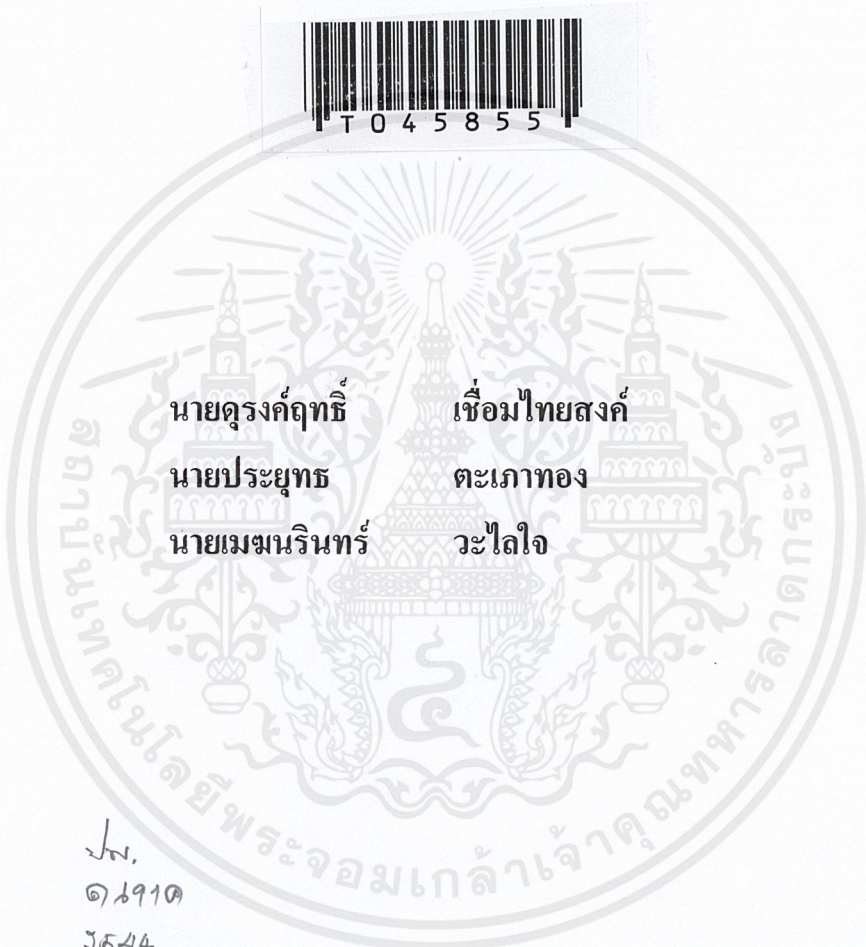


เครื่องนับเหรียญ

COIN MANAGEMENT



นายดุรงค์ฤทธิ์ เชื่อมไทยสงค์  
นายประยุทธ ตะเภททอง  
นายเมฆนรินทร์ วะไลใจ

ร.ร.  
๑๖๑๑๑  
๖๕๔๔

เลขทพ.....  
เลขทะเบียน..... 45855  
วัน, เดือน, ปี..... 19 ก.พ. 2546

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

ปริญญาบัตรนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๒๕๔๕

# COIN MANAGEMENT




**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING  
DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**2001**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองปริญญาโท

หัวข้อปริญญาโท เครื่องนับเหรียญ  
COIN MANAGEMENT  
นักศึกษาผู้จัดทำ นายดุรงค์ฤทธิ์ เชื้อมไทยสงค์ รหัสประจำตัว 42015433  
นายประยูทธ ตะเภาทอง รหัสประจำตัว 42015442  
นายเมฆนรินทร์ วะไลใจ รหัสประจำตัว 42015451  
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม  
ปีการศึกษา 2544

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาโท	ลายมือชื่อ
อ.สาท คำมูล	
อ.ไสว พงศ์สวัสดิ์	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันพฤหัสบดี ที่ 28 มีนาคม พ.ศ. 2545  
สถานที่สอบ ณ ห้องสอบปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชารับรองแล้ว



(ผศ.ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญาานิพนธ์	เครื่องนับเหรียญ COIN MANAGEMENT	
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายดุรงค์ฤทธิ์	เชื่อมไทยสงค์
	นายประยุทธ์	ตะเกาทอง
	นายเมฆนรินทร์	วะไลใจ
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์สาท	คำมุด
	อาจารย์ไสว	พงศ์สวัสดิ์
ปีการศึกษา	2544	

### บทคัดย่อ

ในปัจจุบันนี้การนับจำนวนของเหรียญ เพื่อที่จะต้องการทราบค่าของเงินนั้น ต้องใช้เวลาในการนับที่ค่อนข้างมาก ทำให้ต้องสูญเสียเวลาไปโดยเปล่าประโยชน์หรือในบางสถานที่จะใช้วิธีนับเหรียญด้วยการชั่งแล้วจึงจะทำการเทียบค่าออกมาเป็นจำนวนเงิน วิธีนี้ถึงแม้จะสะดวกและใช้เวลาไม่มาก แต่ก็มีข้อเสียคือ จะผิดพลาดได้ง่าย ด้วยเหตุผลดังกล่าวเหล่านี้ จึงได้เกิดแนวคิดที่จะวิจัยและออกแบบสร้างเครื่องนับเหรียญ โดยต้องการให้สามารถนับเหรียญและแสดงค่าของจำนวนเงินได้อย่างถูกต้อง รวมทั้งสามารถใช้งานง่ายและเคลื่อนย้ายไปใช้งานตามจุดต่างๆ ได้สะดวก

<b>Thesis Title</b>	Coin Management	
<b>Authers</b>	Mr.Durongrit	Chemtnisong
	Mr.Phayut	Taphotong
	Mr.Meknarin	Walaichai
<b>Thesis Advisor</b>	Mr.Sat	Khammoon
	Mr.Sawai	Pongsawat
<b>Year</b>	2001	

### ABSTRACT

At present, counting coin wastes a lot of time, or it sometimes employs the measuring machine that, although it takes a short time, may be erroneous. Therefore, this project presents the design and construction of the counting machine that can count the number of coins and show the amount of money accurately. Furthermore, it can be used and moved easily.

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเพราะได้รับความเมตตาจาก อาจารย์ไสว พงศ์สวัสดิ์ และ อาจารย์สาท คำมูล เป็นอย่างยิ่งที่ให้ความกรุณาและให้คำปรึกษาเป็นอย่างดี ในโครงการนี้ และเอื้อเฟื้ออุปการะในการดำเนินงานด้วย

ขอขอบคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมและเพื่อนที่กรุณาให้คำปรึกษาทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาในการสร้างเครื่องด้วยติมาตลอด ทำให้ผลงานชิ้นนี้ ดำเนินไปได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ



# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญภาพ.....	VIII
<b>บทที่ 1 บทนำ.....</b>	<b>1</b>
1.1 ความเป็นมาและเหตุผลของใจของการวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....	1
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....	1
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	1
<b>บทที่ 2 ทฤษฎี.....</b>	<b>2</b>
2.1 ข้อมูลเหรียญกษาปณ์.....	2
2.1.1 ข้อมูลเหรียญ 10 บาท.....	2
2.1.2 ข้อมูลเหรียญ 5 บาท.....	2
2.1.3 ข้อมูลเหรียญ 1 บาท.....	2
2.2 ทฤษฎีไมโครคอนโทรลเลอร์.....	3
2.2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051.....	3
2.2.2 คุณลักษณะพื้นฐานของ 8051.....	3
2.2.3 ฐานเวลาในการทำงานของซีพียูภายใน 8051.....	5
2.2.4 หน่วยความจำโปรแกรมของ 8051.....	7
2.2.5 ลักษณะสมบัติของไอซีหน่วยความจำ.....	9
2.2.6 สัญญาณติดต่อกับหน่วยความจำ EPROM.....	10
2.2.7 หน่วยความจำข้อมูลของ 8051.....	12
2.3 การเชื่อมกับ LED ตัวเลข 7 ส่วน.....	20
2.3.1 การขับ LED ตัวเลข 7 ส่วนแบบหลักเดี่ยว.....	22

# สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.3.2 การขับ LED ตัวเลข 7 ส่วนมัลติเพล็กซ์.....	23
2.3.3 การเชื่อมต่อกับคีย์แพดหรือสวิตช์ 4x3 จุด.....	25
2.3.4 การเชื่อมต่อกับคีย์แพดเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 .....	26
2.4 ออปโตอิเล็กทรอนิกส์.....	28
2.4.1 ทฤษฎีสำคัญว่าด้วยเรื่องแสง.....	28
2.4.2 ประเภทของอุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์.....	29
2.4.3 โครงสร้างพื้นฐานของออปโตอิเล็กทรอนิกส์.....	32
2.4.4 วงจรควบคุมโพลดิไฟสลับโดยใช้ไตรแอกคัปเปอร์.....	35
2.5 มอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟส.....	36
2.5.1 Split-phase,Capacitor-start Induction Motors.....	36
2.5.2 Two-Valve,Capacitor Motors.....	37
<b>บทที่ 3 การออกแบบ.....</b>	<b>39</b>
3.1การออกแบบทางแมคคานิกส์.....	40
3.2 การทดสอบทางกล.....	43
3.3 การออกแบบตัวซีคเหนี่ยวนำ.....	44
3.3.1 การทดสอบตัวซีคเหนี่ยวนำ.....	45
3.3.2 ปัญหาที่พบในระหว่างทดสอบตัวซีคเหนี่ยวนำ.....	46
3.4 การออกแบบวงจรและฮาร์ดแวร์.....	46
3.4.1 การทดสอบวงจรและฮาร์ดแวร์.....	48
3.4.2 ปัญหาที่พบระหว่างการทดสอบวงจรและฮาร์ดแวร์.....	48
3.5 การออกแบบโปรแกรม.....	49
<b>บทที่ 4 ผลการทดลอง.....</b>	<b>52</b>
4.1 กล่าวนำ.....	52
4.2 ผลการทดลองกับเครื่องนับเหนี่ยวนำ.....	52
4.3 สรุปผลการทดลอง.....	53

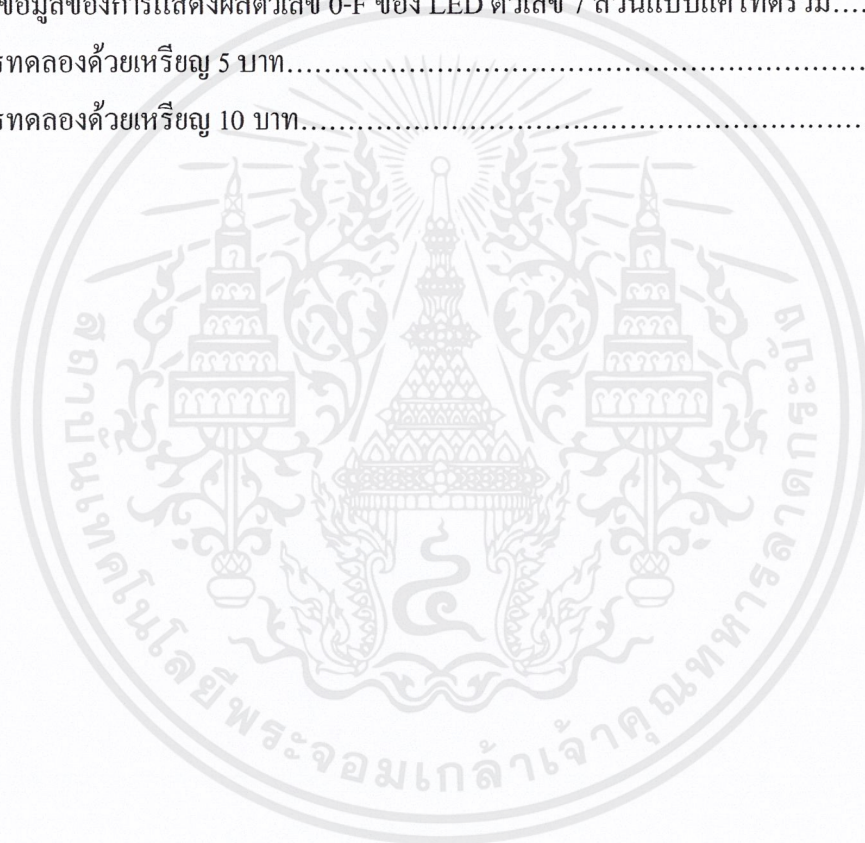
## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	54
5.1 บทสรุป.....	54
5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา.....	54
บรรณานุกรม.....	55
ภาคผนวก.....	56



# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงรีจิสเตอร์ที่ใช้งาน.....	13
2.2 แสดงตำแหน่งของหน่วยความจำ.....	14
2.3 รีจิสเตอร์ใช้งานพิเศษ.....	16
2.4 บิตต่างๆภายในรีจิสเตอร์ PSW.....	18
2.5 บิตต่างๆภายในรีจิสเตอร์ PCON.....	19
2.6 ตารางข้อมูลของการแสดงผลตัวเลข 0-F ของ LED ตัวเลข 7 ส่วนแบบแคโทดร่วม.....	22
2.7 ผลการทดลองด้วยเหรียญ 5 บาท.....	52
2.8 ผลการทดลองด้วยเหรียญ 10 บาท.....	53



# สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แผนภาพบล็อกแสดงหน่วยทำงานพื้นฐานของ MCS-51.....	3
2.2 การกำหนดหน้าที่ขาสัญญาณของไอซี 8051.....	5
2.3 แสดงการใช้คริสตอลภายนอกต่อเข้ากับวงจรรอสซิลเลเตอร์ภายใน 8051.....	6
2.4 แสดงเวลาแผนภาพพื้นฐานของ 8051.....	7
2.5 การจัดพื้นที่หน่วยความจำโปรแกรมสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051.....	8
2.6 ภาพบล็อกและขาสัญญาณของหน่วยความจำ EPROM.....	11
2.7 การจัดพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์.....	12
2.8 การจัดพื้นที่หน่วยข้อมูลภายใน.....	13
2.9 หน่วยความจำข้อมูลภายในบริเวณที่อ้างถึงได้แบบบิต.....	14
2.10 แสดงรูปร่างและการกำหนดชื่อเซกเมนต์ต่างๆของ LED ตัวเลข 7 ส่วน.....	20
2.11 วงจรภายในของ LED ตัวเลข 7 ส่วนทั้งแบบแคโทดและแบบแอนโนดรวม.....	20
2.12 แสดงการจัดขาของ LED ตัวเลข 7 ส่วนทั้งแบบตัวเคียวและตัวคู่.....	21
2.13 การขับ LED แบบมัลติเพล็กซ์.....	24
2.14 วงจรของสวิตช์แบบต่อเข้ากับไฟเลี้ยงและกราวด์.....	25
2.15 วงจรของสวิตช์แบบเมตริกหรือคีย์แพด.....	25
2.16 วงจรเชื่อมต่อคีย์แพดเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.....	27
2.17 สเปคตรัมของแสงสีต่างๆ.....	28
2.18 วงจรใช้งาน LED.....	29
2.19 ตัวตรวจจับแสงแบบต่างๆ.....	30
2.20 ฉนวนไดอิเล็กตริกที่ยอมให้แสงผ่านได้.....	30
2.21 ออปโตคัปเปอ์แบบต่างๆ.....	31
2.22 สัญลักษณ์ของออปโตคัปเปอ์แบบต่างๆ.....	32
2.23 แสดงพารามิเตอร์ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับค่า CTR.....	33
2.24 วงจรพื้นฐานของการนำไครแอกคัปเปอ์ไปใช้งาน.....	33
2.25 กราฟการถ่ายทอดกระแสไฟฟ้า.....	34
2.26 กราฟ CTR ของออปโตคัปเปอ์เบอร์ 4N25 และ 4N26.....	34
2.27 วงจรใช้งานไครแอกคัปเปอ์ที่ใช้ต่อกับวงจรถับเบอร์แล้ว.....	34

## สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.28 แสดงการต่อวงจรสับเบรอร์เพื่อแก้ไขเรื่องมุมเฟส.....	34
2.29 วงจรควบคุมโหลดไฟสลัป.....	35
2.30 มอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้า 1 เฟส แบบ Split-Phase,Capacitor-Start.....	37
2.31 มอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้า 1 เฟส แบบ Two-Valve Capacitor Motors.....	38
2.32 กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและความเร็ว Slip.....	38
3.1 บล็อกไดอะแกรมการออกแบบเครื่องนับเหรียญ.....	39
3.2 แสดงแบบร่างเหรียญวิ่ง.....	40
3.3 แสดงแบบใบพัดคองทีและหมุนตามเพลา.....	40
3.4 แสดงแบบกระบอกทรงกรวย.....	41
3.5 แสดงแบบเพลา.....	41
3.6 แสดงแบบกรวยรับเหรียญ.....	42
3.7 แสดงแบบโครงสร้างทั้งหมด.....	42
3.8 แสดงมอเตอร์.....	43
3.9 แสดงตัวเซ็นเซอร์เหรียญ.....	45
3.10 วงจรทำงานการนับเหรียญ.....	46
3.11 วงจรแผ่นพิมพ์.....	47
3.12 ฮาร์ดแวร์ที่ต่อเข้ากับแมคคาทรอนิกส์.....	47
3.13 โฟ้วชาร์จการทำงาน 3 โหมด.....	49
3.14 โฟ้วชาร์จการทำงาน โหมด 1 .....	50
3.15 โฟ้วชาร์จการทำงาน โหมด 2 .....	50
3.16 โฟ้วชาร์จการทำงาน โหมด 3 .....	51

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจของการวิจัย

1. ต้องการศึกษาและหาข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องนับเหรียญเพราะในปัจจุบันเครื่องนับเหรียญยังมีใช้อยู่ค่อนข้างมากจึงต้องการที่จะวิจัยและทำการสร้างเพื่อนำมาใช้เป็นประโยชน์ได้

2. ต้องการออกแบบและสร้างเครื่องนับเหรียญให้เคลื่อนย้ายได้สะดวกและใช้งานได้ง่าย

### 1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. สามารถเข้าใจและอธิบายหลักการทำงานของเครื่องนับเหรียญได้

2. สามารถออกแบบและสร้างเครื่องนับเหรียญได้

### 1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. ออกแบบเครื่องนับเหรียญและทำการสร้างเครื่องนับเหรียญ โดยสามารถนับเหรียญได้ครั้งละหนึ่งชนิด ซึ่งเหรียญที่นับคือเหรียญ 5 บาท และ 10 บาท

### 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถออกแบบและทำการสร้างเครื่องนับเหรียญได้

2. สามารถนับเหรียญแต่ละชนิดที่ต้องการได้

3. สามารถปรับปรุงแก้ไขเครื่องนับเหรียญได้เมื่อเกิดปัญหา

## บทที่ 2

### ทฤษฎี

#### 2.1 ข้อมูลเหรียญกษาปณ์

##### 2.1.1 ข้อมูลของเหรียญ 10 บาท

ด้านหน้ากลางเหรียญวงในซึ่งเป็นโลหะสีทอง มีพระบรมรูปพระบาทสมเด็จพระปรมิน - ทรมหานุมิพลอดุลยเดช ทรงเครื่องบรมขัตติยราชภูษิตาภรณ์ ฉลองพระองค์ครุย ผินพระพักตร์ทาง เบื้องขวา ภายในวงนอกของเหรียญซึ่งเป็นโลหะสีขาว ด้านขวามีข้อความว่า "ภูมิพลอดุลยเดช" ด้านซ้ายมีข้อความว่า "รัชกาลที่ 9" ด้านหลังกลางเหรียญวงในซึ่งเป็นโลหะสีทอง มีรูปพระปรมาภิไธยของพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช ด้านซ้ายมีข้อความว่า "ประเทศไทย" และด้านซ้ายมี พ.ศ. และเลขของปี พ.ศ. ที่จัดทำเหรียญส่วนผสมโลหะสีขาว มีส่วนผสมของทองแดงร้อยละ 75 นิกเกิลร้อยละ 25 โลหะสีทองมีส่วนผสมของทองแดงร้อยละ 92 นิกเกิลร้อยละ 2 อลูมิเนียมร้อยละ 6 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 26 มิลลิเมตรน้ำหนัก 8.5 กรัมลักษณะ ขอบเพื่อจักรสลักเรียบเริ่มผลิตและนำออกใช้หมุนเวียนครั้งแรก พ.ศ. 2531

##### 2.1.2 ข้อมูลของเหรียญ 5 บาท

ด้านหน้าขอบเหรียญวงในเป็นรูปเกี้ยวเหล็กกลางเหรียญมีพระบรมรูปพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช ทรงเครื่องบรมขัตติยราชภูษิตาภรณ์ ฉลองพระองค์ครุย ผินพระพักตร์ทางเบื้องขวา ภายในวงขอบเหรียญด้านขวามีข้อความว่า "ภูมิพลอดุลยเดช" ด้านซ้ายมีข้อความว่า "รัชกาลที่ 9" ด้านหลังขอบเหรียญวงในเป็นรูปเกี้ยวเหล็กกลางเหรียญมีรูปพระอุโบสถ วัดเบญจมบพิตรดุสิตวนาราม ภายในวงขอบเหรียญเบื้องบนมีข้อความว่า ประเทศไทย พ.ศ. และเลขของปี พ.ศ. ที่จัดทำเหรียญ เบื้องล่างมีข้อความบอกราคาว่า 5 บาทส่วนผสมโลหะส่วนที่เคลือบมีส่วนผสมของทองแดงร้อยละ 75 นิกเกิลร้อยละ 25 ส่วนที่เป็นไส้มีส่วนผสมของทองแดงร้อยละ 99.5 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 24 มิลลิเมตร น้ำหนัก 7.5 กรัมลักษณะขอบเพื่อหยาบเริ่มผลิตและนำออกใช้หมุนเวียนครั้งแรก พ.ศ. 2531

##### 2.1.3 ข้อมูลของเหรียญ 1 บาท

ด้านหน้ากลางเหรียญมีพระบรมรูปพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช ทรงเครื่องบรมขัตติยราชภูษิตาภรณ์ ฉลองพระองค์ครุยผินพระพักตร์ทางเบื้องขวา ภายในวงของเหรียญด้านขวามีข้อความว่า "ภูมิพลอดุลยเดช" ด้านซ้ายมีข้อความว่า "รัชกาลที่ 9" ด้านหลัง เบื้องขวาของเหรียญมีรูปพระเจดีย์ทองวัดพระศรีรัตนศาสดาราม ในพระบรมมหาราชวัง เบื้องซ้ายของเหรียญมีข้อความว่า ประเทศไทย ได้ข้อความว่า ประเทศไทย มี พ.ศ. ที่จัดทำเหรียญ ได้ปี พ.ศ. มีเลขเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไทยและอารบิกบอกราคาว่า 1 บาทส่วนผสม มีส่วนผสมของทองแดงร้อยละ 75 นิกเกิลร้อยละ 25 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 มิลลิเมตรหนัก 3.4 กรัม ลักษณะขอบเฟืองจักรเริ่มผลิตและนำออกใช้หมุนเวียนครั้งแรก พ.ศ.2531

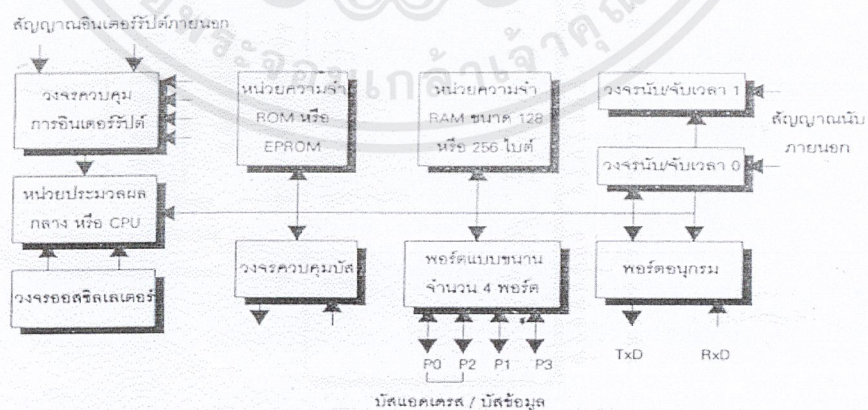
## 2.2 ทฤษฎีไมโครคอนโทรลเลอร์

### 2.2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051

ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นไมโครโปรเซสเซอร์ประเภทหนึ่งที่ได้รับการออกแบบมาเพื่อใช้งานกับระบบควบคุมที่มีขนาดเล็กโดยภายในไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์หนึ่งตัวจะประกอบด้วยหน่วยการทำงานหลักของระบบคอมพิวเตอร์ครบถ้วน เช่น หน่วยประมวลผลกลาง, พอร์ตในการติดต่อหรือควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ เป็นต้น ซึ่งหากว่าเป็นการใช้งานไมโครโปรเซสเซอร์ทั่วไปก็จะต้องใช้ไอซีภายนอกมาประกอบเพื่อทำหน้าที่เหล่านี้ ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นระบบคอมพิวเตอร์เพื่อการควบคุมที่สมบูรณ์ โดยบรรจุอยู่ในไอซีเพียงหนึ่งตัวเท่านั้น ในบางครั้งจึงอาจพบว่ามีเรียกไมโครคอนโทรลเลอร์ว่าเป็นระบบไมโครคอมพิวเตอร์ชิพเดียว

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051 ประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์หลายรุ่น (Version) ซึ่งมีสถาปัตยกรรมที่เหมือนกัน เพียงแต่มีขนาดหรือจำนวนของหน่วยทำงานภายในที่ต่างกันออกไป เพื่อความเหมาะสมในงานประยุกต์ต่างๆตามความต้องการ โดยมีทั้งลักษณะที่ใช้เทคโนโลยีการผลิตไอซีวงจรรวมความจุสูงมาก(LSI)แบบ HMOS หรือ CHMOS ซึ่งมีคุณลักษณะที่สูงมากขึ้น และสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าน้อยกว่ามาก

### 2.2.2 คุณลักษณะพื้นฐานของ 8051

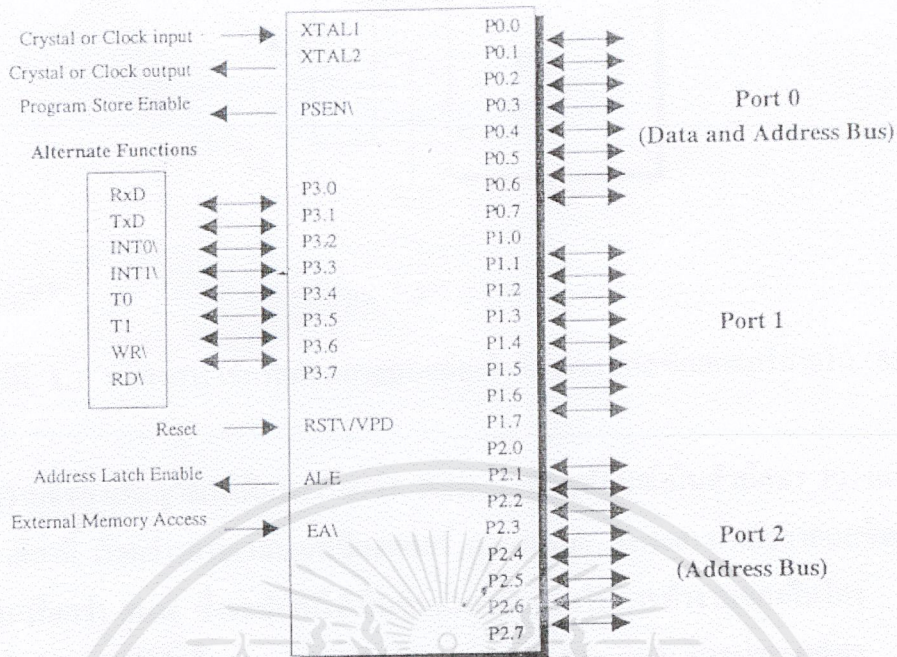


ภาพที่ 2.1 แผนภาพบล็อกแสดงหน่วยทำงานพื้นฐานของ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแผนภาพในภาพที่ 2.1 แสดงให้เห็นถึงหน่วยการทำงานพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ต่างๆที่จัดอยู่ในตระกูล MCS-51 ประกอบด้วย

- หน่วยประมวลผลกลางขนาด 8 บิต
- หน่วยประมวลผลสำหรับข้อมูลแบบบิต (Boolean Processor)
- ความสามารถในการอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรม 64 กิโลไบต์
- ความสามารถในการอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูล 64 กิโลไบต์
- หน่วยความจำโปรแกรมภายในขนาด 4 กิโลไบต์ แบบ EPROM (เบอร์ 8751) หรือแบบ ROM (เบอร์ 8051)
- หน่วยความจำแบบ RAM ภายในจำนวน 128 ไบต์
- พอร์ตอินพุต/เอาต์พุตแบบขนานจำนวน 32 เส้น ซึ่งสามารถแยกทำงานได้อย่างอิสระ
- วงจรนับ/จับเวลาขนาด 16 บิต จำนวน 2 วงจร
- วงจรสื่อสารแบบอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex)
- วงจรควบคุมการอินเตอร์รัพท์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณ 6 ประเภท พร้อมการกำหนดลำดับความสำคัญได้ 2 ระดับ
- วงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน

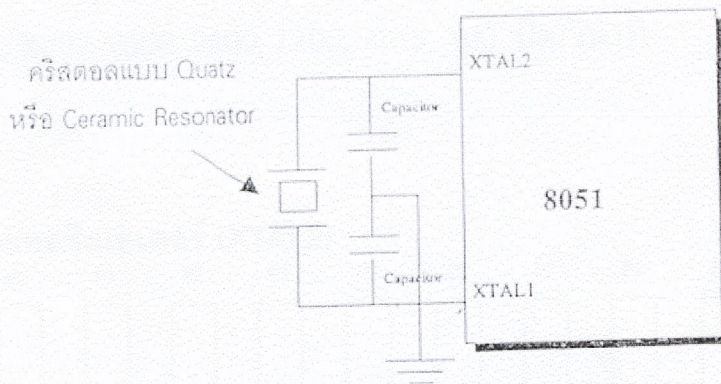


ภาพที่ 2.2 การกำหนดหน้าที่ขาสัญญาณของไอซี 8051

โดยมากแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้ มักจะมีรูปร่างของไอซีเป็นแบบ ขนาด 40 ขา ดังแสดงเป็นแผนภาพในภาพที่ 2.2 ซึ่งแต่ละขาจะมีหน้าที่ที่ระบุชัดเจนตามสัญลักษณ์ที่อยู่ต่อกำกับในแต่ละขา อย่างไรก็ตามจะมีบางขาสัญญาณที่อาจจะทำหน้าที่ได้มากกว่าหนึ่งอย่าง(ซึ่งเขียนกำกับไว้ว่า Alternate Function ในภาพที่ 2.2) ซึ่งไม่สามารถใช้งานในเวลาเดียวกันได้ ตัวอย่างเช่น ขาสัญญาณบิต 0 ของพอร์ต 3 (ใช้ตัวย่อเป็น 3.0) อาจจะใช้เป็นขาสัญญาณเอาต์พุต หรืออินพุตตามปกติ หรืออาจทำหน้าที่เป็นขาสัญญาณอินพุตของข้อมูลสื่อสารของอนุกรม (RXD) ให้กับวงจรสื่อสารแบบอนุกรมของ 8051 ได้ซึ่งการจะกำหนดว่าจะทำงานในลักษณะใดก็ขึ้นอยู่กับ การเชื่อมต่อวงจรเข้ากับขาสัญญาณและโปรแกรมควบคุมของระบบนั้น

### 2.2.3 ฐานเวลาในการทำงานของซีพียูภายใน 8051

8051 มีวงจรออสซิลเลเตอร์อยู่ภายใน สำหรับการสร้างพัลส์ของสัญญาณนาฬิกา ซึ่งจะนำไปเป็นฐานเวลา หรือการกำหนดจังหวะการทำงานทั้งหมดให้สอดคล้องกัน(Synchroization)โดยปกติแล้วก็มักจะทำโดยการใช้คริสตัลเชื่อมต่อเข้ากับขาสัญญาณ XTAL1 และ XTAL2 พร้อมกับตัวเก็บประจุดังลักษณะในภาพที่ 2.3 หรืออาจจะเป็นสัญญาณจากภายนอกก็ได้



