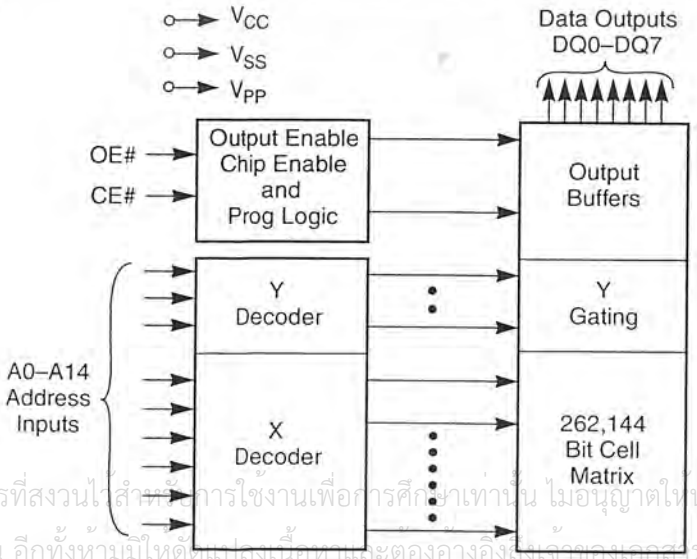
The Am27C256 is a 256-Kbit, ultraviolet erasable programmable read-only memory. It is organized as 32K words by 8 bits per word, operates from a single +5 V supply, has a static standby mode, and features fast single address location programming. Products are available in windowed ceramic DIP packages, as well as plastic one time programmable (OTP) PDIP and PLCC packages.

Data can be typically accessed in less than 55 ns, allowing high-performance microprocessors to operate without any WAIT states. The device offers separate Output Enable (OE#) and Chip Enable (CE#) controls, thus eliminating bus contention in a multiple bus microprocessor system.

AMD's CMOS process technology provides high speed, low power, and high noise immunity. Typical power consumption is only 80 mW in active mode, and 100 µW in standby mode.

All signals are TTL levels, including programming signals. Bit locations may be programmed singly, in blocks, or at random. The device supports AMD's Flashrite programming algorithm (100 µs pulses), resulting in a typical programming time of 4 seconds.

BLOCK DIAGRAM



08007J-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Publication# 08007 Rev: J Amendment/0
Issue Date: July 14, 1999

AMD

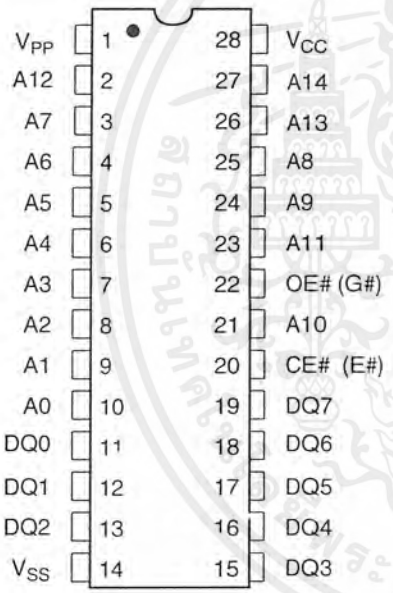
PRODUCT SELECTOR GUIDE

Family Part Number		Am27C256							
Speed Options	V_{CC} = 5.0 V ± 5%								-255
	V_{CC} = 5.0 V ± 10%	-45	-55	-70	-90	-120	-150	-200	
Max Access Time (ns)		45	55	70	90	120	150	200	250
CE# (E#) Access (ns)		45	55	70	90	120	150	200	250
OE# (G#) Access (ns)		30	35	40	40	50	50	50	50

CONNECTION DIAGRAMS

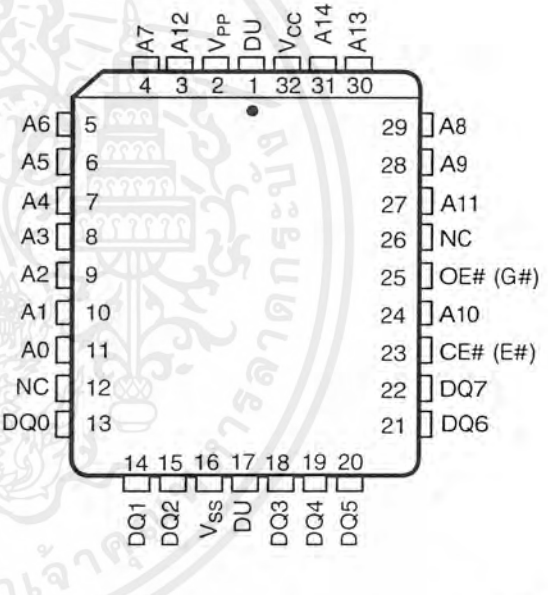
Top View

DIP



08007J-2

PLCC



08007J-3

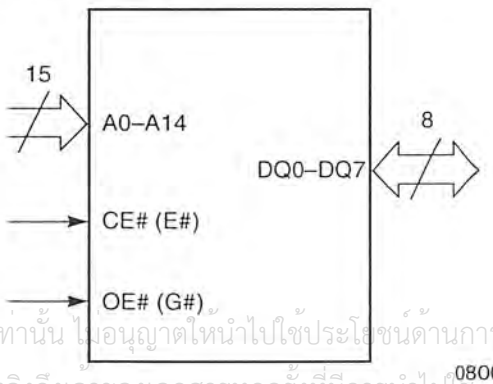
Notes:

1. *JEDEC nomenclature is in parenthesis.*
2. *Don't use (DU) for PLCC.*

PIN DESIGNATIONS

A0–A14 = Address Inputs
CE# (E#) = Chip Enable Input
DQ0–DQ7 = Data Input/Outputs
OE# (G#) = Output Enable Input
V_{CC} = V_{CC} Supply Voltage
V_{PP} = Program Voltage Input
V_{SS} = Ground
NC = No Internal Connection

LOGIC SYMBOL



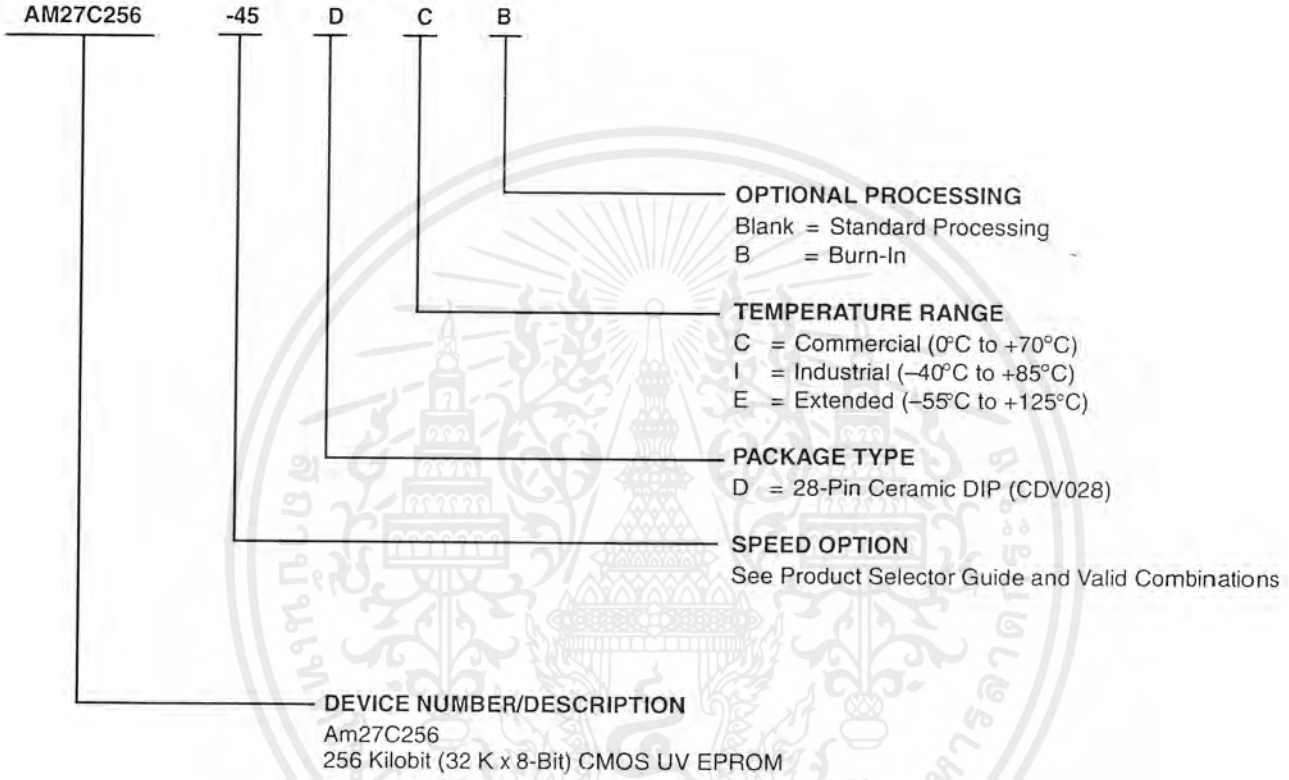
08007J-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ORDERING INFORMATION

UV EPROM Products

AMD standard products are available in several packages and operating ranges. The order number (Valid Combination) is formed by a combination of the following:



Valid Combinations	
AM27C256-45	DC, DCB, DI, DIB
AM27C256-55	
AM27C256-70	DC, DCB, DI, DIB, DE, DEB
AM27C256-90	
AM27C256-120	
AM27C256-150	
AM27C256-200	
AM27C256-255 V_{CC} = 5.0 V ± 5%	DC, DCB, DI, DIB

Valid Combinations

Valid Combinations list configurations planned to be supported in volume for this device. Consult the local AMD sales office to confirm availability of specific valid combinations and to check on newly released combinations.