ภาพที่ 2.3 แสดงการใช้คริสตอลภายนอกต่อเข้ากับวงจรรอสซซิเลเตอร์ภายใน 8051

พัลส์ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาจะเรียกว่า Pulse (ใช้สัญลักษณ์เป็นตัวอักษร P) และคาบของสัญญาณนาฬิกาเรียกว่า คาบเวลาออสซิลเลเตอร์ (Oscillator period) คาบเวลาออสซิลเลเตอร์จำนวน 2 คาบ เรียกว่า State ซึ่งจะนำไปใช้เป็นช่วงเวลาพื้นฐานในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น การนำคำสั่ง (fetch) การถอดความหมาย (Decode) การประมวลผล (Execute) และการเขียนข้อมูล (Write) เป็นต้น ดังแสดงเป็นแผนภาพในรูปที่ 2.4 ช่วงเวลาของ State จำนวน 6 ครั้ง จะเรียกว่า เมชชีนไซเคิล (Machine cycle) ดังนั้นค่าหนึ่งเมชชีนไซเคิลจะใช้เวลา 12 คาบเวลาออสซิลเลเตอร์ค่าของเมชชีนไซเคิลนี้จัดว่าเป็นช่วงเวลาที่น้อยที่สุดในกรณีที่คำสั่งหนึ่ง ซึ่งหากเวลาเป็นคำสั่งที่ซับซ้อนมากก็จะต้องใช้เวลา 2 ถึง 3 เมชชีนไซเคิล

การคำนวณหาว่าเวลาที่ใช้ในการทำคำสั่งใดเสร็จสิ้น จะต้องดูว่าคำสั่งนั้นใช้จำนวนเมชชีนไซเคิลเป็นเท่าไรในการประมวลผล เวลาที่ใช้จะคำนวณตามสูตร

$$T = (c * 12) / (\text{Crystal Frequency})$$

โดย C เป็นค่าจำนวนเมชชีนไซเคิลของคำสั่ง

Crystal Frequency เป็นความถี่ของคริสตอลที่ใช้กับ 8051

ตัวอย่างเช่น

เวลาในการทำคำสั่ง ADD A,R1 ซึ่งต้องการ 3 เมชชีนไซเคิล

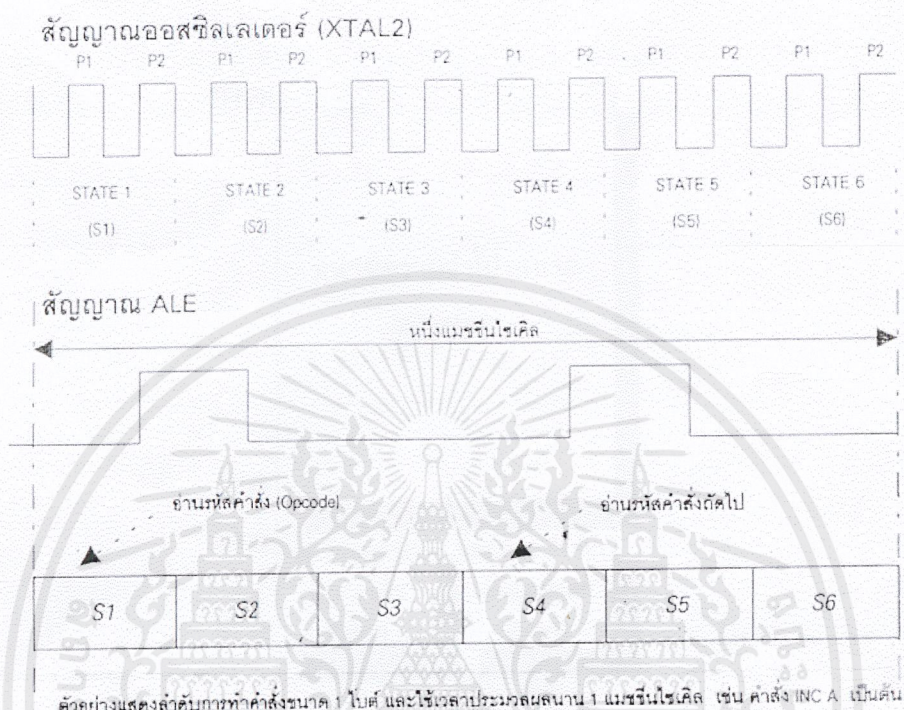
เมื่อใช้คริสตอล 16 เมกะเฮิร์ต จะเป็นเวลานาน 0.75 ไมโครวินาที และ

เมื่อใช้คริสตอล 12 เมกะเฮิร์ต จะเป็นเวลานาน 1 ไมโครวินาที เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม ในบางครั้งอาจจะพบเห็นการใช้ค่าของคริสตอลเป็น 11.059 MHz ทั้งนี้โดยมีเหตุผลเนื่องจาก สามารถนำค่าความถี่ที่ได้นี้ ไปใช้ในการเป็นฐานเวลาสำหรับการสร้างความถี่ในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับ/ส่งข้อมูลอนุกรมซึ่งเป็นหน่วยการทำงานหนึ่งภายใน 8051 เอง โดยจะทำให้ได้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานคือ 19200,4800,9600,2400,1200 และ 300 บิต/วินาที



ภาพที่ 2.4 แสดงเวลาแผนภาพพื้นฐานของ 8051 และลำดับของช่วงเวลา STATE ในการทำคำสั่ง 1 ไบต์

#### 2.2.4 หน่วยความจำโปรแกรมของ 8051

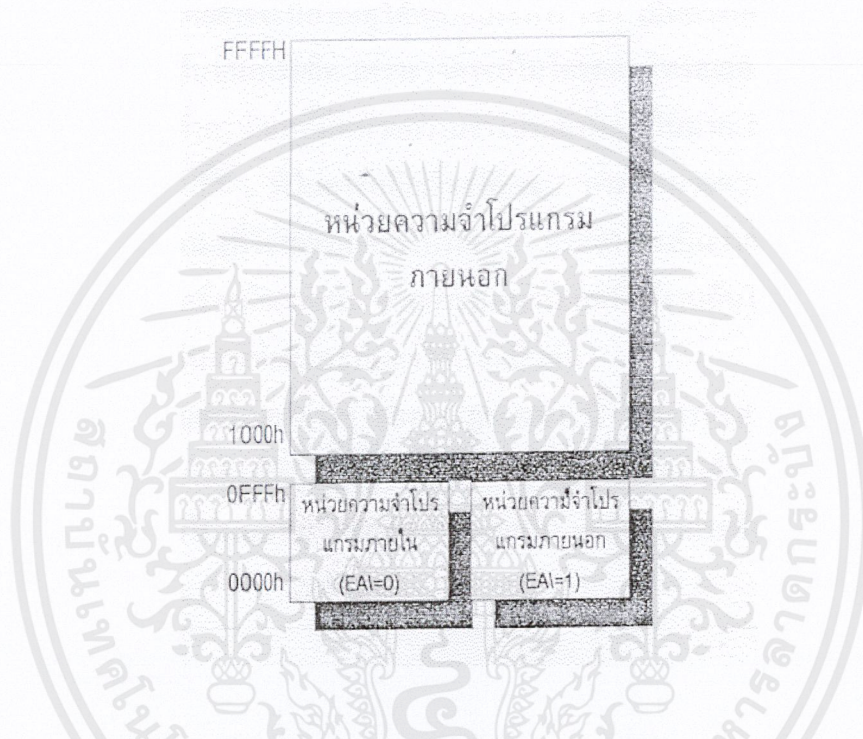
ในระบบของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 จำเป็นต้องมีหน่วยความจำสำหรับบรรจุคำสั่งหรือโปรแกรมที่ผู้ใช้พัฒนาขึ้นมาจัดเก็บไว้ภายในหน่วยความจำที่เรียกว่า หน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) โดยอาจจะประกอบอยู่ภายในตัวไอซีของ 8051 เองหรือเป็นไอซีหน่วยความจำ EPROM หรือ ROM แยกออกต่างหากได้

หน่วยความจำโปรแกรมของ 8051 เป็นบริเวณหน่วยความจำ สำหรับเก็บข้อมูลและคำสั่งใช้งานต่างๆซึ่งถึงแม้ว่าจะไม่มีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับระบบ ข้อมูลเหล่านี้ก็ยังคงอยู่ไม่สูญหาย โครงสร้างของหน่วยความจำโปรแกรม มีลักษณะเช่นเดียวกับหน่วยความจำที่บรรจุอยู่ในไอซีหน่วยความจำประเภทต่างๆเช่น หน่วยความจำแบบ ROM หรือ EPROM

8051 สามารถอ่านข้อมูลหน่วยความจำโปรแกรมนี้สูงสุดได้ไม่เกิน 64 กิโลไบต์ และแยกประเภทของหน่วยความจำโปรแกรมเป็น 2 ลักษณะ ตามตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรมนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือ หน่วยความจำโปรแกรมภายใน (Internal Program Memory) ซึ่งเป็นหน่วยความจำ ROM หรือ EPROM ที่อยู่ภายในตัวไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เอง และ หน่วยความจำโปรแกรมภายนอก (External Program Memory) ซึ่งเป็นการใช้ไอซีหน่วยความจำมาทำหน้าที่เป็นหน่วยความจำโปรแกรมของระบบ โดยการจัดพื้นที่หน่วยความจำโปรแกรมสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 สามารถแสดงดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 การจัดพื้นที่หน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051

#### 2.2.4.1 หน่วยความจำโปรแกรมภายใน

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ต่างๆที่จัดอยู่ในตระกูล 8051 นี้มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในแตกต่างกันออกไป เพื่อความเหมาะสมกับการนำไปใช้งานในลักษณะต่างๆกันคือ 8051 และ 8052 มีหน่วยความจำแบบ ROM ขนาด 4 และ 8 กิโลไบต์ ตามลำดับ ประกอบอยู่ภายในไอซี และมีความเหมาะสมกับการนำไปใช้งานในวงจรทางอุตสาหกรรมที่มีจำนวนการผลิตมาก เนื่องจากค่าใช้จ่ายการผลิตต่อหน่วยที่ลดลงได้มาก

8751 มีหน่วยความจำแบบ EPROM ขนาด 4 กิโลไบต์อยู่ภายในไอซี ข้อมูลที่จัดเก็บอยู่ภายในนี้สามารถใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตได้ และนำไปบรรจุโปรแกรมใหม่ได้อีกครั้ง คล้ายคลึงกับไอซีหน่วยความจำ EPROM ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์นี้เหมาะกับงานด้านอุตสาหกรรมที่มีจำนวนการผลิตคราวละไม่มากนัก หรืออาจจะเป็นงานประเภทต้นแบบในห้องปฏิบัติการ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8031 และ 8032 ไม่มีหน่วยความจำโปรแกรมอยู่ในตัวไอซีเลย ดังนั้นในการนำไปใช้งานจึงจำเป็นต้องอาศัยหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ซึ่งการใช้งานในลักษณะนี้จะมีผลทำให้ต้องเสียความสามารถบางประการ เกี่ยวกับพอร์ตอินพุท/เอาต์พุทของไมโครคอนโทรลเลอร์ไป เนื่องจากต้องนำไปใช้(ใน)สัญญาณควบคุม เกี่ยวกับการจัดการติดต่อหน่วยความจำภายนอกแทน

#### 2.2.4.2 หน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

หน่วยความจำโปรแกรมภายนอกเป็นการใช้หน่วยความจำ EPROM (หรือ RAM) เชื่อมต่อเข้ากับระบบของ 8051 โดยอาจจะมีสาเหตุได้หลายประการ เช่น เป็นการทดลองทำระบบต้นแบบจำนวนน้อย หรืออาจลดต้นทุนการผลิตเพราะราคาของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบไม่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในราคาจะต่ำกว่าแบบที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในมาก เป็นต้น ในบางครั้งอาจจะมีสาเหตุจากความจำเป็นอื่น ๆ ที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ เช่น การที่หน่วยความจำภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์มีขนาดความจุที่ไม่เพียงพอกับโปรแกรม หรืออาจจะเป็นว่าการที่ใช้ไอซีหน่วยความจำจะทำให้สามารถจัดหาเครื่องมือ(Tools) ช่วยการพัฒนาระบบที่ใช้งานกันโดยแพร่หลายและราคาถูกได้ ซึ่งจะช่วยลดเวลาในการพัฒนาระบบลงได้มาก เป็นต้น

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ต่างๆ ของตระกูล 8051 นี้สามารถขยายให้ใช้งานหน่วยความจำภายนอกได้ทั้งสิ้น โดยในกรณีที่ไม่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในอยู่แล้ว การอ้างตำแหน่งแอดเดรสที่มีทั้งในหน่วยความจำโปรแกรมภายในและภายนอกนั้น จะต้องทำการพิจารณาระดับลอจิกของสัญญาณของสัญญาณ EA

#### 2.2.5 ลักษณะสมบัติของไอซีหน่วยความจำ

การทำความเข้าใจถึงการเชื่อมต่อระหว่างไอซีหน่วยความจำกับ 8051 นั้น ควรที่จะทราบถึงการเชื่อมต่อที่จำเป็นสำหรับการใช้งานไอซีนี้ก่อนเป็นอันดับแรก โดยในที่นี้จะได้เริ่มต้นพิจารณาจากลักษณะสมบัติ(Characteristics)ที่สำคัญบางประการของไอซีประเภทของไอซีประเภทนี้ก่อน โดยจะใช้ EPROM เบอร์ 2716 เป็นพื้นฐานของการอธิบาย เนื่องจากสามารถนำมาใช้งานและทำการทดลองได้โดยง่ายราคาถูกและสะดวกต่อการเปลี่ยนแปลงข้อมูล นอกจากนี้หลักการทำงานก็สามารถนำไปใช้งานกับ EPROM เบอร์อื่นๆ ที่มีความจุข้อมูลมากขึ้นได้

การนำข้อมูลที่จัดอยู่ใน EPROM ออกมาใช้งานนั้น จะเรียกว่าเป็น การอ่านจากหน่วยความจำกระบวนการเพื่อที่จะทำให้ข้อมูลออกมานั้นจะกระทำอยู่ภายในช่วงเวลาหนึ่งที่เรียกว่า รอบเวลาการอ่าน(Read Cycle) คำว่ารอบเวลา ในที่นี้มีความหมายถึง ช่วงระยะเวลาหนึ่งที่ต้องการในการทำหน้าที่เพื่ออ่านข้อมูลออกมาจากหน่วยความจำ

## 2.2.6 สัญญาณติดต่อกับหน่วยความจำ EPROM

การเชื่อมต่อหน่วยความจำ EPROM ประกอบด้วย สัญญาณที่เกี่ยวข้อง 4 กลุ่มด้วยกันคือ ขาสัญญาณสำหรับจ่ายไฟฟ้าให้กับไอซี(Power) บัสแอดเดรส บัสข้อมูล และบัสสัญญาณควบคุม การส่งออกข้อมูล ดังได้แสดงไว้ในภาพที่ 2.6 ภายใน EPROM จะประกอบด้วยบริเวณที่สามารถเก็บข้อมูลได้จำนวนมากซึ่งจะมีตำแหน่งในการอ้างอิงที่ระบุเฉพาะลงไปแน่นอน หรืออาจกล่าวในอีกลักษณะหนึ่งว่ามีแอดเดรส(Address) ที่แน่นอนสำหรับเก็บข้อมูลในแต่ละส่วน โดยปกติสามารถพิจารณาขนาดความจุของหน่วยความจำได้จากลักษณะที่มักมีการอ้างอิงกัน เช่น 1024 x 8 หรือ 2048 x 8 เป็นต้นโดยค่าตัวเลขชุดแรกจะระบุถึงจำนวนพื้นที่ที่เก็บข้อมูลที่มีแอดเดรสระบุแน่นอนภายในไอซีชิ้นนั้นซึ่งในบางครั้งก็อาจจะระบุเป็นหน่วยของกิโลไบต์(KB) แทน และค่าของตัวเลขชุดที่สองนั้นเป็นการระบุถึงจำนวนบิตข้อมูลที่ส่งมาจากไอซีหน่วยความจำในแต่ละตำแหน่งนั้น