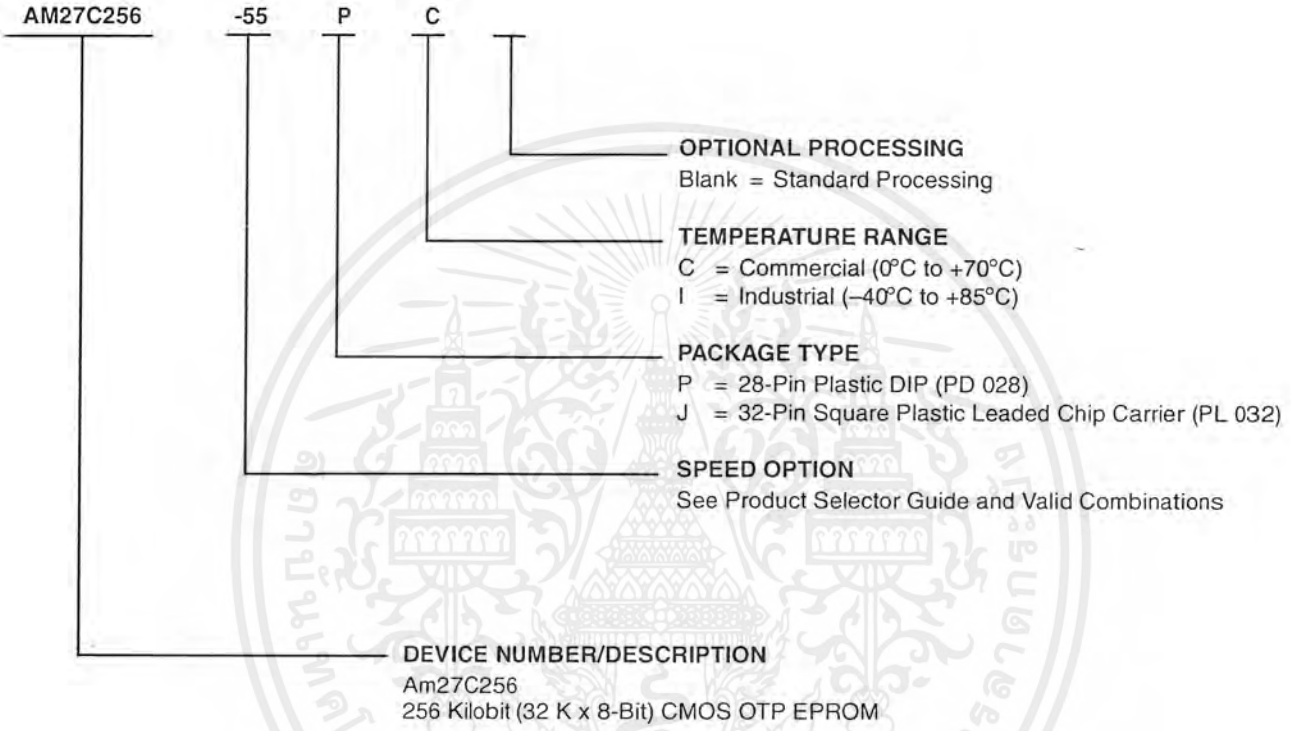
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AMD

ORDERING INFORMATION

OTP EPROM Products

AMD standard products are available in several packages and operating ranges. The order number (Valid Combination) is formed by a combination of the following:



Valid Combinations	
AM27C256-55	JC, PC
AM27C256-70	JC, PC, JI, PI
AM27C256-90	
AM27C256-120	
AM27C256-150	
AM27C256-200	
AM27C256-255 V_{CC} = 5.0 V ± 5%	

Valid Combinations

Valid Combinations list configurations planned to be supported in volume for this device. Consult the local AMD sales office to confirm availability of specific valid combinations and to check on newly released combinations.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FUNCTIONAL DESCRIPTION

Device Erasure

In order to clear all locations of their programmed contents, the device must be exposed to an ultraviolet light source. A dosage of 15 W seconds/cm^2 is required to completely erase the device. This dosage can be obtained by exposure to an ultraviolet lamp—wavelength of 2537 Å—with intensity of 12,000 µW/cm^2 for 15 to 20 minutes. The device should be directly under and about one inch from the source, and all filters should be removed from the UV light source prior to erasure.

Note that all UV erasable devices will erase with light sources having wavelengths shorter than 4000 Å, such as fluorescent light and sunlight. Although the erasure process happens over a much longer time period, exposure to any light source should be prevented for maximum system reliability. Simply cover the package window with an opaque label or substance.

Device Programming

Upon delivery, or after each erasure, the device has all of its bits in the "ONE", or HIGH state. "ZEROs" are loaded into the device through the programming procedure.

The device enters the programming mode when 12.75 V ± 0.25 V is applied to the V_{PP} pin, OE# is at V_{IH} and CE# is at V_{IL}.

For programming, the data to be programmed is applied 8 bits in parallel to the data pins.

The flowchart in the Programming section of the EPROM Products Data Book (Section 5, Figure 5-1) shows AMD's Flashrite algorithm. The Flashrite algorithm reduces programming time by using a 100 µs programming pulse and by giving each address only as many pulses to reliably program the data. After each pulse is applied to a given address, the data in that address is verified. If the data does not verify, additional pulses are given until it verifies or the maximum pulses allowed is reached. This process is repeated while sequencing through each address of the device. This part of the algorithm is done at V_{CC} = 6.25 V to assure that each EPROM bit is programmed to a sufficiently high threshold voltage. After the final address is completed, the entire EPROM memory is verified at $V_{CC} = V_{PP}$ = 5.25 V.

Please refer to Section 5 of the EPROM Products Data Book for additional programming information and specifications.

Program Inhibit

Programming different data to multiple devices in parallel is easily accomplished. Except for CE#, all like inputs of the devices may be common. A TTL low-level program pulse applied to one device's CE# input with V_{PP} = 12.75 V ± 0.25 V and OE# HIGH will program that particular device. A high-level CE# input inhibits the other devices from being programmed.

Program Verify

A verification should be performed on the programmed bits to determine that they were correctly programmed. The verify should be performed with OE# at V_{IL}, CE# at V_{IH}, and V_{PP} between 12.5 V and 13.0 V.

Autoselect Mode

The autoselect mode provides manufacturer and device identification through identifier codes on DQ0–DQ7. This mode is primarily intended for programming equipment to automatically match a device to be programmed with its corresponding programming algorithm. This mode is functional in the 25°C ± 5°C ambient temperature range that is required when programming the device.

To activate this mode, the programming equipment must force V_H on address line A9. Two identifier bytes may then be sequenced from the device outputs by toggling address line A0 from V_{IL} to V_{IH} (that is, changing the address from 00h to 01h). All other address lines must be held at V_{IL} during the autoselect mode.

Byte 0 (A0 = V_{IL}) represents the manufacturer code, and Byte 1 (A0 = V_{IH}), the device identifier code. Both codes have odd parity, with DQ7 as the parity bit.

Read Mode

To obtain data at the device outputs, Chip Enable (CE#) and Output Enable (OE#) must be driven low. CE# controls the power to the device and is typically used to select the device. OE# enables the device to output data, independent of device selection. Addresses must be stable for at least t_{ACC}–t_{OE}. Refer to the Switching Waveforms section for the timing diagram.

Standby Mode

The device enters the CMOS standby mode when CE# is at V_{CC} ± 0.3 V. Maximum V_{CC} current is reduced to 100 µA. The device enters the TTL-standby mode when CE# is at V_{IH}. Maximum V_{CC} current is reduced to 1.0 mA. When in either standby mode, the device places its outputs in a high-impedance state, independent of the OE# input.

Output OR-Tieing

To accommodate multiple memory connections, a two-line control function provides:

- Low memory power dissipation, and
- Assurance that output bus contention will not occur.

CE# should be decoded and used as the primary device-selecting function, while OE# be made a common

connection to all devices in the array and connected to the READ line from the system control bus. This assures that all deselected memory devices are in their low-power standby mode and that the output pins are only active when data is desired from a particular memory device.

System Applications

During the switch between active and standby conditions, transient current peaks are produced on the rising and falling edges of Chip Enable. The magnitude of these transient current peaks is dependent on the output capacitance loading of the device. At a minimum, a 0.1 µF ceramic capacitor (high frequency, low inherent inductance) should be used on each device between V_{CC} and V_{SS} to minimize transient effects. In addition, to overcome the voltage drop caused by the inductive effects of the printed circuit board traces on EPROM arrays, a 4.7 µF bulk electrolytic capacitor should be used between V_{CC} and V_{SS} for each eight devices. The location of the capacitor should be close to where the power supply is connected to the array.

MODE SELECT TABLE

Mode		CE#	OE#	A0	A9	V_{PP}	Outputs
Read		V_{IL}	V_{IL}	X	X	X	D_{OUT}
Output Disable		X	V_{IH}	X	X	X	High Z
Standby (TTL)		V_{IH}	X	X	X	X	High Z
Standby (CMOS)		$V_{CC} \pm 0.3$ V	X	X	X	X	High Z
Program		V_{IL}	V_{IH}	X	X	V_{PP}	D_{IN}
Program Verify		V_{IH}	V_{IL}	X	X	V_{PP}	D_{OUT}
Program Inhibit		V_{IH}	V_{IH}	X	X	V_{PP}	High Z
Autoselect (Note 3)	Manufacturer Code	V_{IL}	V_{IL}	V_{IL}	V_H	X	01h
	Device Code	V_{IL}	V_{IL}	V_{IH}	V_H	X	10h

Notes:

1. *V_H = 12.0 V ± 0.5 V.*
2. *X = Either V_{IH} or V_{IL}.*
3. *A1–A8 and A10–14 = V_{IL}*
4. *See DC Programming Characteristics for V_{PP} voltage during programming.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Storage Temperature
OTP Products. . . . . –65°C to +125°C
All Other Products . . . . . –65°C to +150°C

Ambient Temperature
with Power Applied. . . . . –55°C to +125°C

Voltage with Respect to V_{SS}
All pins except A9, V_{PP}, V_{CC} . . –0.6 V to V_{CC} + 0.6 V

A9 and V_{PP} (Note 2) . . . . . –0.6 V to 13.5 V

V_{CC} (Note 1). . . . . –0.6 V to 7.0 V

Notes:

1. *Minimum DC voltage on input or I/O pins –0.5 V. During voltage transitions, the input may overshoot V_{SS} to –2.0 V for periods of up to 20 ns. Maximum DC voltage on input and I/O pins is V_{CC} + 5 V. During voltage transitions, input and I/O pins may overshoot to V_{CC} + 2.0 V for periods up to 20 ns.*
2. *Minimum DC input voltage on A9 is –0.5 V. During voltage transitions, A9 and V_{PP} may overshoot V_{SS} to –2.0 V for periods of up to 20 ns. A9 and V_{PP} must not exceed +13.5 V at any time.*

Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only; functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure of the device to absolute maximum ratings for extended periods may affect device reliability.

OPERATING RANGES

Commercial (C) Devices

Ambient Temperature (T_A) . . . . . 0°C to +70°C

Industrial (I) Devices

Ambient Temperature (T_A) . . . . . –40°C to +85°C

Extended (E) Devices

Ambient Temperature (T_A) . . . . . –55°C to +125°C

Supply Read Voltages

V_{CC} for ± 5% devices . . . . . +4.75 V to +5.25 V
V_{CC} for ± 10% devices . . . . . +4.50 V to +5.50 V

Operating ranges define those limits between which the functionality of the device is guaranteed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AMD

DC CHARACTERISTICS over operating range (unless otherwise specified)

Parameter Symbol	Parameter Description	Test Conditions		Min	Max	Unit
V_{OH}	Output HIGH Voltage	I_{OH} = –400 µA		2.4		V
V_{OL}	Output LOW Voltage	I_{OL} = 2.1 mA			0.45	V
V_{IH}	Input HIGH Voltage			2.0	V_{CC} + 0.5	V
V_{IL}	Input LOW Voltage			–0.5	+0.8	V
I_{LI}	Input Load Current	V_{IN} = 0 V to V_{CC}			1.0	µA
I_{LO}	Output Leakage Current	V_{OUT} = 0 V to V_{CC}	C/I Devices		1.0	µA
			E Devices		5.0	
I_{CC1}	V_{CC} Active Current (Note 2)	CE# = V_{IL}, f = 10 MHz, I_{OUT} = 0 mA			25	mA
I_{CC2}	V_{CC} TTL Standby Current	CE# = V_{IH}			1.0	mA
I_{CC3}	V_{CC} CMOS Standby Current	CE# = V_{CC} ± 0.3 V			100	µA
I_{PP1}	V_{PP} Supply Current (Read)	CE# = OE# = V_{IL}, V_{PP} = V_{CC}			100	µA

***Caution**: The device must not be removed from (or inserted into) a socket when V_{CC} or V_{PP} is applied.*

Notes:

1. *V_{CC} must be applied simultaneously or before V_{PP} and removed simultaneously or after V_{PP}.*
2. *I_{CC1} is tested with OE# = V_{IH} to simulate open outputs.*
3. *Minimum DC Input Voltage is –0.5 V. During transitions, the inputs may overshoot to –2.0 V for periods less than 20 ns. Maximum DC Voltage on output pins is V_{CC} + 0.5 V, which may overshoot to V_{CC} + 2.0 V for periods less than 20 ns.*

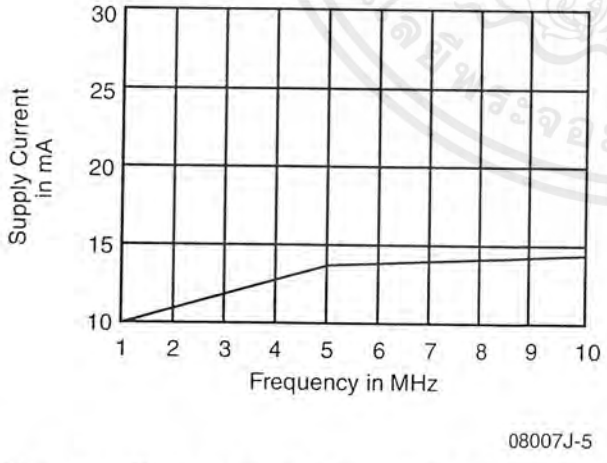


Figure 1. Typical Supply Current vs. Frequency
V_{CC} = 5.5 V, T = 25°C

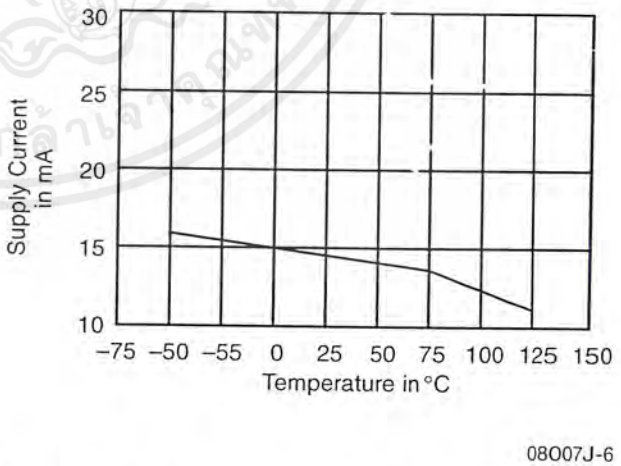
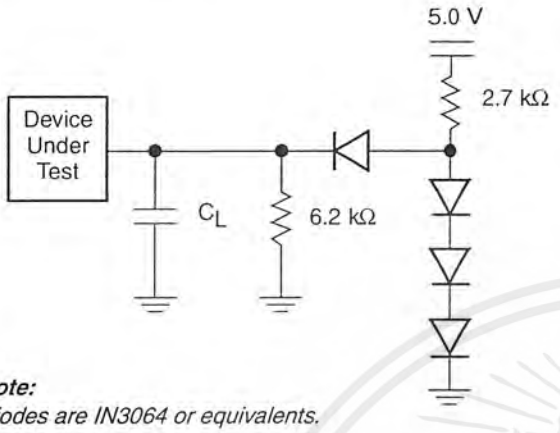


Figure 2. Typical Supply Current vs. Temperature
V_{CC} = 5.5 V, f = 10 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEST CONDITIONS



Note:
Diodes are IN3064 or equivalents.

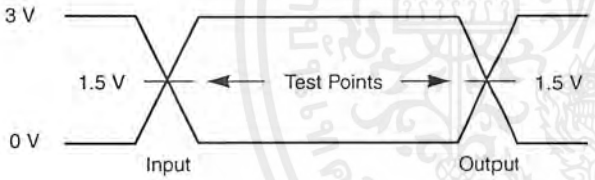
08007J-7

Figure 3. Test Setup

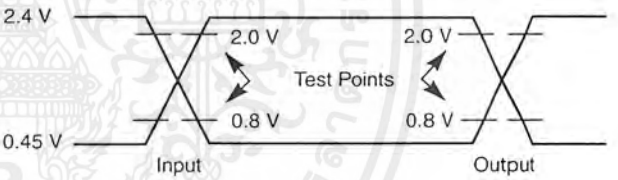
Table 1. Test Specifications

Test Condition	-45, -55 and -70	All others	Unit
Output Load	1 TTL gate		
Output Load Capacitance, C_L (including jig capacitance)	30	100	pF
Input Rise and Fall Times	≤ 20		ns
Input Pulse Levels	0.0–3.0	0.45–2.4	V
Input timing measurement reference levels	1.5	0.8, 2.0	V
Output timing measurement reference levels	1.5	0.8, 2.0	V

SWITCHING TEST WAVEFORM



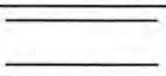
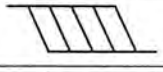
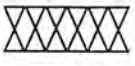
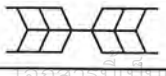
Note: *For C_L = 30 pF.*



Note: *For C_L = 100 pF.*

08007J-8

KEY TO SWITCHING WAVEFORMS

WAVEFORM	INPUTS	OUTPUTS
	Steady	
	Changing from H to L	
	Changing from L to H	
	Don't Care, Any Change Permitted	Changing, State Unknown
	Does Not Apply	Center Line is High Impedance State (High Z)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AMD

AC CHARACTERISTICS

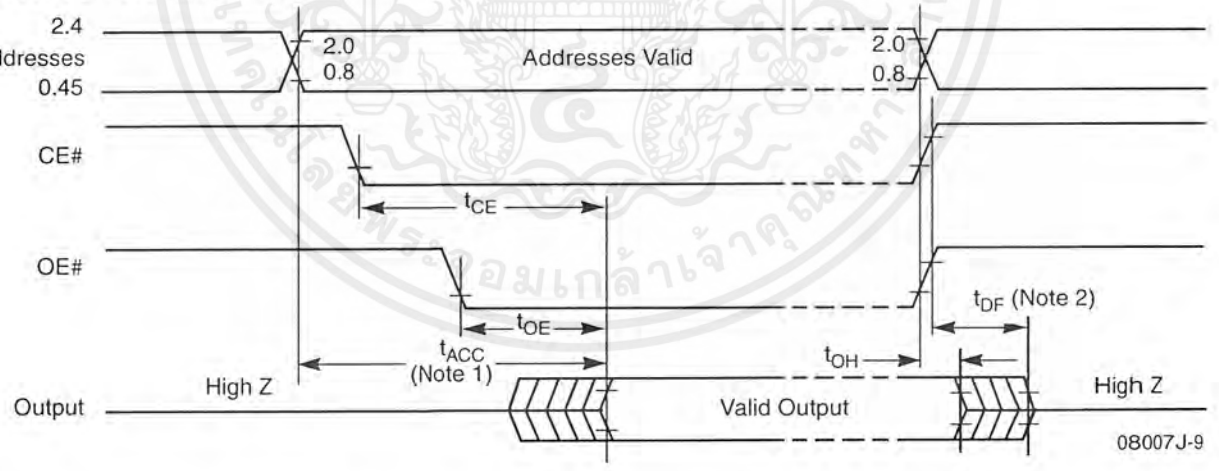
Parameter Symbols		Description	Test Setup		Am27C256								Unit
JEDEC	Standard				-45	-55	-70	-90	-120	-150	-200	-255	
t_{AVQV}	t_{ACC}	Address to Output Delay	CE#, OE# = V_{IL}	Max	45	55	70	90	120	150	200	250	ns
t_{ELQV}	t_{CE}	Chip Enable to Output Delay	OE# = V_{IL}	Max	45	55	70	90	120	150	200	250	ns
t_{GLQV}	t_{OE}	Output Enable to Output Delay	CE# = V_{IL}	Max	30	35	40	40	50	50	50	50	ns
t_{EHQZ} t_{GHQZ}	t_{DF} (Note 2)	Chip Enable High or Output Enable High to Output High Z, Whichever Occurs First		Max	25	25	25	25	30	30	30	30	ns
t_{AXQX}	t_{OH}	Output Hold Time from Addresses, CE# or OE#, Whichever Occurs First		Min	0	0	0	0	0	0	0	0	ns