สำหรับการพิจารณาจำนวนเส้นของสัญญาณแอดเดรสที่ใช้กับ EPROM ตัวหนึ่งๆนั้นเช่น EPROM ที่มีขนาด 4096 x 8 เราจะนำตัวเลขค่าแรกซึ่งบอกถึงจำนวนพื้นที่ที่จัดเก็บอยู่ภายใน(ซึ่งก็คือความจุในการเก็บข้อมูล) มาแปลงให้อยู่ในรูปของเลขยกกำลังสอง ดังนี้

$$\begin{aligned} 2 &= 4096 \\ x &= \text{Log}(4096)/\text{Log}(2) \\ x &= 12 \end{aligned}$$

เมื่อค่าตัวเลข 4096 มีค่าเท่ากับ 2 ดังนั้นจำนวนของสัญญาณแอดเดรสจึงมีทั้งหมด 12 เส้น

สัญญาณที่มาเชื่อมต่อเข้ากับกลุ่มสัญญาณแอดเดรสของ EPROM มักจะเป็นกลุ่มของสัญญาณเอาต์พุตที่มาจากพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์(โดยปกติจะเป็นบัสแอดเดรสของระบบ)เพื่อทำการกำหนดตำแหน่งของข้อมูลที่ต้องการ ข้อมูลภายในบัสแอดเดรสนี้จะถูกนำมาทำการถอดรหัสเพื่อตำแหน่งของข้อมูลที่ต้องการภายใน EPROM ต่อไป ส่วนบัสข้อมูลมีหน้าที่สำหรับการนำเอาต์พุตของข้อมูลที่เกิดขึ้นในตำแหน่งภายในหน่วยความจำ ซึ่งถูกระบุมาจากบัสแอดเดรส

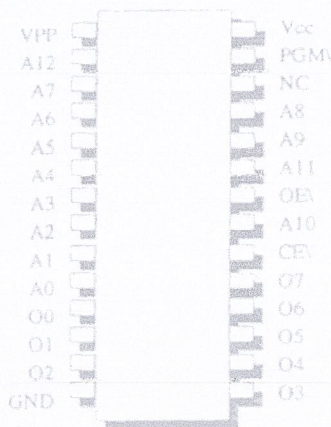
# 2764

8K - WORD x 8 - BIT EPROM

### Pin Names

Acol	ADDRESS - COLUMN (LSB)
Arow	ADDRESS - ROW
CE	CHIP ENABLE
OE	OUTPUT ENABLE
O0 - O7	OUTPUTS
PGM	PROGRAM

### Pin Configuration



### Block Diagram



ภาพที่ 2.6 แผนภาพบล็อกและขาสัญญาณของหน่วยความจำ EPROM

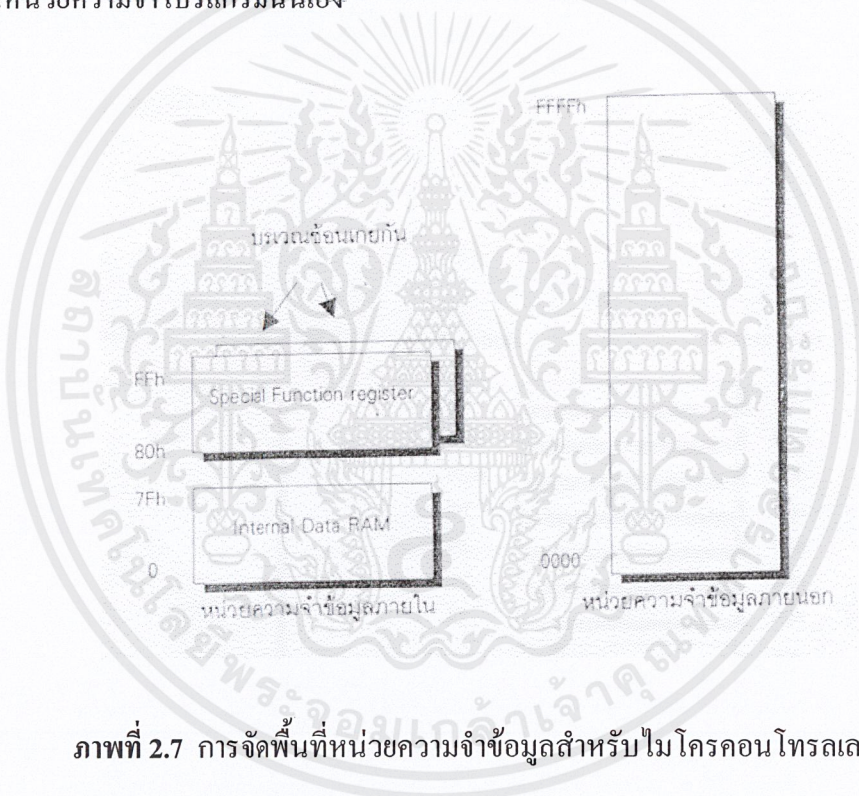
สำหรับสัญญาณควบคุมการส่งออกข้อมูล ได้แก่

สัญญาณ CS(Chip Select) มีหน้าที่เลือกให้ EPROM ทำงาน โดยเมื่อสัญญาณแอกทีฟ หรือระดับลอจิกต่ำจะเป็นการยินยอมให้ EPROM ทำงานตามปกติ แต่ถ้าระดับลอจิกสูงจะไม่มีการทำงานใดๆ ภายใน EPROM เกิดขึ้นรวมการถอดรหัสแอดเดรสหรือการส่งข้อมูลทางบัส

สัญญาณ OE(Output Enable) เมื่อสัญญาณแอกทีฟหรือระดับสัญญาณลอจิกต่ำ จะมีการป้อนข้อมูล ภายในตำแหน่งที่ถูกระบุตามข้อมูลของบัสแอดเดรส และทำการส่งข้อมูลออกมายังบัสข้อมูลของ EPROM สัญญาณควบคุมนี้มักจะต่อเข้ากับขาสัญญาณ RD ของไมโครคอนโทรลเลอร์

## 2.2.7 หน่วยความจำข้อมูลของ 8051

หน่วยความจำข้อมูลมีหน้าที่สำหรับเก็บข้อมูลหรือตัวแปรที่เกิดขึ้นขณะทำการประมวลผลโปรแกรมไว้เป็นการชั่วคราวโดยพื้นฐานแล้วหน่วยความจำข้อมูลจัดเป็นหน่วยความจำRAM แบบสแตติก ดังนั้นเมื่อไม่มีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับระบบ ก็จะมีผลทำให้ข้อมูลที่จัดเก็บไว้ภายในหน่วยความจำนี้สูญหายไป พื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลของ 8051 สามารถมีได้สูงสุดไม่เกิน 64 กิโลไบต์ และแยกประเภทออกเป็นสองลักษณะตามตำแหน่งที่ตั้งของหน่วยความจำนั้น ดังแสดงในแผนภาพที่ 2.7 คือ หน่วยความจำข้อมูลภายใน(Internal Data Memory) ซึ่งเป็น RAM ที่อยู่ในตัวของไมโครคอนโทรลเลอร์เอง และหน่วยความจำข้อมูลภายนอก(External Data Memory) ซึ่งเป็นการใช้ไอซีหน่วยความจำ RAM มาเพิ่มเติมเข้าไปในวงจร ลักษณะเดียวกับนำไอซี EPROM มาใช้งานเป็นหน่วยความจำโปรแกรมนั่นเอง



ภาพที่ 2.7 การจัดพื้นที่หน่วยความจำข้อมูลสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์

### 2.2.7.1 หน่วยความจำข้อมูลภายใน

หน่วยความจำข้อมูลภายในของ 8051 มีทั้งหมด 256 ไบต์ โดยจำแนกออกได้เป็นสองลักษณะ คือ พื้นที่เฉพาะสำหรับตัวประมวลผลกลางใช้งานเท่านั้น ซึ่งเรามักจะเรียกกันอีกชื่อหนึ่งว่า รีจิสเตอร์ และพื้นที่ใช้งานทั่วไปสำหรับโปรแกรมใช้งานที่ผู้ใช้สร้างขึ้นมา

จากภาพที่ 2.8 แสดงให้เห็นถึงการจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในของ 8051 ซึ่งจำแนกออกเป็นสองส่วนดังนี้

หน่วยความจำขนาด 128 ไบต์แรก

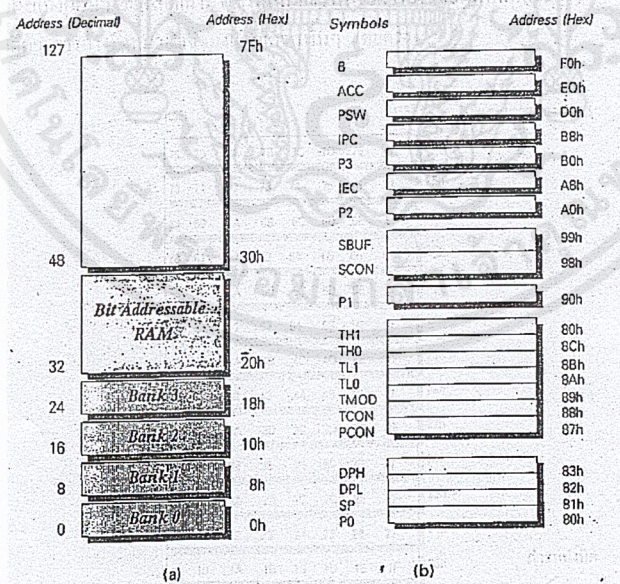
บริเวณนี้จะมีตำแหน่งแอดเดรสอยู่ในช่วง 00H-7FH ซึ่งยังได้มีการจำแนกย่อยไปอีกเป็นสามส่วนตามประเภทของการใช้งาน ดังนี้

บริเวณแอดเดรส 00H-1FH จำนวน 32 ไบต์ จำแนกออกเป็นกลุ่ม(หรือแบงก์)ข้อมูลจำนวน 8 ไบต์ รวมทั้งหมดสี่กลุ่ม พื้นที่ข้อมูลในแต่ละกลุ่มจะถูกใช้งานในฐานะของรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป ซึ่งมีชื่อเรียกว่า รีจิสเตอร์ R0-R7 ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงรีจิสเตอร์ที่ใช้งาน

แอดเดรส	รีจิสเตอร์แบงก์	ชื่อรีจิสเตอร์ใช้งาน
00H-07H	0	R0-R7
08H-0FH	1	R0-R7
10H-17H	2	R0-R7
18H-1FH	3	R0-R7

จะเห็นได้ว่าชื่อของรีจิสเตอร์ไม่ว่าจะอยู่ในรีจิสเตอร์แบงก์ใด ก็มีชื่อ R0-R7 เหมือนกันทั้งสิ้น ดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 การจัดพื้นที่หน่วยข้อมูลภายใน(a) ช่วงตั้งแต่แอดเดรส 00-7FH(b) ช่วงแอดเดรส FFH ซึ่งกำหนดให้เป็นพื้นที่ของรีจิสเตอร์ใช้งานพิเศษ ( Special-function registers)

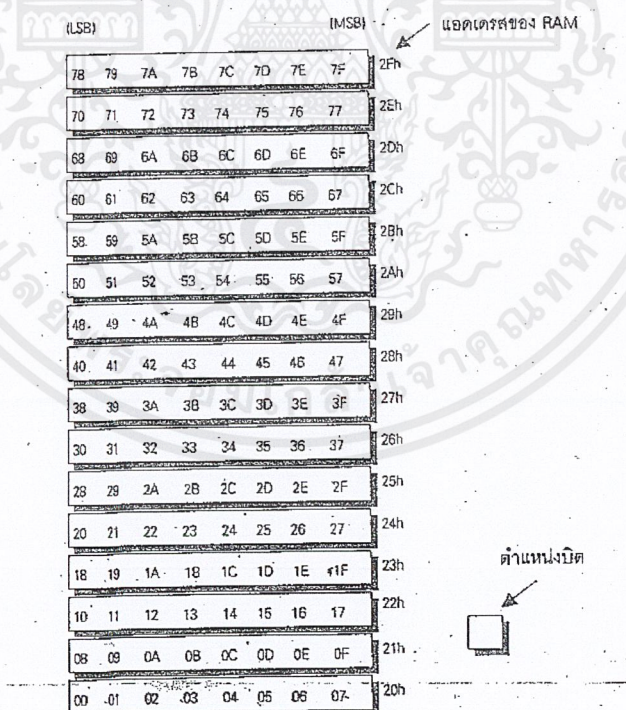
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นในการใช้งานผู้ใช้จะต้องให้ความระมัดระวังว่าต้องการรีจิสเตอร์นั้นๆจากแบงก์ใด การสวิตช์เลือกแต่ละกลุ่มของรีจิสเตอร์ก็ทำได้ง่าย เพียงการกำหนดค่าของบิตที่อยู่ในรีจิสเตอร์ PSW เท่านั้นตามตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.2 แสดงตำแหน่งของหน่วยความจำ

รีจิสเตอร์	บิต RSO	บิต RS1	ตำแหน่งหน่วยความจำ
แบงก์ 0	0	0	0000H
แบงก์ 1	1	1	0008H
แบงก์ 2	2	0	0010H
แบงก์ 3	3	1	0018H

อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปจะมีการใช้งานรีจิสเตอร์ R0-R7 เฉพาะในแบงก์ 0 เท่านั้น ดังนั้นพื้นที่ของแบงก์อื่นๆที่เหลือจะใช้ลักษณะหน่วยความจำข้อมูลปกติด้วยการอ้างถึงหมายเลขภายใน ปกติการอ้างถึงหมายเลขของแอดเดรสอื่นๆโดยตรง



ภาพที่ 2.9 หน่วยความจำข้อมูลภายในบริเวณที่อ้างถึงได้แบบบิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**บริเวณแอดเดรส 20H-2FH** จำนวน 16 ไบต์บริเวณพื้นที่เป็นส่วนสำคัญซึ่งจะมีความพิเศษต่างไปจากหน่วยความจำส่วนอื่นๆเนื่องจากผู้ใช้สามารถเข้าถึงหน่วยความจำบริเวณนี้ได้ทั้งในลักษณะของ ไบต์ข้อมูล เช่นปกติ หรืออาจเป็นบิตข้อมูลได้โดยตรง ดังนั้นหากมองในลักษณะบิตข้อมูลแล้ว ก็จะมีพื้นที่ที่ตัวแปรแบบบิตให้ใช้งานได้มากถึง 128 บิต โดยตำแหน่งของบิตจะเป็นบิตซึ่งเริ่มต้นนับจากบิตนัยสำคัญต่ำสุด(LSB) ของแอดเดรส 2FH

ความสามารถในการใช้งานพื้นที่ส่วนนี้แบบบิตข้อมูลโดยตรงนี้นับว่าน่าสนใจมาก และถือเป็นการใช้งาน 8051 อย่างเต็มประสิทธิภาพทีเดียว เนื่องจากว่า 8051 ได้รับการออกแบบมาสำหรับงานควบคุมเป็นพื้นฐานอยู่แล้วซึ่งส่วนมากงานในลักษณะเช่นนี้หากเป็นการนำเข้าข้อมูลก็มักจะ เป็นเพียงการอ่านค่าสถานะลอจิกของเส้นสัญญาณหรือกรณีการส่งออกข้อมูลก็จะกำหนดสถานะลอจิกให้กับวงจรภายนอกผ่านทางบิตใดบิตหนึ่งอยู่แล้ว ดังนั้นหากจะมีการกำหนดบิตหรืออ่านค่าของบิตมาโดยตรง แทนที่จะทำลอจิกข้างต้นกับข้อมูลทั้งไบต์เพื่อต้องการทราบผลเพียงหนึ่งบิตเช่นที่กระทำกันในโปรเซสเซอร์โดยทั่วไปก็จะเพิ่มความสะดวกและรวดเร็วในการเขียนโปรแกรมควบคุมมาก