Caution: *Do not remove the device from (or insert it into) a socket or board that has V_{PP} or V_{CC} applied.*

Notes:

1. *V_{CC} must be applied simultaneously or before V_{PP} and removed simultaneousiy or after V_{PP}*
2. *This parameter is sampled and not 100% tested.*
3. *Switching characteristics are over operating range, unless otherwise specified.*
4. *See Figure 3 and Table 1 for test specifications.*

SWITCHING WAVEFORMS



Notes:

1. *OE# may be delayed up to $t_{ACC} - t_{OE}$ after the falling edge of the addresses without impact on t_{ACC}.*
2. *t_{DF} is specified from OE# or 'CE#, whichever occurs first.*

PACKAGE CAPACITANCE

Parameter Symbol	Parameter Description	Test Conditions	CDV028		PL 032		PD 028		Unit
			Typ	Max	Typ	Max	Typ	Max	
C_{IN}	Input Capacitance	V_{IN} = 0	8	12	8	12	6	10	pF
C_{OUT}	Output Capacitance	V_{OUT} = 0	8	12	8	12	8	10	pF

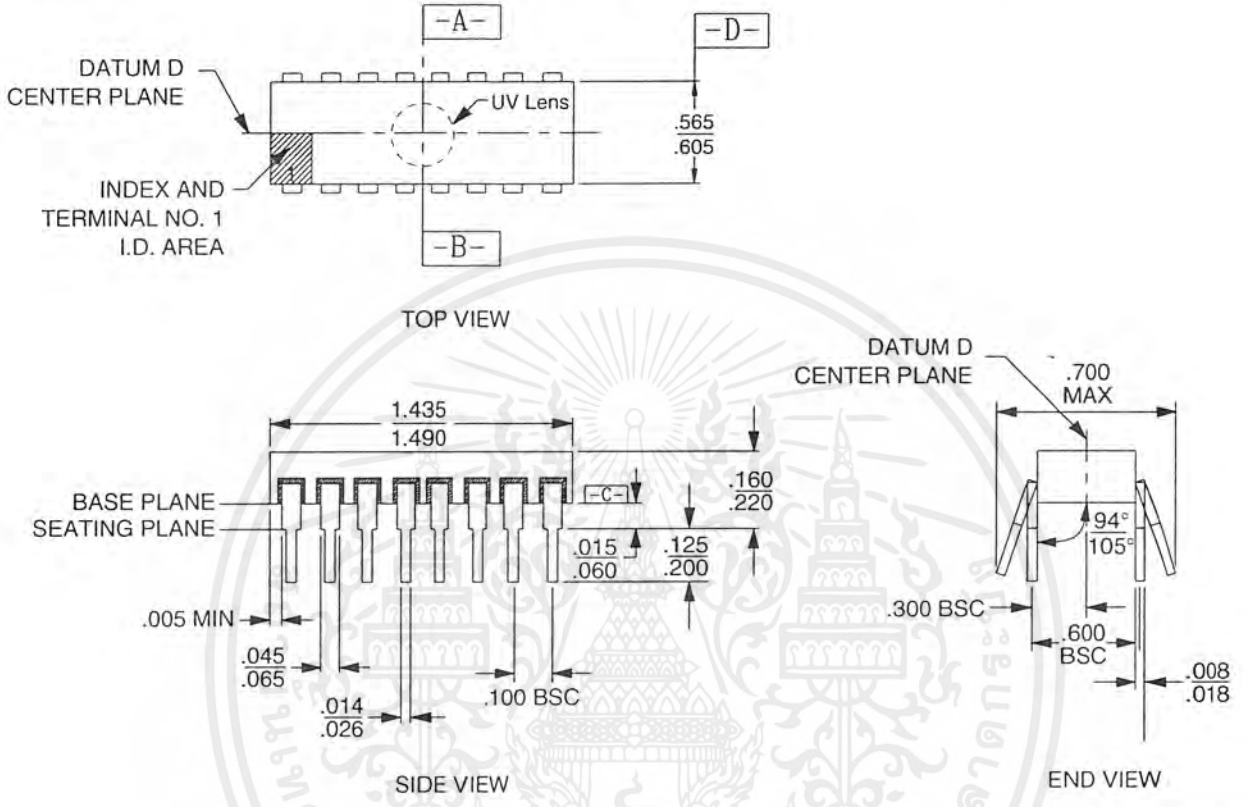
Notes:

1. *This parameter is only sampled and not 100% tested.*
2. *T_A = +25°C, f = 1 MHz.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

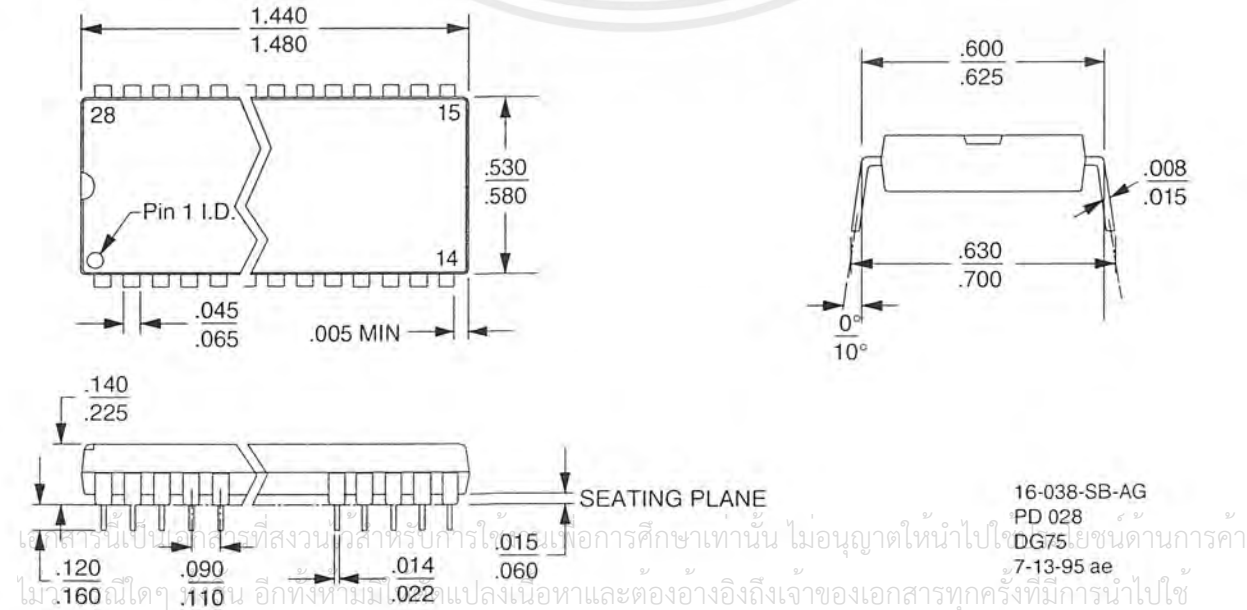
PHYSICAL DIMENSIONS*

CDV028—28-Pin Ceramic Dual In-Line Package, UV Lens (measured in inches)



** For reference only. BSC is an ANSI standard for Basic Space Centering.*

PD 028—28-Pin Plastic Dual In-Line Package (measured in inches)

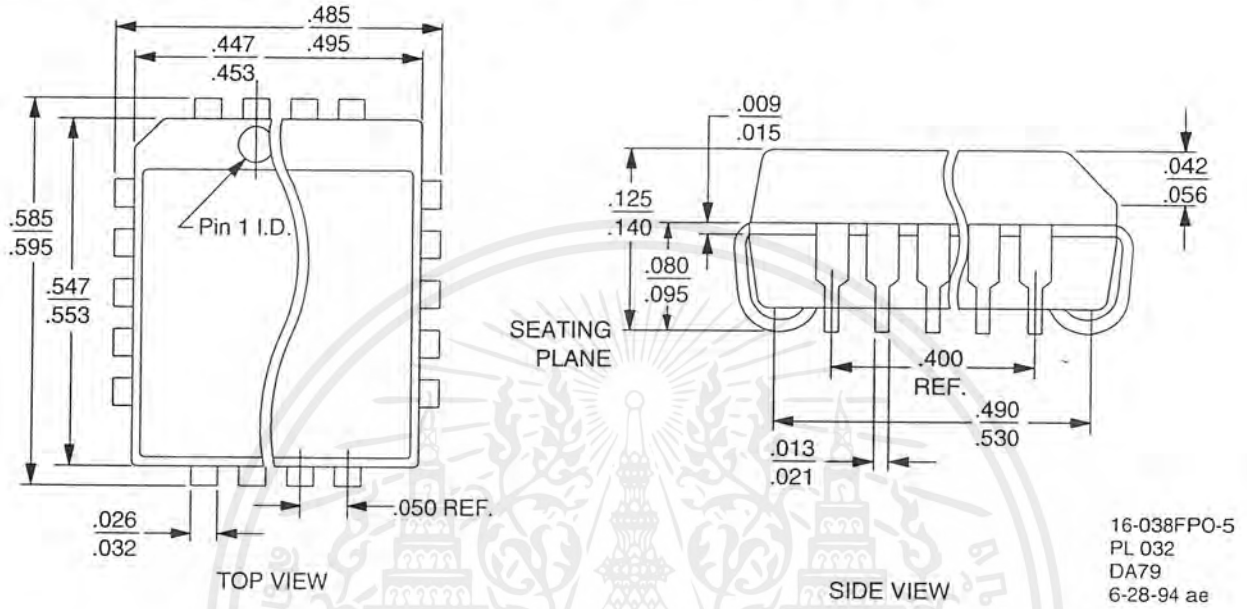


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AMD

PHYSICAL DIMENSIONS

PL 032—32-Pin Plastic Leaded Chip Carrier (measured in inches)



REVISION SUMMARY FOR AM27C256

Revision I (May 1998)

Global

Changed formatting to match current data sheets.

Distinctive Characteristics

Fast access time: Changed "Speed options as fast as 55 ns" to "Speed options as fast as 45 ns".

Product Selector Guide

Added the -45 speed option.

Ordering Information

UV EPROM Products: Added the AM27C256-45 Valid Combination.

Test Conditions

Table 1. Test Specifications: Added the -45 speed option.

AC Characteristics

Added the -45 speed option.

Revision J (July 14, 1999)

Mode Select Table

Corrected OE# during program mode and CE# during program verify mode to V_{IH}.

Trademarks

Copyright © 1999 Advanced Micro Devices, Inc. All rights reserved.

AMD, the AMD logo, and combinations thereof are trademarks of Advanced Micro Devices, Inc.

Flashrite is a trademark of Advanced Micro Devices, Inc.

Product names used in this publication are for identification purposes only and may be trademarks of their respective companies

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8K x 8 Bit Fast Static RAM

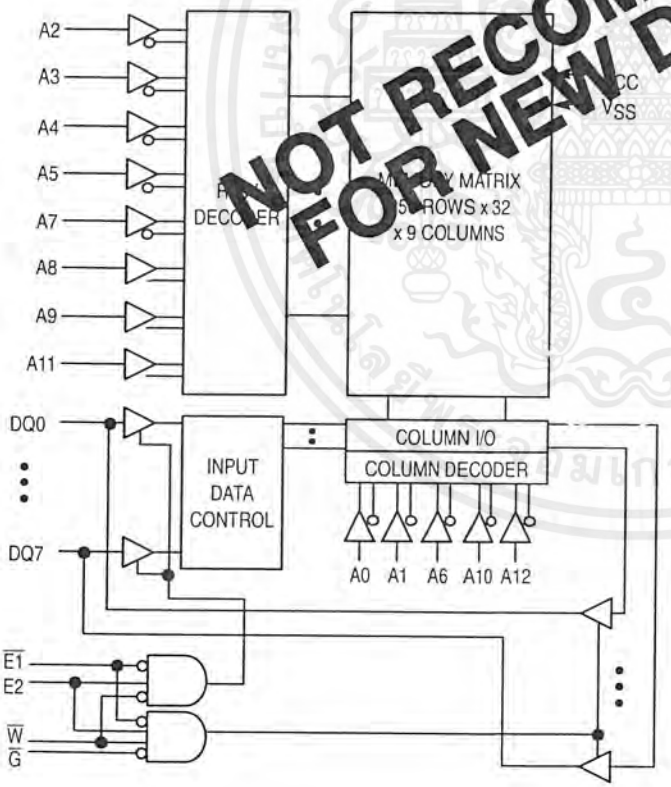
The MCM6264C is fabricated using Motorola's high–performance silicon–gate CMOS technology. Static design eliminates the need for external clocks or timing strobes, while CMOS circuitry reduces power consumption and provides for greater reliability.

This device meets JEDEC standards for functionality and pinout, and is available in plastic dual–in–line and plastic small–outline J–leaded packages.

- Single 5 V ± 10% Power Supply
- Fully Static — No Clock or Timing Strobes Necessary
- Fast Access Times: 12, 15, 20, 25, and 35 ns
- Equal Address and Chip Enable Access Times
- Output Enable ($\overline{G}$) Feature for Increased System Flexibility and to Eliminate Bus Contention Problems
- Low Power Operation: 110 – 150 mA Maximum AC
- Fully TTL Compatible — Three State Output

NOT RECOMMENDED FOR NEW DESIGNS

BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRUTH TABLE (X = Don't Care)

$\overline{E1}$	E2	$\overline{G}$	$\overline{W}$	Mode	V_{CC} Current	Output	Cycle
H	X	X	X	Not Selected	I_{SB1}, I_{SB2}	High–Z	—
X	L	X	X	Not Selected	I_{SB1}, I_{SB2}	High–Z	—
L	H	H	H	Output Disabled	I_{CCA}	High–Z	—
L	H	L	H	Read	I_{CCA}	D_{out}	Read Cycle
L	H	X	L	Write	I_{CCA}	High–Z	Write Cycle

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (See Note)

Rating	Symbol	Value	Unit
Power Supply Voltage	V_{CC}	– 0.5 to + 7.0	V
Voltage Relative to V_{SS} for Any Pin Except V_{CC}	V_{in}, V_{out}	– 0.5 to V_{CC} + 0.5	V
Output Current	I_{out}	± 20	mA
Power Dissipation	P_D	1.0	W
Temperature Under Bias	T_{bias}	– 10 to + 85	°C
Operating Temperature	T_A	0 to + 70	°C
Storage Temperature — Plastic	T_{stg}	– 55 to + 125	°C

NOTE: Permanent device damage may occur if ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS are exceeded. Functional operation should be restricted to RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS. Exposure to higher than recommended voltages for extended periods of time could affect device reliability.

This device contains circuitry to protect the inputs against damage due to high static voltages or electric fields; however, it is advised that normal precautions be taken to avoid application of any voltage higher than maximum rated voltages to these high–impedance circuits.

This CMOS memory circuit has been designed to meet the dc and ac specifications shown in the tables, after thermal equilibrium has been established. The circuit is in a test socket or mounted on a printed circuit board and transverse air flow of at least 500 linear feet per minute is maintained.

DC OPERATING CONDITIONS AND CHARACTERISTICS

(V_{CC} = 5.0 V ± 10%, T_A = 0 to +70°C, Unless Otherwise Noted)

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

Parameter	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Supply Voltage (Operating Voltage Range)	V_{CC}	4.5	5.0	5.5	V
Input High Voltage	V_{IH}	2.2	—	V_{CC} + 0.3**	V
Input Low Voltage	V_{IL}	– 0.5*	—	0.8	V

*V_{IL} (min) = – 0.5 V dc; V_{IL} (min) = – 2.0 V ac (pulse width ≤ 20 ns)
**V_{IH} (max) = V_{CC} + 0.3 V dc; V_{IH} (max) = V_{CC} + 2 V ac (pulse width ≤ 20 ns)

DC CHARACTERISTICS

Parameter	Symbol	Min	Max	Unit
Input Leakage Current (All Inputs, V_{in} = 0 to V_{CC})	$I_{lkg(I)}$	—	± 1	µA
Output Leakage Current ($\overline{E1}$ = V_{IH}, E2 = V_{IL}, or $\overline{G}$ = V_{IH}, V_{out} = 0 to V_{CC})	$I_{lkg(O)}$	—	± 1	µA
Output Low Voltage (I_{OL} = 8.0 mA)	V_{OL}	—	0.4	V
Output High Voltage (I_{OH} = – 4.0 mA)	V_{OH}	2.4	—	V

POWER SUPPLY CURRENTS

Parameter	Symbol	– 12	– 15	– 20	– 25	– 35	Unit
AC Active Supply Current (I_{out} = 0 mA, V_{CC} = Max, f = f_{max})	I_{CCA}	150	140	130	120	110	mA
AC Standby Current ($\overline{E1}$ = V_{IH} or E2 = V_{IL}, V_{CC} = Max, f = f_{max})	I_{SB1}	45	40	35	30	30	mA
Standby Current ($\overline{E1}$ ≥ V_{CC} – 0.2 V or E2 ≤ V_{SS} + 0.2 V, V_{in} ≤ V_{SS} + 0.2 V or ≥ V_{CC} – 0.2 V)	I_{SB2}	20	20	20	20	20	mA

CAPACITANCE (f = 1 MHz, dV = 3 V, T_A = 25°C, Periodically Sampled Rather Than 100% Tested)

Parameter	Symbol	Max	Unit
Address Input Capacitance	C_{in}	6	pF
Control Pin Input Capacitance ($\overline{E1}$, E2, $\overline{G}$, $\overline{W}$)	C_{in}	6	pF
I/O Capacitance	$C_{I/O}$	7	pF

เอกสารนี้จัดทำขึ้นสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC OPERATING CONDITIONS AND CHARACTERISTICS

(V_{CC} = 5.0 V ± 10%, T_A = 0 to + 70°C, Unless Otherwise Noted)

Input Timing Measurement Reference Level ..... 1.5 V
Input Pulse Levels ..... 0 to 3.0 V
Input Rise/Fall Time ..... 5 ns

Output Timing Measurement Reference Level ..... 1.5 V
Output Load ..... See Figure 1A Unless Otherwise Noted

READ CYCLE (See Notes 1 and 2)