**บริเวณแอดเดรส 30H-7FH** เป็นบริเวณที่สามารถนำไปใช้งานได้โดยอิสระ โดยเข้าถึงได้เฉพาะในลักษณะของไบต์ข้อมูลตามปกติเท่านั้น

**หน่วยความจำขนาด 128 ไบต์ถัดไป** พื้นที่ตั้งแต่บริเวณตั้งแต่แอดเดรส 80H-FFH เป็นบริเวณของหน่วยความจำที่มีการใช้งานเฉพาะจาก 8051 เท่านั้น โดยใช้เป็นตำแหน่งของรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ(Special Function Register หรือ SFG) จำนวน 20 ตำแหน่ง

สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 จะมีหน่วยความจำข้อมูลภายในสำหรับการใช้งานเพิ่มมากขึ้นกว่าเบอร์อื่นๆเช่น 8031 หรือ 8751 อีก 128 ไบต์ โดยจะอยู่บริเวณช่วงแอดเดรส 80H-FFH เช่นกัน ซึ่งถึงแม้ว่าจะเป็นพื้นที่ที่มีหมายเลขแอดเดรสเดียวกับของรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ แต่ในความเป็นจริงแล้วจะเป็นพื้นที่ หน่วยความจำอีกบริเวณหนึ่ง ซึ่งมีการซ้อนเกย กันให้อยู่ในบริเวณแอดเดรสส่วนนี้ซึ่งหากว่าผู้ใช้ต้องการเก็บข้อมูลในพื้นที่บริเวณนี้ก็จะต้องใช้การเข้าถึงหน่วยความจำแบบโดยอ้อม(Indirect Addressing) เท่านั้น

**รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ** รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ(SFR) เป็นรีจิสเตอร์สำหรับการควบคุมหน้าที่และการทำงานของอุปกรณ์หรือพอร์ตของ 8051 ทั้งหมด โดยมีตำแหน่งอยู่ในบริเวณแอดเดรส 80H-FFH การใช้งานรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษเหล่านี้สามารถทำได้ทั้งการระบุถึง ชื่อของรีจิสเตอร์หรือตำแหน่งแอดเดรสที่เป็นของรีจิสเตอร์นั้นก็ได้

ตารางต่อไปนี้จะแสดงให้เห็นพื้นที่การจัดหน่วยความจำ สำหรับรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษเหล่านี้ โดยมีข้อสังเกตว่ารีจิสเตอร์ที่อยู่ในตำแหน่งแอดเดรสที่เป็นจำนวนทวิคูณของค่า 8 จะสามารถเข้าถึงในระดับบิตได้ด้วย

ตารางที่ 2.3 รีจิสเตอร์ใช้งานพิเศษ(Special Function Register หรือ SFR)

ชื่อรีจิสเตอร์	คำจำกัดความ	ความสามารถการเข้าถึงได้แบบบิต
ACC	Accumulator	ได้
B	B register	ได้
PSW	Program Status	ได้
SP	Stack Pointer	ได้
DPTR	Data Pointer (DPH & DPL)	ได้
P0	PORT 0	ได้
P1	PORT 1	ได้
P2	PORT 2	ได้
P3	PORT 3	ได้
IP	Interrupt Priority	ได้
IE	Interrupt Enable	ได้
TMOD	Timer/Counter control	ไม่ได้
TCON	Timer/Counter control	ได้
TH0	Timer/Counter 0	ไม่ได้
TLO	Timer/Counter 0	ไม่ได้
TH1	Timer/Counter 1	ไม่ได้
TL1	Timer/Counter 1	ไม่ได้
SCON	Serial control	ไม่ได้
SBUF	Serial data buffer	ไม่ได้
PCON	Power control	ไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**แอกคิวมูเลเตอร์(Accumulator) หรือ ACC** เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลที่ส่งให้กับหน่วยทำงานภายในซีพียูและเก็บผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานนั้น การทำงานของรีจิสเตอร์นี้มีลักษณะเช่นเดียวกับตัวแอกคิวมูเลเตอร์ของโปรเซสเซอร์ทั่วไปการใช้งานภายในโปรแกรมจะเรียกว่า รีจิสเตอร์ A

**รีจิสเตอร์ B** เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้สำหรับการทำคำสั่งคูณและหารตัวเลข ในกรณีที่ไม่ใช่ในการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ก็สามารถนำไปใช้งานเช่นเดียวกับรีจิสเตอร์ทั่วไป

**โปรแกรมเคาน์เตอร์(Program Counter)** เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการชี้ตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำโปรแกรม ซึ่งจะต้องไปทำงานในลำดับต่อไป การใช้งานภายในโปรแกรมจะเรียกว่า รีจิสเตอร์PC

**สแต็กพอยน์เตอร์(Stack Pointer)** เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่เก็บตำแหน่งของตัวชี้หรือพอยน์เตอร์(Pointer) ของบริเวณสแต็ก(Stack) สำหรับเก็บข้อมูลแอกคิวมูเลเตอร์รีจิสเตอร์ต่างๆรวมทั้งข้อมูลจากโปรแกรม โดยปกติแล้วเมื่อทำการเริ่มต้นระบบใหม่ภายหลังจากการเริ่มจ่ายกระแสไฟฟ้า หรือมีการรีเซต(Reset) เกิดขึ้นค่าภายในสแต็กพอยน์เตอร์จะมีค่า 07H ซึ่งเป็นตำแหน่งแอดเดรสภายในบริเวณพื้นที่ 128 ไบต์แรกของหน่วยความจำข้อมูลภายใน การใช้งานภายในโปรแกรมจะเรียกว่า รีจิสเตอร์ SP

**ตัวชี้ข้อมูล หรือ ดาต้าพอยน์เตอร์ (Data Pionter)** เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต ซึ่งเรียกวารีจิสเตอร์ DPTR และสามารถใช้งานแยกออกเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิตสองตัว คือ รีจิสเตอร์ DPH และ DPL เพื่อเก็บค่าแอดเดรสของหน่วยความจำที่จะต้องใช้งานภายในโปรแกรม หรืออาจจะเป็นแอดเดรสของอุปกรณ์ภายนอก ซึ่งกำหนดให้ติดต่อกันโดยใช้ตำแหน่งของหน่วยความจำนั้นภายในโปรแกรม

## ตารางที่ 2.4 บิตต่างๆ ภายในรีจิสเตอร์ PSW (Program status Word)

ชื่อบิต : PSW

ตำแหน่ง : Doh

ค่าบิตเริ่มต้น : 0000 0111

CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	-	P
----	----	----	-----	-----	----	---	---

ชื่อบิต	ตำแหน่ง	ความหมาย
CY	PSW.7	Carry Flag
AC	PSW.6	Auxiliary Carry flag
F0	PSW.5	Flag 0
RS1	PSW.4	บิตสำหรับเลือกรีจิสเตอร์แบงก์ บิต 1
RS0	PSW.3	บิตสำหรับเลือกรีจิสเตอร์แบงก์ บิต 0
OV	PSW.2	Overflow Flag
-	PSW.1	
P	PSW.0	Parity Flag

**โปรแกรมสเตตัสเวิร์ด(PSW)**รีจิสเตอร์นี้ทำหน้าที่บอกถึงแฟล็กสถานะการทำงานต่างๆรวมทั้งบิตสำหรับการกำหนดเลือกแบงก์(Bank)ของรีจิสเตอร์ที่ใช้งานด้วย

**รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับพอร์ต(Port Register)** รีจิสเตอร์เหล่านี้มีความเกี่ยวข้องกับการทำงานของพอร์ตอินพุท/เอาต์พุท โดยตรง ซึ่งแต่ละตัวจะเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต สามารถใช้งานได้ทั้งในลักษณะการอินพุท หรือการเอาต์พุทข้อมูลได้ การดำเนินการใดๆที่เกี่ยวข้องกับพอร์ตทั้งสี่นี้จะมีผลทำให้ข้อมูลที่ตำแหน่งของพอร์ตเหล่านี้เปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน นอกจากนี้พอร์ต P0 และ P2 ยังสามารถนำมาใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมหรือหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้ โดยพอร์ต P2 จะเป็นค่าของแอดเดรส 8 บิตบนของหน่วยความจำ ช่วงเวลาต่อมาจึงจะนำพอร์ต P0 ไปใช้เป็นบัสสำหรับการรับหรือส่งข้อมูลกับหน่วยอุปกรณ์ภายนอก สำหรับพอร์ต P3 นั้นนอกเหนือจะใช้ในลักษณะของพอร์ตอินพุท/เอาต์พุทเช่นปกติ ยังนำมาใช้ในฐานะบัสควบคุมเกี่ยวกับสัญญาณอินเทอร์รัพท์ได้อีกด้วย

**รีจิสเตอร์ SBUF** เป็นบัฟเฟอร์ขนาด 8 บิต สำหรับการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมทั้งการรับและส่งข้อมูล ซึ่งตามความจริงแล้วบัฟเฟอร์นี้มีอยู่ด้วยกันสองชุดและแยกออกจากกันอย่างชัดเจนสำหรับการรับและการส่ง โดยซีพียูจะทำการเลือกบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมให้โดยอัตโนมัติ

**รีจิสเตอร์ PCON** เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานในสามลักษณะได้แก่ การควบคุมการทำงานของโปรเซสเซอร์(บิต IDL และ PD),การกำหนดอัตราทวิคูณอัตราเร็วการสื่อสารข้อมูลอนุกรม(บิต SMOD)และแฟล็กสถานะสำหรับการใช้งานทั่วไป(บิต GR0 และ GR1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**บิต PD (Power down)** เป็นการกำหนดให้ลดกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ส่วนโปรเซสเซอร์ภายใน โดยยังคงมีกำลังไฟฟ้าจ่ายให้กับหน่วยความจำข้อมูลภายในผ่านทางขาสัญญาณ RST วิธีการนี้ มักใช้ในกรณีที่มีการตรวจสอบการไม่มีกำลังไฟฟ้า (Power failure) โดยวงจรตรวจสอบภายนอก จะต้องมีการอินเตอร์รัพท์เข้ามา เพื่อเป็นการเก็บข้อมูลที่กำลังประมวลผลอยู่ก่อนและเมื่อมีกระแสไฟฟ้าจ่ายให้เป็นปกติแล้ว จึงค่อยนำข้อมูลนั้นมาประมวลผลต่อไป

**บิต ILD (Idle Mode)** เป็นการกำหนดให้โปรเซสเซอร์หยุดทำงานชั่วคราว (Sleep) และจะกลับมาในสภาพปกติอีกครั้งเมื่อรีเซตทางฮาร์ดแวร์หรือการอินเตอร์รัพท์อย่างใดอย่างหนึ่งเกิดขึ้น การทำงานในลักษณะนี้สามารถเกิดขึ้นได้ก็เนื่องจากว่าสถานะการหยุดทำงานชั่วคราวเป็นการห้ามไม่ให้มีสัญญาณนาฬิกาจ่ายให้กับส่วนโปรเซสเซอร์เท่านั้น ส่วนวงจรการอินเตอร์รัพท์พอร์ตอนุกรมและวงจรมีสัญญาณนาฬิกาอยู่เป็นปกติ

#### ตารางที่ 2.5 บิตต่างๆภายในรีจิสเตอร์ PCON (Power Control Register)

ชื่อบิต : PCON                      ตำแหน่ง : 97h                      ค่าบิตเริ่มต้น : 0XXX 0000

SCON	-	-	-	GF1	GF0	PD	IDL
------	---	---	---	-----	-----	----	-----

ชื่อบิต	ตำแหน่ง	ความหมาย
SMOD	PCON.7	บิตกำหนดการทวีคูณของอัตราบอดปกติ
	PCON.6	
	PCON.5	
	PCON.4	
GF1	PCON.3	แฟล็กสำหรับผู้ใช้งานทั่วไป Flag 1
GF0	PCON.2	แฟล็กสำหรับผู้ใช้งานทั่วไป Flag 0
PD	PCON.1	บิตสำหรับการกำหนด Power down
IDL	PCON.0	บิตสำหรับการกำหนด Idle mode

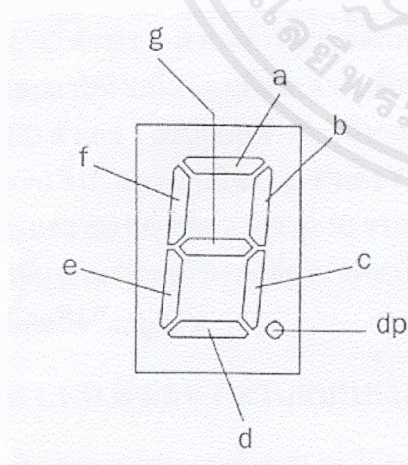
รีจิสเตอร์ IP, IE, TMOD, SMOD, SCON เป็นกลุ่มรีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่กำหนดการควบคุมและการทำงานของอินเทอร์รัพท์ต่างๆของ 8051

### 2.2.7.2 หน่วยความจำข้อมูลภายนอก

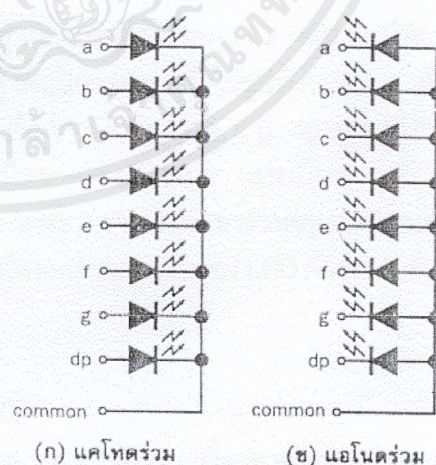
การใช้หน่วยความจำข้อมูลภายนอกเป็นวิธีการแก้ปัญหาอย่างหนึ่งในกรณีที่มีความต้องการหน่วยความจำสำหรับการเก็บข้อมูลชั่วคราว หรือตัวแปรของโปรแกรมมากกว่าขนาดความจำของหน่วยความจำข้อมูลภายใน ซึ่งมีขนาดเพียง 128 หรือ 256 ไบต์เท่านั้น บางครั้งการใช้หน่วยความจำข้อมูลภายนอกยังเหมาะสมกับงานประยุกต์บางอย่างที่จำเป็นต้องมีการเก็บสำรองข้อมูลบางอย่างไว้ไม่ให้สูญหายแม้ว่าจะไม่มีการจ่ายไฟให้กับระบบ ก็สามารถทำได้โดยการใช้ไอซีหน่วยความจำ RAM พร้อมแบตเตอรี่สำรองประเภทลิเทียมหรือนิกเกิล-แคดเมียมเป็นตัวเก็บข้อมูลเหล่านี้ไว้แทนอย่างไรก็ตามไม่ว่าสาเหตุการนำไอซีหน่วยความจำภายนอกมาใช้จะเป็นอะไรจะมีผลทำให้พอร์ตอินพุท/เอาต์พุทข้อมูลของ 8051 ถูกนำไปใช้เพื่อการติดต่อกับหน่วยความจำเหล่านี้แทน ดังนั้นจึงอาจจำเป็นต้องมีวงจรประกอบอื่นๆเพื่อชดเชยความสามารถเหล่านั้นของ 8051 แทน

### 2.3 การเชื่อมต่อกับ LED ตัวเลข 7 ส่วน

ทฤษฎีเบื้องต้นLED ตัวเลข 7 ส่วนประกอบขึ้นจาก LED จำนวน 7 ตัวที่บรรจุอยู่ในตัวถังเดียวกันและได้รับการจัดเรียงเป็นรูปตัวเลข LED แต่ละตัวจะถูกเรียกว่า ส่วน หรือ เซกเมนต์ (Segment) แต่ละส่วนหรือเซกเมนต์มีชื่อเรียกแตกต่างกันตามตำแหน่งที่ได้รับการจัดวางคือ a,b,c,d,e,f และ g ส่วน dp เป็น LED อีก 1 ตัวที่บรรจุอยู่ใน LED ตัวเลข 7 ส่วนนี้ใช้เป็นตัวแสดงจุดทศนิยมในกรณีที่มีการแสดงผลในลักษณะเลขที่มีทศนิยม

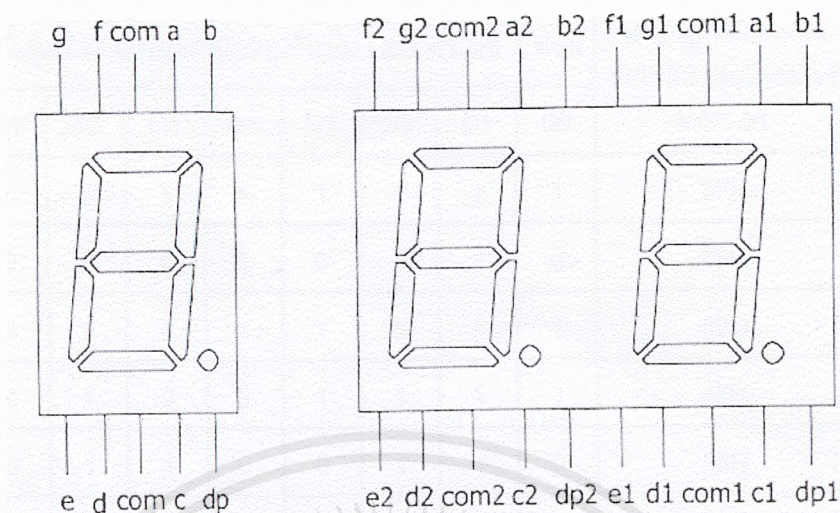


ภาพที่ 2.10 แสดงรูปร่างและการกำหนดชื่อเซกเมนต์ของ LED ตัวเลข 7 ส่วน



ภาพที่ 2.11 วงจรในของ LED ตัวเลข 7 ส่วนแบบแคโทดร่วมและแอนโอดร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.12 แสดงการจัดขาของ LED ตัวเลข 7 ส่วนทั้งแบบตัวเดี่ยวและตัวคู่

LED ทุกตัวที่บรรจุอยู่ใน LED ตัวเลข 7 ส่วนนี้ขาคู่ร่วมกัน ซึ่งก็มีทั้งแบบต่อขาแคโทดร่วมกันเรียกว่า แบบแคโทดร่วม (common cathode) และแบบต่อขาแอนโอดร่วมกันเรียกว่า แบบแอนโอดร่วม (common anode) การขับให้ LED ตัวเลข 7 ส่วนแบบแคโทดร่วมสว่างจะต้องจ่ายไฟลบเข้าที่ขาร่วมแล้วจ่ายไฟบวกเข้าที่ขาแอนโอดซึ่งก็คือขาของแต่ละเซกเมนต์นั่นเอง ในขณะที่ LED ตัวเลข 7 ส่วนแบบแอนโอดร่วมจะต้องจ่ายไฟบวกเข้าที่ขาร่วม แล้วจ่ายไฟลบเข้าที่ขาแคโทด ซึ่งเป็นขาของแต่ละเซกเมนต์

LED ตัวเลข 7 ส่วนมีจำหน่ายทั้งแบบตัวเดี่ยว, ตัวคู่ และแบบที่มีมากกว่า 2 หลัก แต่ที่นิยมใช้งานและหาได้ง่ายมี 2 แบบคือ แบบตัวเดี่ยวและแบบตัวคู่โดยมีการจัดขาตั้งในรูปแบบที่ 3 จะเห็นได้ว่า Led ตัวเลข 7 ส่วนแบบตัวเดี่ยวมีขาต่อใช้งาน 10 ขาคือ ขา a,b,c,d,e,f,g,dp และขาร่วม (common) ซึ่งมีขา 2 ขา ถ้าเป็น LED ตัวเลข 7 ส่วนแบบตัวเดี่ยวมีขาต่อใช้งาน 10 ขาคือ ขา a,b,c,d,e,f,g,dp และขาร่วม (common) ซึ่งมี 2 ขา ถ้าเป็น LED ตัวเลข 7 ส่วนแบบตัวคู่มีขาต่อใช้งาน 20 ขา แบ่งเป็นขา a,b,c,d,e,f,g, และ dp อย่างละ 2 ขารวม 16 ขา และขาร่วมอีกหลักละ 2 ขา การต่อขาร่วมของแต่ละหลักทั้ง 2 ขานั้น สามารถต่อใช้งานเพียงขาเดียวได้ เนื่องจากใน โครงสร้างภายในของ LED ตัวเลข 7 ส่วนขาร่วมนี้ต่อถึงกันอยู่แล้ว

### 2.3.1 การขับ LED ตัวเลข 7 ส่วนแบบหลักเดี่ยว

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ไม่ควรนำมาขับ LED 7 ส่วนโดยตรง เนื่องจากความสามารถในการจ่ายกระแสเอาต์พุตรวมไม่สูงมากนักจึงต้องอาศัยไอซีขับไฟเพอร์มาช่วยในการขับ LED อาทิ ไอซีเบอร์ 74HC541 และที่เอาต์พุตของไอซีขับไฟเพอร์ที่ต่อกับ LED ตัวเลข 7 ส่วนต้อง

ตารางที่ 2.6 ตารางข้อมูลของการแสดงผลตัวเลข 0-F ของ LED ตัวเลข 7 ส่วนแบบแคโทดร่วม

ข้อมูลดิจิตอลเอาต์พุตสำหรับขับ LED ตัวเลข 7 ส่วน								ค่าเลขฐานสิบหกที่ใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ -MCS-51	ค่าตัวเลขที่แสดงบนตัว LED
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0		
0	0	1	1	1	1	1	1	3FH	0
0	0	0	0	0	1	1	0	06H	0
0	1	0	1	1	0	1	1	5BH	0
0	1	0	0	1	1	1	1	4FH	0
0	1	1	0	0	1	1	0	66H	9
0	1	1	0	1	1	0	1	6DH	5
0	1	1	1	1	1	0	1	7DH	8
0	0	0	0	0	1	1	1	07H	0
0	1	1	1	1	1	1	1	7FH	8
0	1	1	0	1	1	1	1	6FH	8
0	1	1	1	0	1	1	1	77H	8
0	1	1	1	1	1	0	0	7CH	8
0	0	1	1	1	0	0	1	39H	0
0	1	0	1	1	1	1	0	5EH	8
0	1	1	1	1	0	0	1	79H	8
0	1	1	1	0	0	0	1	71H	8
1	1	1	1	1	1	1	1	0FFH	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีตัวต้านทานจำกัดกระแสให้แก่ LED ทุกเซกเมนต์ การกำหนดให้ LED ตัวเลข 7 ส่วนแสดงข้อมูล เป็นตัวเลขหรือเป็น

สัญลักษณ์ใด ๆ ก็ตาม ต้องมีการกำหนดรูปแบบการแสดงผลของเซกเมนต์ต่างๆ ด้วยข้อมูล แต่ละบิตของไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วใช้วิธีการเปิดตารางหรือ (look up table) ดังตัวอย่างตาราง ข้อมูลของการแสดงผลตัวเลขฐานสิบหกของ LED ตัวเลข 7 ส่วน

การเขียนโปรแกรมเพื่อขับ LED ตัวเลข 7 ส่วนควรใช้การเปิดตารางข้อมูล (look up table) ช่วย แล้วใช้โปรแกรมหน่วงเวลาเพื่อให้ LED ในเซกเมนต์ที่ถูกสั่งให้ทำงานนั้นติดสว่างนานพอให้ ผู้ใช้งานเห็นข้อมูลที่นำมาแสดงผลที่ LED ตัวเลข 7 ส่วนนั้น

### 2.3.2 การขับ LED ตัวเลข 7 ส่วนแบบมัลติเพล็กซ์

ในกรณีที่ต้องการให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ขับ LED ตัวเลข 7 ส่วนมากกว่า 1 หลักจะต้องใช้เทคนิคที่เรียกว่า การแสดงผลแบบมัลติเพล็กซ์ (multiplex) อันเป็นวิธีการขับให้ LED สว่างทีละหลักด้วยอัตราเร็วที่ตาของมนุษย์ไม่สามารถตรวจจับได้ทัน จึงดูเหมือนว่า LED ตัวเลข 7 ส่วนทุกหลักติดสว่างในเวลาเดียวกัน

การแสดงผลแบบมัลติเพล็กซ์นี้ประโยชน์หลายประการดังนี้

1. ช่วยลดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทำให้ขนาดของแหล่งจ่ายกำลังงานไฟฟ้าเล็กลงส่งผลให้ขนาดโดยรวมของระบบเล็กลงด้วย

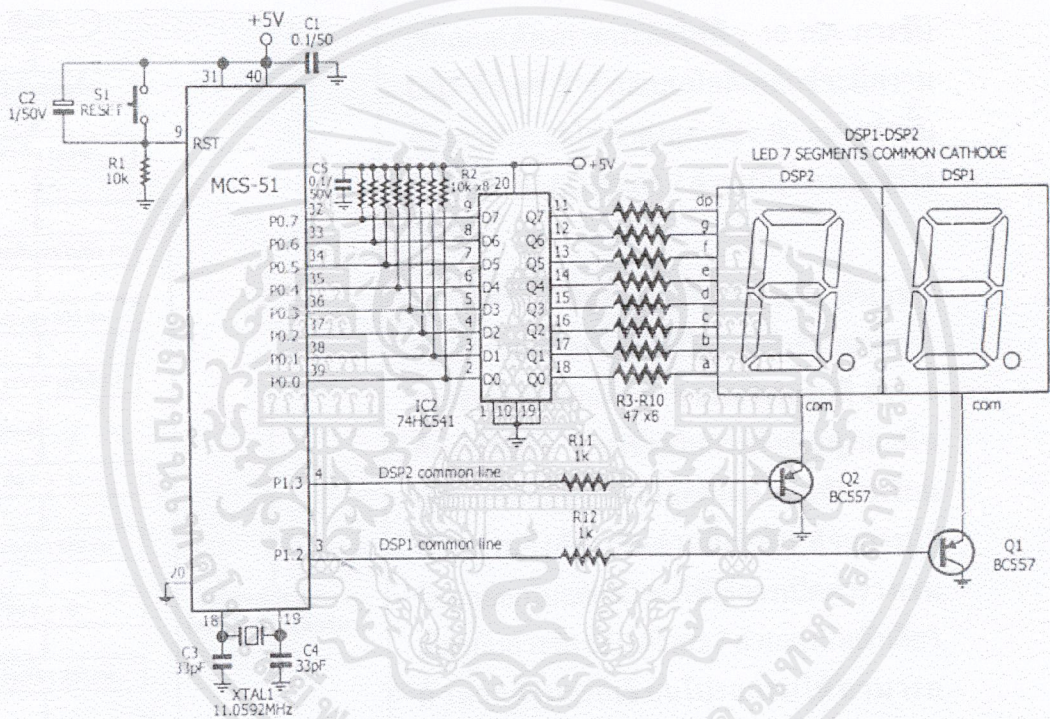
2. ช่วยให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถขับ LED ตัวเลข 7 ส่วนได้มากกว่า 1 หลัก โดยที่ใช้จำนวนพอร์ตเพิ่มเติมเฉพาะการติดต่อกับขาคอมมอนเท่านั้น

3. ลดจำนวนตัวต้านทานที่ใช้ในการจำกัดกระแสของ LED ในแต่ละเซกเมนต์ยกตัวอย่าง LED ตัวเลข 7 ส่วนหนึ่งหลักต้องใช้ตัวต้านทานจำกัดกระแส 8 ตัว ถ้าหาก LED ตัวเลข 7 ส่วน 4 หลักโดยตรง ต้องใช้ตัวต้านทานมากถึง 32 ตัว ในขณะที่หากใช้วิธีการแสดงผลแบบมัลติเพล็กซ์ ยังคงใช้ตัวต้านทานเพื่อจำกัดกระแสให้ LED ในแต่ละเซกเมนต์เพียง 8 ตัวไม่ว่าจะขับ LED ตัวเลข 7 ส่วนกี่หลักก็ตาม

การขับ LED ตัวเลข 7 ส่วนแบบมัลติเพล็กซ์ จะทำการต่อขาของแต่ละเซกเมนต์ร่วมกันคือ เซกเมนต์ a ของทุกหลักจะต่อถึงกันไล่เรียงไปจนถึงเซกเมนต์ g ในบางงานที่ต้องใช้จุด dp ก็ต้อง ต่อขาของจุด dp รวมกันด้วย การควบคุมให้ LED ตัวเลข 7 ส่วนหลักใดติดสว่าง ทำได้โดยการจ่าย ไฟเข้าที่ขาาร่วมของ LED ตัวเลข 7 ส่วนหลักนั้น ๆ ยกตัวอย่างหาก LED ตัวเลข 7 ส่วนที่ใช้เป็นแบบ แคลโทดร่วมหาก ต้องการให้ LED ตัวเลข 7 ส่วนหลักนั้น ๆ ยกตัวอย่างหาก LED ตัวเลข 7 ส่วนที่ใช้ เป็นแบบแคโทดร่วม หากต้องการให้ LED ตัวเลข 7 ส่วนหลักที่ 3 ติดสว่างก็ให้ต่อขาาร่วมของหลัก ที่ 3 ลงกราวด์หรือจ่ายไฟลบ Led ตัวเลข 7 ส่วนหลักที่ 3 ก็จะติดสว่างตามข้อมูลที่ส่งเข้ามายังขา ของแต่ละเซกเมนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ามาควบคุมการแสดงผลในลักษณะนี้เป็นการเข้ามาควบคุมการจ่ายไฟเข้าที่ขาร่วมของ LED ตัวเลข 7 ส่วนแต่ละหลักนั่นเองโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะจ่ายไฟให้แก่ขาร่วมของ LED ตัวเลข 7 ส่วนที่ละหลักไปไปตามลำดับด้วยความเร็วสูงโดยผ่านทรานซิสเตอร์ ทั้งนี้การต่อทรานซิสเตอร์เพื่อขับขาคอมมอนนั้นยังช่วยให้ภาระในการจ่ายกระแสของไมโครคอนโทรลเลอร์ลดลงด้วย ส่วนขาของแต่ละเซกเมนต์จะถูกต่อเข้ากับ ไอซีบัฟเฟอร์ผ่านตัวต้านทานจำกัดกระแสเช่นเดียวกับการขับแบบตัวเดียว ในรูปแสดงการขับ LED 7 ส่วนแบบมัลติเพล็กซ์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51



ภาพที่ 2.13 การขับ LED แบบมัลติเพล็กซ์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

กระบวนการเริ่มต้นโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ส่วนข้อมูลออกไปยัง ไอซีบัฟเฟอร์ที่ต่ออยู่กับเซกเมนต์ a-g และ dp (ในกรณีที่ต้องการใช้ dp) ของ LED ตัวเลข 7 ส่วนก่อน จากนั้นจึงส่งข้อมูล "0" ไปยังทรานซิสเตอร์ที่ต่ออยู่กับขาร่วมของ LED ตัวเลข 7 ส่วนในหลักที่ต้องการให้แสดงผลยกตัวอย่างที่ต้องการแสดงตัวเลข 12 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ต้องส่งข้อมูลของเลข 1 ไปก่อนแล้วจึงส่งข้อมูล "0" ไปยังทรานซิสเตอร์ที่ต่ออยู่กับขาร่วมของ DSP 2 จากนั้นจึงส่งข้อมูลเลข 2 แล้วส่งข้อมูล "0" ไปยังทรานซิสเตอร์ที่ต่ออยู่กับขาร่วมของ DSP 1 ตามลำดับด้วยความเร็วสูงในอัตราที่ตาของมนุษย์ไม่สามารถสังเกตเห็นความเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ภาพ