Parameter	Symbol	–12		–15		–20		–25		–35		Unit	Notes
		Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max		
Read Cycle Time	t_{AVAV}	12	—	15	—	20	—	25	—	35	—	ns	3
Address Access Time	t_{AVQV}	—	12	—	15	—	20	—	25	—	35	ns	
Enable Access Time	t_{ELQV}	—	12	—	15	—	20	—	25	—	35	ns	4
Output Enable Access Time	t_{GLQV}	—	6	—	8	—	10	—	11	—	12	ns	
Output Hold from Address Change	t_{AXQX}	4	—	4	—	4	—	4	—	4	—	ns	
Enable Low to Output Active	t_{ELQX}	4	—	4	—	4	—	4	—	4	—	ns	5, 6 ,7
Enable High to Output High–Z	t_{EHQZ}	0	6	0	8	0	9	0	10	0	11	ns	5, 6, 7
Output Enable Low to Output Active	t_{GLQX}	0	—	0	—	0	—	0	—	0	—	ns	5, 6, 7
Output Enable High to Output High–Z	t_{GHQZ}	0	6	0	7	0	8	0	9	0	10	ns	5, 6, 7
Power Up Time	t_{ELICCH}	0	—	0	—	0	—	0	—	0	—	ns	
Power Down Time	t_{EHICCL}	—	12	—	15	—	20	—	25	—	35	ns	

NOTES:
1. $\overline{W}$ is high for read cycle.
2. $\overline{E1}$ and E2 are represented by $\overline{E}$ in this data sheet. E2 is of opposite polarity to $\overline{E}$.
3. All timings are referenced from the last valid address to the first transitioning address.
4. Addresses valid prior to or coincident with $\overline{E}$ going low.
5. At any given voltage and temperature, t_{EHQZ} (max) is less than t_{ELQX} (min), and t_{GHQZ} (max) is less than t_{GLQX} (min), both for a given device and from device to device.
6. Transition is measured ± 500 mV from steady–state voltage with load of Figure 1B.
7. This parameter is sampled and not 100% tested.
8. Device is continuously selected ($\overline{E1}$ = V_{IL}, E2 = V_{IH}, $\overline{G}$ = V_{IL}).

AC TEST LOADS

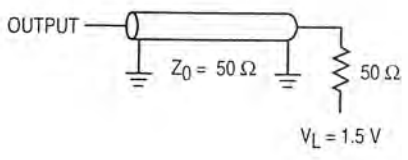


Figure 1A

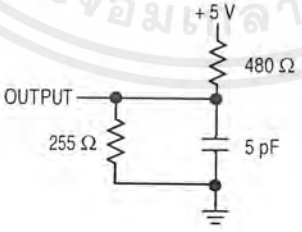


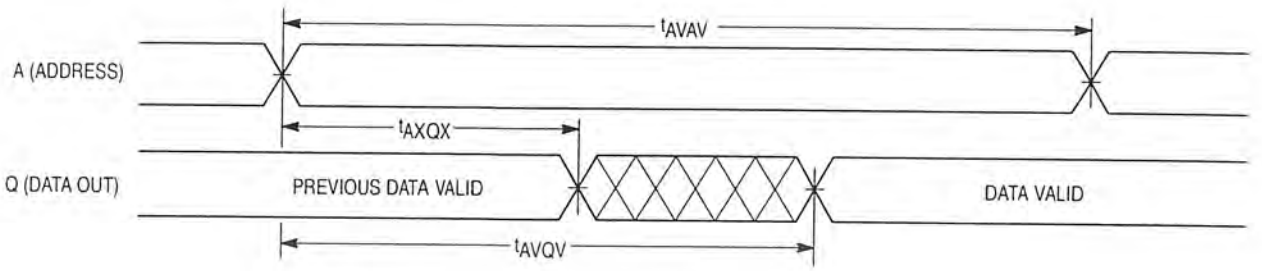
Figure 1B

TIMING LIMITS

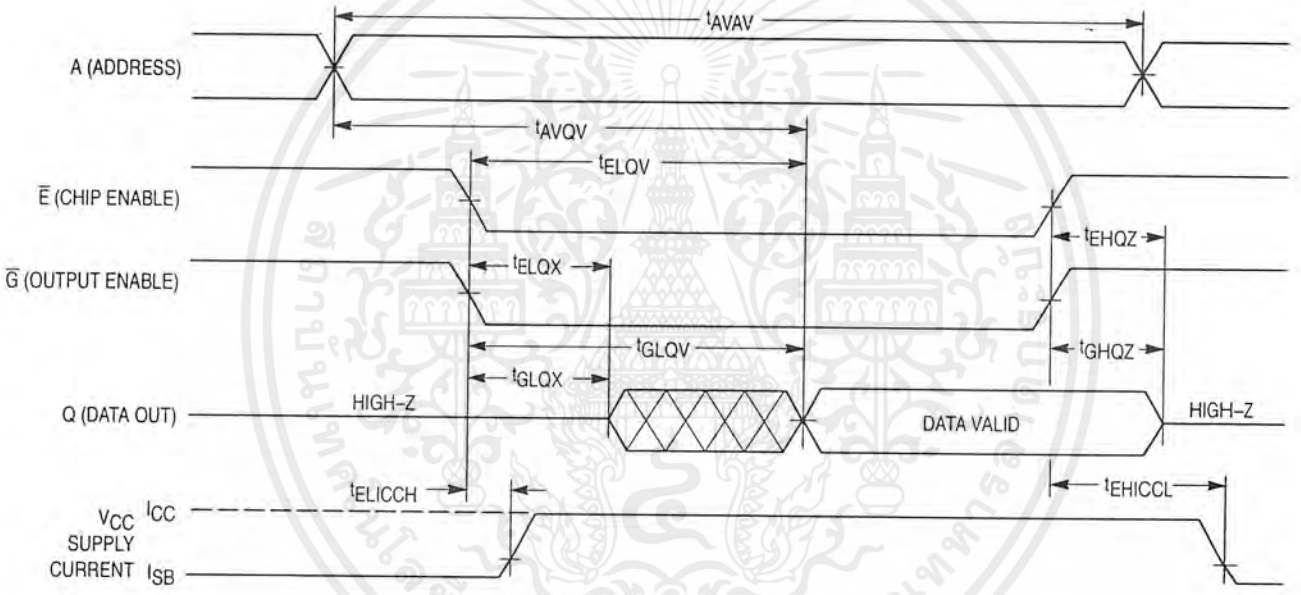
The table of timing values shows either a minimum or a maximum limit for each parameter. Input requirements are specified from the external system point of view. Thus, address setup time is shown as a minimum since the system must supply at least that much time (even though most devices do not require it). On the other hand, responses from the memory are specified from the device point of view. Thus, the access time is shown as a maximum since the device never provides data later than that time.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

READ CYCLE 1 (See Note 8)



READ CYCLE 2 (See Note 4)



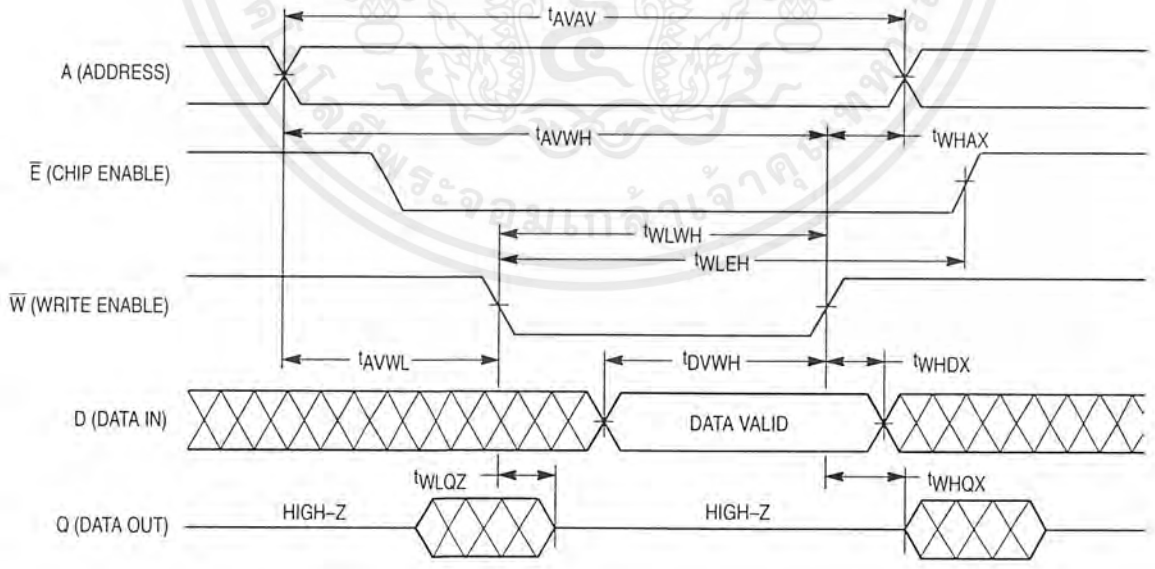
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WRITE CYCLE 1 ($\overline{W}$ Controlled, See Notes 1, 2, and 3)

Parameter	Symbol	-12		-15		-20		-25		-35		Unit	Notes
		Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max		
Write Cycle Time	t_{AVAV}	12	—	15	—	20	—	25	—	35	—	ns	4
Address Setup Time	t_{AVWL}	0	—	0	—	0	—	0	—	0	—	ns	
Address Valid to End of Write	t_{AVWH}	10	—	12	—	15	—	17	—	20	—	ns	
Write Pulse Width	t_{WLWH}, t_{WLEH}	10	—	12	—	15	—	17	—	20	—	ns	
Write Pulse Width, $\overline{G}$ High	t_{WLWH}, t_{WLEH}	8	—	10	—	12	—	15	—	17	—	ns	5
Data Valid to End of Write	t_{DVWH}	6	—	7	—	8	—	10	—	12	—	ns	
Data Hold Time	t_{WHDX}	0	—	0	—	0	—	0	—	0	—	ns	
Write Low to Output High–Z	t_{WLQZ}	0	6	0	7	0	8	0	10	0	12	ns	6, 7, 8
Write High to Output Active	t_{WHQX}	4	—	4	—	4	—	4	—	4	—	ns	6, 7, 8
Write Recovery Time	t_{WHAX}	0	—	0	—	0	—	0	—	0	—	ns	

NOTES:
1. A write occurs during the overlap of $\overline{E}$ low and $\overline{W}$ low.
2. $\overline{E1}$ and E2 are represented by $\overline{E}$ in this data sheet. E2 is of opposite polarity to $\overline{E}$.
3. If $\overline{G}$ goes low coincident with or after $\overline{W}$ goes low, the output will remain in a high impedance state.
4. All timings are referenced from the last valid address to the first transitioning address.
5. If $\overline{G} \geq V_{IH}$, the output will remain in a high impedance state.
6. At any given voltage and temperature, t_{WLQZ} (max) is less than t_{WHQX} (min), both for a given device and from device to device.
7. Transition is measured ± 500 mV from steady–state voltage with load of Figure 1B.
8. This parameter is sampled and not 100% tested.

WRITE CYCLE 1 ($\overline{W}$ Controlled, See Notes 1, 2, and 3)



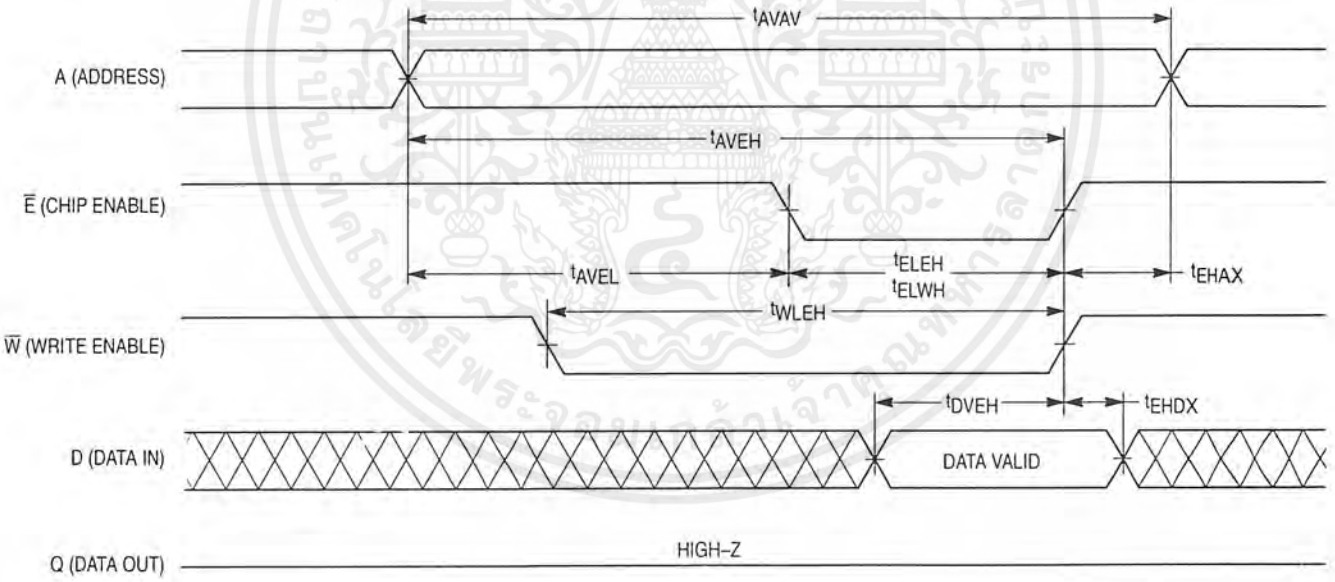
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WRITE CYCLE 2 ($\overline{E}$ Controlled, See Notes 1 and 2)

Parameter	Symbol	-12		-15		-20		-25		-35		Unit	Notes
		Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max		
Write Cycle Time	t_{AVAV}	12	—	15	—	20	—	25	—	35	—	ns	3
Address Setup Time	t_{AVEL}	0	—	0	—	0	—	0	—	0	—	ns	
Address Valid to End of Write	t_{AVEH}	12	—	12	—	15	—	20	—	25	—	ns	
Enable to End of Write	t_{ELEH}, t_{ELWH}	10	—	10	—	12	—	15	—	25	—	ns	4, 5
Write Pulse Width	t_{WLEH}	10	—	12	—	15	—	17	—	20	—	ns	
Data Valid to End of Write	t_{DVEH}	7	—	7	—	8	—	10	—	15	—	ns	
Data Hold Time	t_{EHDX}	0	—	0	—	0	—	0	—	0	—	ns	
Write Recovery Time	t_{EHAX}	0	—	0	—	0	—	0	—	0	—	ns	

NOTES:
1. A write occurs during the overlap of $\overline{E}$ low and $\overline{W}$ low.
2. $\overline{E1}$ and E2 are represented by $\overline{E}$ in this data sheet. E2 is of opposite polarity to $\overline{E}$.
3. All timings are referenced from the last valid address to the first transitioning address.
4. If $\overline{E}$ goes low coincident with or after $\overline{W}$ goes low, the output will remain in a high impedance state.
5. If $\overline{E}$ goes high coincident with or before $\overline{W}$ goes high, the output will remain in a high impedance state.

WRITE CYCLE 2 ($\overline{E}$ Controlled, See Notes 1 and 2)



ORDERING INFORMATION
(Order by Full Part Number)

MCM 6264C X XX XX

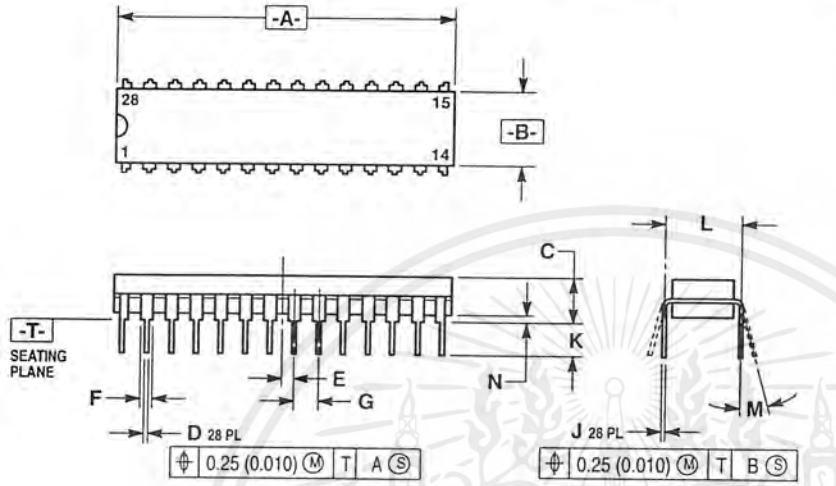
- MCM — Motorola Memory Prefix
- 6264C — Part Number
- X — Package (P = 300 mil Plastic, J = 300 mil SOJ)
- XX — Speed (12 = 12 ns, 15 = 15 ns, 20 = 20 ns, 25 = 25 ns, 35 = 35 ns)
- XX — Shipping Method (R2 = Tape and Reel, Blank = Rails)

Full Part Numbers —			
	MCM6264CP12	MCM6264CJ12	MCM6264CJ12R2
	MCM6264CP15	MCM6264CJ15	MCM6264CJ15R2
	MCM6264CP20	MCM6264CJ20	MCM6264CJ20R2
	MCM6264CP25	MCM6264CJ25	MCM6264CJ25R2
	MCM6264CP35	MCM6264CJ35	MCM6264CJ35R2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGE DIMENSIONS

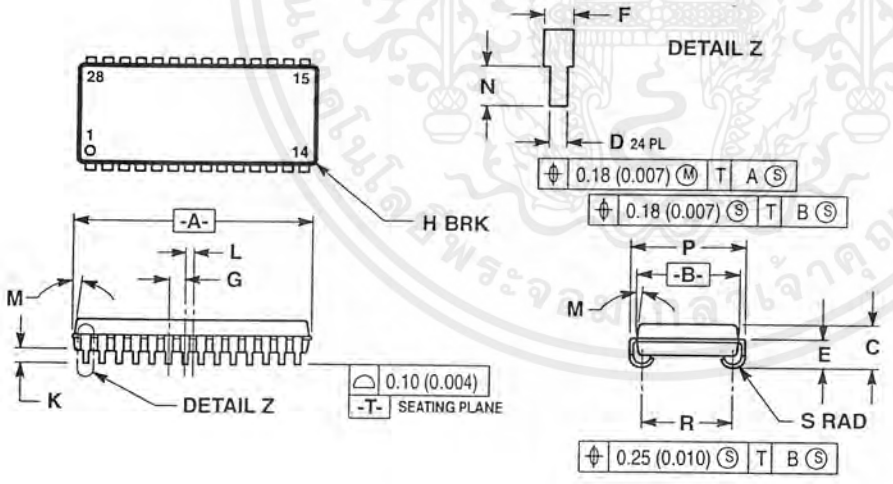
28 LEAD
300 MIL PDIP
CASE 710B–01



NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
3. DIMENSION L TO CENTER OF LEAD WHEN FORMED PARALLEL.
4. DIMENSION A AND B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH. MAXIMUM MOLD FLASH 0.25 (0.010).

	MILLIMETERS		INCHES	
DIM	MIN	MAX	MIN	MAX
A	34.55	34.79	1.360	1.370
B	7.12	7.62	0.280	0.300
C	3.81	4.57	0.150	0.180
D	0.39	0.53	0.015	0.021
E	1.27 BSC		0.050 BSC	
F	1.15	1.39	0.045	0.055
G	2.54 BSC		0.100 BSC	
J	0.21	0.30	0.008	0.012
K	3.18	3.42	0.125	0.135
L	7.62 BSC		0.300 BSC	
M	0°	15°	0°	15°
N	0.51	1.01	0.020	0.040

28 LEAD
300 MIL SOJ
CASE 810B–03



NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. DIMENSION A & B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION. MOLD PROTRUSION SHALL NOT EXCEED 0.15 (0.006) PER SIDE.
3. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
4. DIM R TO BE DETERMINED AT DATUM -T-.
5. 810B-01 AND -02 OBSOLETE, NEW STANDARD 810B-03.