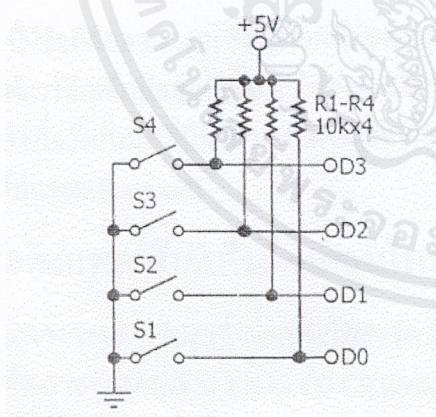
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เห็นจึงกลายเป็นว่า LED ตัวเลข 7 ส่วนทั้ง 2 หลักแสดงตัวเลข 12 พร้อมกัน จะเห็นได้ว่า ด้วยกระบวนการนี้ LED ตัวเลข 7 ส่วนจะทำงานไม่พร้อมกันการกินกระแสไฟฟ้าจึงมีค่าสูงสุดเท่ากับ LED ทุกเซกเมนต์ในหนึ่งหลักติดสว่างพร้อมกันเท่านั้น หาก LED ในแต่ละเซกเมนต์ต้องการกระแสไฟฟ้า 10mA การขับ LED ตัวเลข 7 ส่วนเป็นจำนวนเท่าใดก็ตาม

การเขียนโปรแกรมเพื่อขับ LED ตัวเลข 7 ส่วนแบบมัลติเพล็กซ์นี้จึงมีความซับซ้อนมากกว่าการขับแบบหลักเดี่ยวจากวงจรต้องใช้พอร์ต 1 มาช่วยในการส่งสัญญาณเพื่อเลือกหลักที่ต้องการให้แสดงผล ทำให้การเขียนโปรแกรมจึงต้องเพิ่มส่วนนี้เข้าไป ส่วนการนำข้อ-มูลออกไปแสดงยังคงใช้วิธีการเปิดตารางเช่น เดียวกับการขับ LED ตัวเลข 7 ส่วนแบบหลักเดี่ยวถ้าหากสามารถเขียนโปรแกรมให้ สามารถขับ LED ตัวเลข 7 ส่วน 2 หลักแบบมัลติเพล็กซ์ได้ การขับมากกว่า 2 หลัก ก็สามารทำได้ง่ายด้วย

### 2.3.3 การเชื่อมต่อกับคีย์แพดหรือสวิตช์เมตริกซ์ 4X3 จุด

การอ่านค่าหรือรับค่าการกดสวิตช์เป็นอีกงานหนึ่งที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องสามารถรองรับและเชื่อมต่อใช้งานร่วมกับได้วงจรของสวิตช์มีด้วยกัน 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ ต่อเข้ากับไฟเลี้ยงหรือกราวด์โดยตรง เมื่อสวิตช์ตัวใดต่อวงจรวงจรสามารถอ่านค่าได้โดยตรง วงจรในลักษณะนี้ไม่มีความซับซ้อน สามารถอ่านค่าของสวิตช์ได้ง่ายและรวดเร็ว แต่มีข้อเสียคือ ถ้าหากจำนวนของสวิตช์มีมาก ๆ จำนวนของสายข้อมูลก็จะมีมากตาม ทำให้ระบบโดยรวมมีขนาดใหญ่และสิ้นเปลือง



ภาพที่ 2.14 วงจรของสวิตช์แบบต่อเข้ากับไฟเลี้ยงและกราวด์

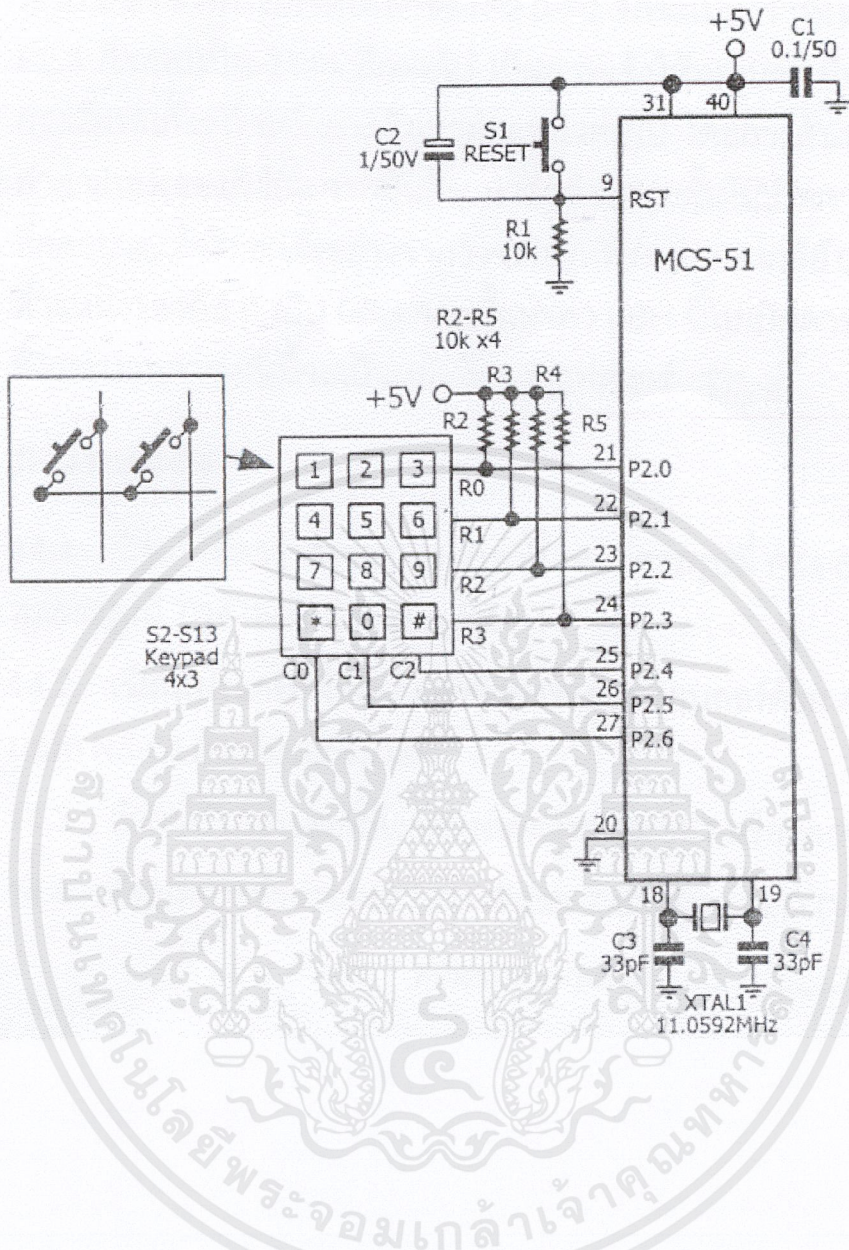


ภาพที่ 2.15 วงจรของสวิตช์แบบเมตริกซ์หรือคีย์แพด

วงจรของสวิตช์อีกลักษณะหนึ่งคือ การต่อวงจรแบบเมตริกซ์ (matrix switch) สวิตช์จะถูกต่อกันในแนวแกนตั้งและแนวนอน จะเรียกแนวตั้งว่า หลักหรือคอลัมน์ (column) ในขณะที่แนวนอนจะเรียกว่า แถวหรือโรว์ (row) ดังนั้นค่าของสวิตช์จะต้องประกอบด้วยตำแหน่งในแนวหลักและแถว กระบวนการที่จะทำให้ได้มาซึ่งค่าของสวิตช์มีขั้นตอนซับซ้อนพอสมควร แต่วงจรของสวิตช์แบบนี้มีข้อดีคือสามารถรองรับการเพิ่มของสวิตช์ได้อย่างสะดวก เพียงเพิ่มเติมจำนวนสวิตช์และแก้ไขซอฟต์แวร์อีกเล็กน้อยเท่านั้น ทำให้วงจรสวิตช์แบบเมตริกซ์เป็นที่นิยมใช้มากในระบบควบคุมอัตโนมัติหรือกึ่งอัตโนมัติที่มีจำนวนสวิตช์มากกว่า 8 ตัว ในการใช้งานทั่วไปจะเรียกสวิตช์แบบเมตริกซ์นี้ว่า คีย์แพด (keypad)

### 2.3.4 การเชื่อมต่อคีย์แพดเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

มีตัวอย่างวงจรแสดงในภาพจะใช้พอร์ต 2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์เชื่อมต่อเข้ากับคีย์แพดทั้ง 7 เส้นคือ สายของคอลัมน์ 3 สาย C0-C2 และสายทางโรว์หรือแถวอีก 4 สายคือ R0-R3 โดยเฉพาะที่ขาพอร์ต P2.0-P2.3 จะต้องต่อตัวต้านทานพูลอัพไว้เพื่อกำหนดสถานะเริ่มต้นที่ไม่มีการกดคีย์ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการส่งข้อมูล “0” ไปยัง P2.6, P2.5 และ P2.4 ตามลำดับ ในทุกครั้งที่มีการส่งข้อมูลไปยังสายคอลัมน์ของคีย์แพดไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการอ่านค่าที่ P2.0-P2.3 เข้ามาด้วย หากไม่มีการกดค่าของ P2.0-P2.3 ก็จะเป็น “1” ทั้งหมด ถ้าหากมีการกดคีย์ ค่าของ P2.0-P2.3 ก็จะไม่เป็น 1111 อีกต่อไป เป็นการแจ้งให้ทราบว่า มีการกดคีย์แพดขึ้นแล้ว จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ ก็จะทำการค้นหาตำแหน่งต่อไป โดยการค้นหาตำแหน่งสิ่งที่จะได้มาอย่างแรกคือค่าตำแหน่งของคีย์นั้น จากนั้นก็จะนำค่าตำแหน่งนั้นไปเปิดตารางข้อมูล เพื่อจะได้หมายเลขของคีย์ที่กดอย่างแท้จริง ยกตัวอย่างจากวงจรในรูปที่ P14-3 หากคีย์ 0 ถูกกด ไมโครคอนโทรลเลอร์จะได้ค่าตำแหน่งของคีย์ 0 เป็น OBH จากนั้นนำค่า OBH นี้ไปเปิดตารางก็จะได้ข้อมูลเป็น 0 หมายถึงคีย์ 0 ซึ่งกระบวนการหลังนี้จะป็นหน้าที่ของซอฟต์แวร์



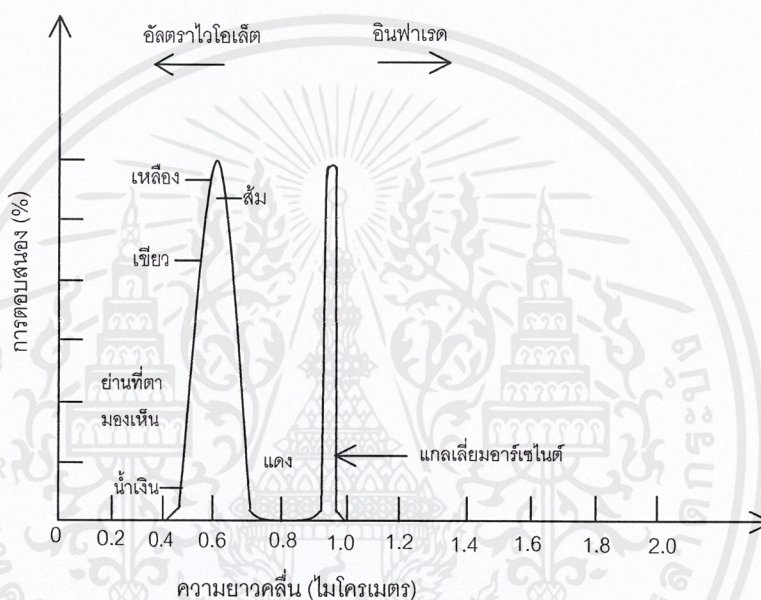
ภาพที่ 2.16 วงจรเชื่อมต่อคีย์แพดเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 ออปโตอิเล็กทรอนิกส์

### 2.4.1 ทฤษฎีสำคัญว่าด้วยเรื่องแสง

เมื่อก้าวถึงแสง (light) แล้วโดยจะคิดถึงแสงสว่างที่ช่วยให้มนุษย์มองเห็น แต่ทราบหรือไม่ว่าแสงสว่างที่ช่วยในการมองเห็นของมนุษย์นั้นเป็นเพียงส่วนคลื่นของสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic spectrum) แท้ที่จริงแล้วแสงมีหลายสีและแสงที่ช่วยในการมองเห็น (visible light) นี้เรียกว่าแสงขาว

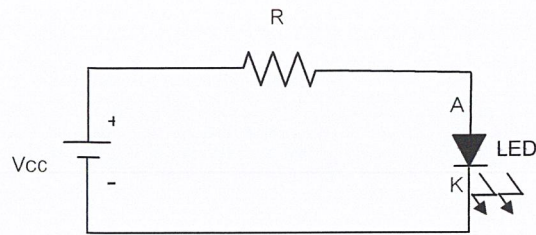


ภาพที่ 2.17 สเปกตรัมของแสงสีต่างๆ

ตัวการที่ทำให้แสงมีสีแตกต่างกันคือ ความร้อนของพลังงานที่แพร่กระจายออกมา และความยาวคลื่น ทั้งนี้แสงก็คือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบบหนึ่งจึงต้องมีความยาวคลื่นและความถี่ การที่จะแบ่งแยกกลุ่มของแสงจะต้องศึกษาถึงสเปกตรัมของแสงซึ่งก็จะมี ความเกี่ยวข้องกับ ความยาวคลื่น และการกระจายของแสงดังที่ได้กล่าวมาในรูปที่ 1 เป็นสเปกตรัมของแสงสีต่างๆ

มนุษย์สามารถที่จะมองเห็นแสงสีต่างๆ ที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 0.38-0.78 ไมโครเมตร นั่นคือแสงสีแดง แสด เหลือง เขียว น้ำเงิน คราม ม่วง ซึ่งก็คือสีของรุ้งกินน้ำ สำหรับคลื่นแสงที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่า 0.38 และสูงกว่า 0.78 ไมโครเมตรมนุษย์จะไม่สามารถมองเห็นได้ เราจะเรียกย่านของคลื่นแสงที่มีความยาวคลื่นสูงกว่า 0.78 ไมโครเมตรว่า ย่านใต้แดงหรืออินฟราเรด (infrared) ส่วนในย่านของคลื่นแสงที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่า 0.38 ไมโครเมตรเรียกว่า ย่านเหนือม่วงหรืออุลตราไวโอเล็ต (ultra violet)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.18 วงจรใช้งาน LED

### หน่วยวัดในงานออปโตอิเล็กทรอนิกส์

ตัวแรกคือ อังสตรอม (angstrom : A) จะมีค่าเท่ากับ  $10^{-10}$  เมตรเป็นหน่วยที่ใช้แทนค่าความยาวของคลื่นแสง ตัวที่สอง คือ ลูเมนส์ (lumens) เป็นหน่วยวัดความสว่างของแสง แต่หน่วยนี้ไม่ค่อยนิยมใช้ จะใช้หน่วยที่แปลงออกไปเช่น ลักซ์ (lux) อันเป็นหน่วยวัดอัตราความสว่างต่อพื้นที่มีค่าเท่ากับ 1 ลูเมนส์ต่อตารางเมตร

อีกหน่วยหนึ่งที่มักพบเห็นกันคือ แแรงเทียน (foot-candle) นิยมใช้ในอเมริกามีค่าเท่ากับ 1 ลูเมนส์ต่อตารางฟุต หรือ 10.76 ลักซ์

### 2.4.2 ประเภทของอุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์

จำแนกออกเป็น 4 กลุ่มคือ อุปกรณ์กำเนิดแสง (emitter), อุปกรณ์ตรวจจับหรือรับแสง (detector), อุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสง (optocoupler) และอุปกรณ์ถ่ายทอดแสง