	MILLIMETERS		INCHES	
DIM	MIN	MAX	MIN	MAX
A	18.29	18.54	0.720	0.730
B	7.50	7.74	0.295	0.305
C	3.26	3.75	0.128	0.148
D	0.39	0.50	0.015	0.020
E	2.24	2.48	0.088	0.098
F	0.67	0.81	0.026	0.032
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
H	—	0.50	—	0.020
K	0.89	1.14	0.035	0.045
L	0.64 BSC		0.025 BSC	
M	0°	10°	0°	10°
N	0.76	1.14	0.030	0.045
P	8.38	8.64	0.330	0.340
R	6.60	6.86	0.260	0.270
S	0.77	1.01	0.030	0.040

Motorola reserves the right to make changes without further notice to any products herein. Motorola makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does Motorola assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters can and do vary in different applications. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. Motorola does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. Motorola products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the Motorola product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Motorola products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Motorola and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that Motorola was negligent regarding the design or manufacture of the part. Motorola and Ⓜ are registered trademarks of Motorola, Inc. Motorola, Inc. is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

54373/74373 Octal D-Type Transparent Latches and Edge-Triggered Flip-Flops

	Schottky TTL					High-Speed TTL					Low-Power Schottky TTL					Standard TTL					Low-Powe
	Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type
		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF	
T.I.	SN54S373	J ①									SN54LS373	J ①									
	SN74S373	J ①	N ①								SN74LS373	J ①	N ①								
FAIRCHILD																					
MOTOROLA																					
N.S.C.																					
PHILIPS																					
SIGNETICS																					
SIEMENS																					
FUJITSU																					
HITACHI																					
MITSUBISHI																					
NEC																					
TOSHIBA																					

Electrical Characteristics SN54LS373/SN74LS373

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V_{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS	−55°C to 125°C
Input voltage	7V		SN74LS	0°C to 70°C
		Storage temperature range		−65°C to 150°C

recommend operating conditions

		SN54LS373			SN74LS373			UNIT
		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V_{CC}		4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}				−1			−2.6	mA
High-level output voltage, V_{OH}				5.5			5.5	V
Pulse width, t_W	Clock enable high	15			15			ns
	Clock enable high	15			15			
Setup time, t_{SUTUP}		0↓			0↓			ns
Hold time, t_{hold}		10↓			10↓			ns
Operating free-air temperature, T_A		−55		125	0		70	°C

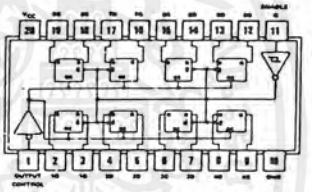
electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS‡		MIN	TYP‡	MAX	UNIT
V_{IH}	High-level input voltage			2			V
V_{IL}	Low-level input voltage					0.8	V
V_{IK}	Input clamp voltage	V_{CC}=MIN, I_I=−18mA				−1.5	V
V_{OH}	High-level output voltage	V_{CC}=MIN, V_{IH}=2V, V_{IL}=V_{IL} max, I_{OH}=MAX		2.4	3.1		V
V_{OL}	Low-level output voltage	V_{CC}=MIN, V_{IH}=2V, V_{IL}=V_{IL} max	I_{OL}=24mA		0.35	0.5	V
I_{OZH}	Off-state output current, high-level voltage applied	V_{CC}=MAX, V_{IH}=2V, V_O=2.7V				20	μA
I_{OZL}	Off-state output current, low-level voltage applied	V_{CC}=MAX, V_{IH}=2V, V_O=0.4V				−20	μA
I_I	Input current at maximum input voltage	V_{CC}=MAX, V_I=7V				0.1	mA
I_{IH}	High-level input current	V_{CC}=MAX, V_I=2.7V				20	μA
I_{IL}	Low-level input current	V_{CC}=MAX, V_I=0.4V				−0.4	mA
I_{OS}	Short-circuit output current §	V_{CC}=MAX		−30		−130	mA
I_{CC}	Supply current	V_{CC}=MAX, Output control at 4.5V	'LS373		24	40	mA

switching characteristics, V_{CC}=5V, T_A=25°C

PARAMETER	FROM (INPUT)	TO (OUTPUT)	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
f_{max}			C_L=45pF, R_L=667Ω, See Notes 2 and 3				MHz
t_{PLH}	Data	Any Q			12	18	ns
t_{PHL}					12	18	
t_{PLH}	Clock or enable	Any Q			20	30	ns
t_{PHL}					18	30	
t_{PZH}	Output Control	Any Q			15	28	ns
t_{PZL}					25	36	
t_{PHZ}	Output Control	Any Q	C_L=5pF, R_L=667Ω, See Note 3		12	20	ns
t_{PLZ}					15	25	

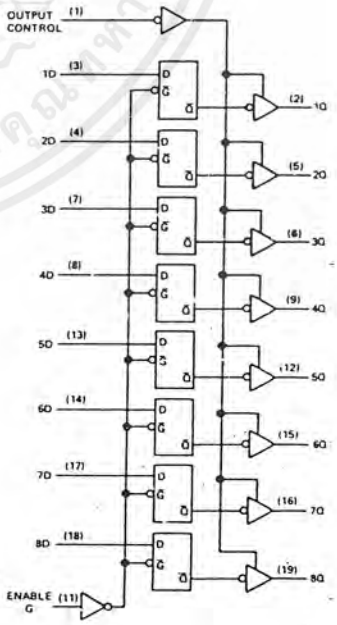
Pin Assignments (Top View)



SN54LS373 (J)
SN54S373 (J)

SN74LS373 (J, N)
SN74S373 (J, N)

'LS373, 'S373
TRANSPARENT LATCHES



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ขวัญชัย คชสง่า และคณะ. 2540. " **เตียงผู้ป่วยแบบอัตโนมัติ** "ปริญญานิพนธ์สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ทวีศักดิ์ ไพศาลภานุมาศ และคณะ. 2540 " **เครื่องควบคุมตำแหน่งจานรับดาวเทียม** " ปริญญานิพนธ์สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุนทร วิทูสุรพจน์. 2537. " **การโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051**" : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ธีรวัฒน์ ประกอบผล. 2540. "**การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์**" : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทยญี่ปุ่น).

ชูชัย ธนสารตั้งเจริญ และคณะ. " **การใช้งาน Z-80** " : ศูนย์ภาษาคอมพิวเตอร์.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายขวัญชัย จันเพชร
วัน เดือน ปีเกิด	23 เมษายน 2520
สถานที่เกิด	จังหวัด กำแพงเพชร
ภูมิลำเนาเดิม	6 หมู่ที่ 6 ตำบล อ่างทอง
	อำเภอ เมือง
	จังหวัด กำแพงเพชร 62000
ที่อยู่ปัจจุบัน	111/51 หมู่ที่ 3 ซอย ไปรษณีย์เก่า
	ถนน อ่อนนุช แขวงลาดกระบัง
	เขต ลาดกระบัง
	กรุงเทพมหานครฯ 10520

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านโนนโก
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนวชิรปราการวิทยาคม
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคกำแพงเพชร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคกำแพงเพชร
ปริญญาตรี	สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	ความกตัญญูคือเครื่องหมายของคนดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายจรัส ฉนัดหมอ
วัน เดือน ปีเกิด	10 กุมภาพันธ์ 2519
สถานที่เกิด	จังหวัด นครราชสีมา
ภูมิลำเนาเดิม	77/11 หมู่ที่ 13 ตำบล หนองระเรียง อำเภอ พิมาย จังหวัด นครราชสีมา 30110
ที่อยู่ปัจจุบัน	111/51 หมู่ที่ 3 ซอย ไปรษณีย์เก่า ถนน อ่อนนุช แขวงลาดกระบัง เขต ลาดกระบัง กรุงเทพมหานครฯ 10520

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนชุมชนบ้านบุสามัคคีพัฒนา
มัธยมศึกษา	โรงเรียนเพชรหนองขาม
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา
ปริญญาตรี	สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	ผู้มีความหมั่นเพียรย่อมพบกับความสำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายธนัน ปลื้มรุ่งโรจน์
วัน เดือน ปีเกิด	23 มิถุนายน 2521
สถานที่เกิด	จังหวัด หนองคาย
ภูมิลำเนาเดิม	1032 ถนนแก้ววรวุฒิ ตำบล ในเมือง
	อำเภอ เมือง
	จังหวัด หนองคาย 43000
ที่อยู่ปัจจุบัน	111/51 หมู่ที่ 3 ซอย ไปรษณีย์เก่า
	ถนน อ่อนนุช แขวงลาดกระบัง
	เขต ลาดกระบัง
	กรุงเทพมหานครฯ 10520
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนเทศบาล 2 ชำนาญอนุเคราะห์
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนปทุมเทพวิทยาคาร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคหนองคาย
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคหนองคาย
ปริญญาตรี	สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	ภูมิใจกับสิ่งที่ได้มา ยอมรับกับสิ่งที่เสียไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายรุ่ง จันทร์อยู่
วัน เดือน ปีเกิด	21 เมษายน 2521
สถานที่เกิด	จังหวัด พิจิตร
ภูมิลำเนาเดิม	68/1 หมู่ที่ 6 ตำบล กำแพงดิน อำเภอ สามง่าม จังหวัด พิจิตร 66220
ที่อยู่ปัจจุบัน	111/51 หมู่ที่ 3 ซอย ไปรษณีย์เก่า ถนน อ่อนนุช แขวงลาดกระบัง เขต ลาดกระบัง กรุงเทพมหานครฯ 10520
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดศรีศรัทธาราม
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนกำแพงดินพิทยาคม
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคพิจิตร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคพิจิตร
ปริญญาตรี	สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	ไม่มีใครไม่เคยทำผิดแต่ต้องรู้จักคิดแก้ปัญหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้