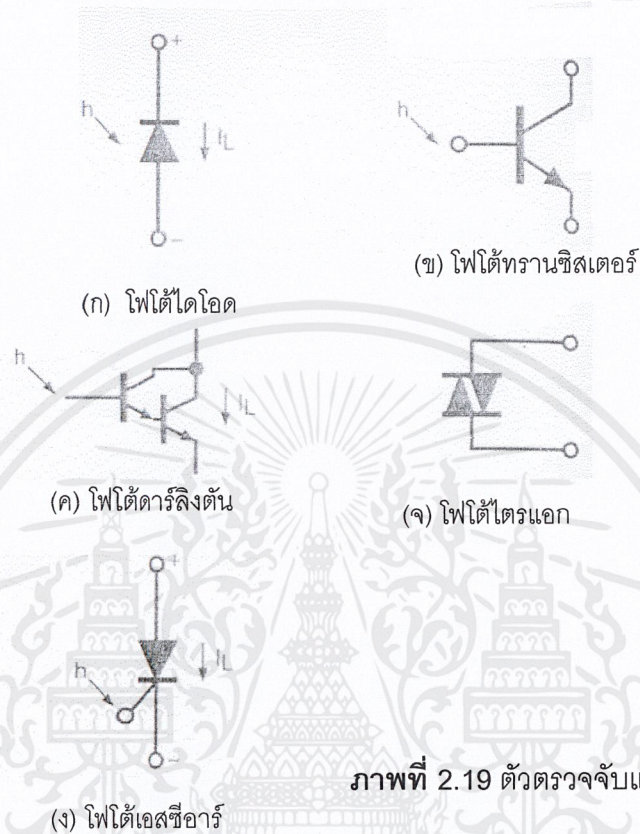
1. อุปกรณ์กำเนิดแสงเป็นอุปกรณ์ที่สามารถกำเนิดแสงสีขึ้นได้ เมื่อได้รับแรงดันไฟฟ้ามากระตุ้น ซึ่งยังแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มหลอดสุญญากาศและก๊าซ กับกลุ่มโซลิดสเตต

อุปกรณ์กำเนิดแสงจำพวกหลอดสุญญากาศและก๊าซได้แก่ หลอดไฟไส้ เมื่อได้รับแรงดันไฟฟ้า ไส้หลอดจะร้อน จนถึงจุด ๆ หนึ่งก็จะเกิดแสงสว่างขึ้น, หลอดฟลูออเรสเซนต์, หลอดนีออน และหลอดซีนอน เป็นต้น

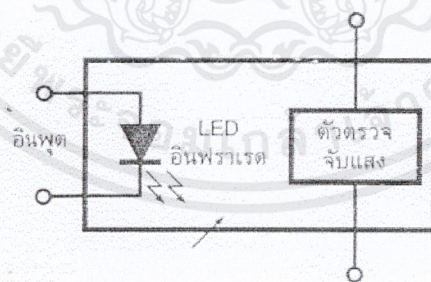
ส่วนในกลุ่มโซลิดสเตตได้แก่ LED (Light Emitting Diode) อันเป็นไดโอดแบบหนึ่งที่มีคุณสมบัติพิเศษ เมื่อได้รับแรงดันไบแอสตรง คือป้อนไฟบวกเข้าที่ขาแอนโนด และไฟลบหรือกราวด์เข้าที่ขาแคโทด LED จะสว่างขึ้น ดังวงจรในรูปที่ 2 LED ถูกสร้างขึ้นจากสารหลายอย่าง อันเป็นตัวกำหนดสีของแสงที่กำเนิดขึ้นด้วย อาทิหาก LED ทำจากแกเลียมอาร์เซไนด์ (GaAs) จะให้แสงสีแดงและแสงในย่านอินฟราเรด เป็นต้น

2. อุปกรณ์ตรวจจับหรือรับแสงซึ่งก็บอกอยู่แล้วว่า อุปกรณ์ในกลุ่มนี้จะทำงานได้ก็ต่อเมื่อมีแสงมาตกกระทบตัวมันจะเป็นแสงสีใดนั้นก็แล้วแต่ชนิดของอุปกรณ์ อุปกรณ์ตรวจจับแสงที่ทำงานกับแสงขาวได้แก่ ตัวต้านทานแปรค่าตามแสงหรือ LDR (Light Depending Resistor), โฟโตโวลตาอิกเซลล์ หรือ โซลาเซลล์ เป็นอุปกรณ์ที่จะกำเนิดแรงดันเมื่อมีแสงมากตกกระทบ

สำหรับอุปกรณ์ที่ทำงานกับแสงที่มองไม่เห็นในย่านอินฟราเรดได้แก่ โฟโอดีไดโอด, โฟโอดี-ทรานซิสเตอร์, โฟโอดีคาร์ลิงตัน, โฟโอดีเอสซีอาร์ และโฟโอดีไตรแอกเวลาต่อใช้งานปกติจะต้องต่ออุปกรณ์ในกลุ่มนี้ในลักษณะไบแอสกลับ เมื่อมีแสงมาตกกระทบ มันจะทำงานได้เองโดยทันที



ภาพที่ 2.19 ตัวตรวจจับสนามแสงแบบต่าง ๆ

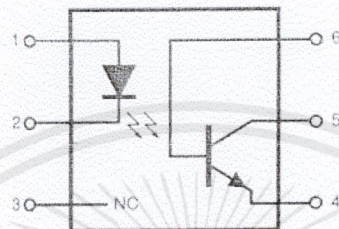


ภาพที่ 2.20 ฉนวนไดอิเล็กตริกที่ยอมให้แสงผ่านได้

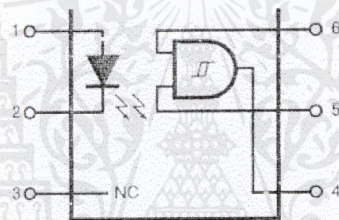
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. อุปกรณ์เชื่อมต่อโยงทางแสง

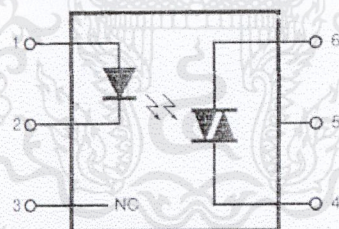
เป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้มากในการแยกกราวด์ของระบบแรงดันไฟฟ้าที่ระบบแรงดันไฟฟ้าสูง มีชื่อเรียกที่รู้จักโดยทั่วไปว่า ออปโตคัปเปอ์ (Optocupper) โดยภายในตัวออปโตคัปเปอ์จะแบ่ง 2 ส่วนคือ ส่วนอินพุต โดยทั่วไปมักจะเป็นไดโอดอินฟราเรด อีกส่วนหนึ่งคือส่วนเอาต์พุตจะเป็นอุปกรณ์กลุ่มนี้ว่า ออปโตไอโซเลตส์ (opto isolated)



(ก) เอาต์พุตเป็นทรานซิสเตอร์



(ข) เอาต์พุตเป็นซิมิต์ทริกเกอร์



(ค) เอาต์พุตเป็นไดร

ภาพที่ 2.21 ออปโตคัปเปอ์แบบต่างๆ

### 4. อุปกรณ์ถ่ายทอดแสง

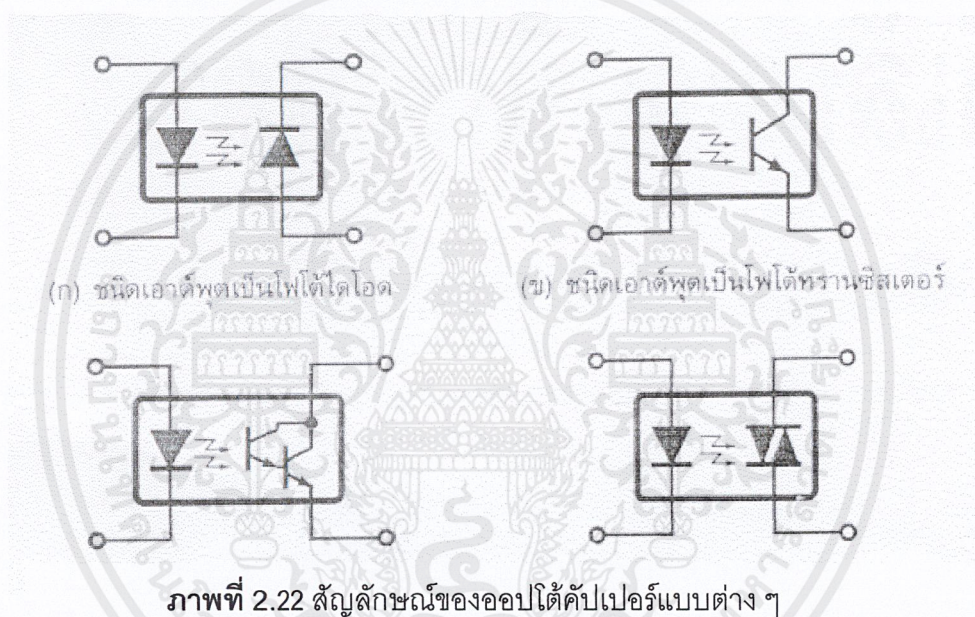
ที่นิยมใช้และกำลังมีบทบาทอยู่ในปัจจุบันตลอดจนถึงอนาคตอย่างแน่นอนคือ เส้นใยแก้วนำแสงหรือไฟเบอร์ออปติก (fiber optic) โครงสร้างของเส้นใยแก้วนำแสงจะเป็นหลอดแก้วที่มีความอ่อนตัวสูงสามารถที่จะสะท้อนแสงได้โดยไม่เกิดการหักล้างของแสงเอง จึงสามารถนำแสงจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้อย่างรวดเร็วและไม่มีข้อผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจุบันนำมาใช้ในวงการสื่อสารโทรคมนาคมใช้เป็นสายนำสัญญาณทดแทนลวดทองแดง มีแบนด์วิดธ์สูงจึงบรรจุสัญญาณได้มากมายไม่ว่าจะเป็นโทรศัพท์, โทรเลข, สัญญาณภาพ เป็นต้น

### 2.4.3 โครงสร้างพื้นฐานของออปโตคัปเปอเรอร์

จะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนส่งแสงและส่วนรับแสง โดยทั่วไปส่วนส่งแสงจะใช้ LED อินฟราเรด ทางด้านส่วนรับแสงมีหลายแบบแตกต่างกันแล้วแต่ลักษณะการใช้งานได้แก่ โฟโตไดโอด สำหรับงานกำลังไฟฟ้าต่ำ และทำงานในลักษณะเป็นสวิทช์ความเร็วต่ำ โฟโตทรานซิสเตอร์สำหรับงานกำลังไฟฟ้าปานกลางและทำงานเป็นสวิทช์ซึ่งความเร็วสูงแบบนี้จะเป็นที่นิยมใช้มากที่สุด โฟโตคาร์ลิงตันทรานซิสเตอร์สำหรับงานกำลังไฟฟ้าสูง (แรงดันต่ำ กระแสสูง) และงานไฟฟ้าสลับกำลังสูง ดังสรุปสัญลักษณ์ของออปโตคัปเปอเรอร์แบบต่าง ๆ ในภาพ



ระหว่างส่วนส่งแสงหรืออินพุตกับส่วนรับแสงหรือเอาต์พุตนั้นจะถูกแยกกันทางไฟฟ้าอย่างสิ้นเชิง ตรงนี้เองทำให้สามารถต่อแรงดันไฟสูงทางเอาต์พุตได้โดยไม่ต้องต่อกราวด์ของไฟสูงเข้ากับไฟต่ำ อันจะก่อให้เกิดปัญหาการรบกวนกันผ่านทางกราวด์การแยกกัน (isolated) จะมีพารามิเตอร์อยู่ 3 ตัวที่ต้องสนใจคือ

1. ความต้านทานฉนวน (isolation resistance) จะมีค่าตั้งแต่  $1 \times 10^{11}$  โอห์มหรือมากกว่า 100 กิกะโอห์ม (กิกะโอห์ม =  $10^9$  โอห์ม)

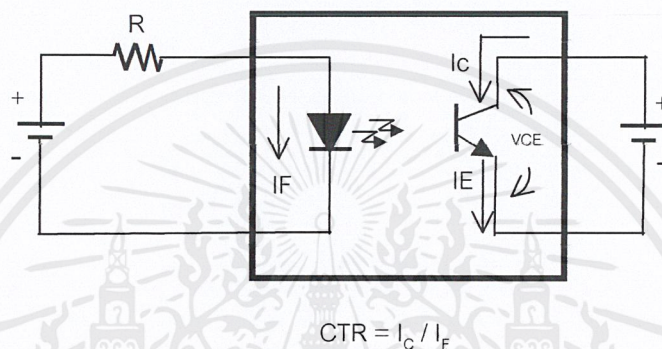
2. ความจุฉนวน (isolation capacitance) จะมีค่าระหว่าง 1-3 พิโกฟารัดขึ้นอยู่กับสารที่นำใช้ทำเป็นฉนวนแยกส่วนในตัวออปโตคัปเปอเรอร์

3. ความสามารถรักษาสภาพฉนวนของสารไดอิเล็กตริก (dielectric breakdown ability) หมายถึงความสามารถในการทนแรงดันตกคร่อมระหว่างส่วนอินพุตและเอาต์พุต ปกติมีค่าตั้งแต่

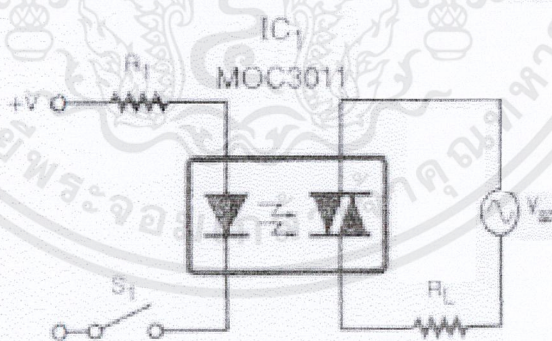
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

500 โวลต์ขึ้นไป โดยเฉลี่ยจะอยู่ที่ 1,000 โวลต์ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิขณะใช้งาน ลักษณะของรูปสัญญาณที่ใช้งานด้วย หากเกิดกระแสไฟฟ้ากระชากค่าสูงเข้ามาในตัวออปโตคัปเปอร์อาจทำให้เกิดการรั่วหรือลัดวงจรระหว่างส่วนอินพุตและเอาต์พุตได้ ดังนั้นจึงควรเลือกใช้ออปโตคัปเปอร์ที่มีค่าการทนแรงดันได้สูง ๆ จะดีที่สุด

ออปโตคัปเปอร์

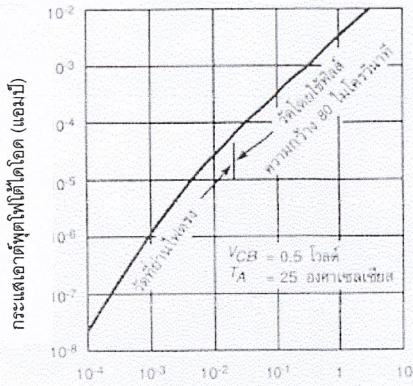


ภาพที่ 2.23 แสดงพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับค่า CTR ในออปโตคัปเปอร์

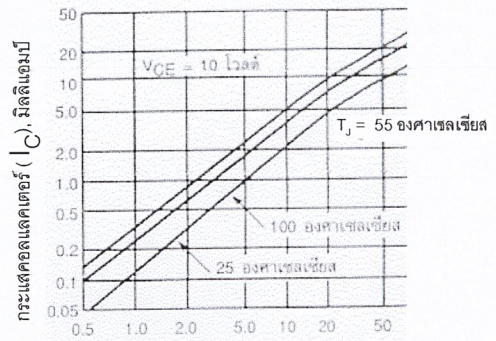


ภาพที่ 2.24 วงจรพื้นฐานของการนำไตรแอกคัปเปอร์ไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



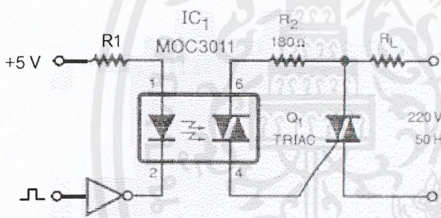
กระแสอินพุตที่ไหลผ่าน LED (แอมป์)



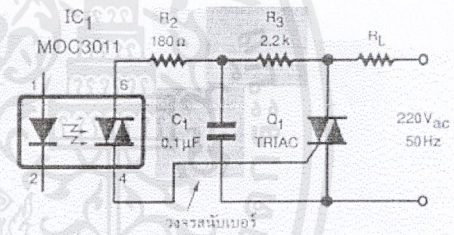
กระแสไบแอสตรงของไดโอด ( $I_F$ ) มิลลิแอมป์

ภาพที่ 2.25 กราฟการถ่ายทอดกระแสไฟฟ้า (CTR Curve) ของออปโตคัปเปอร์แบบใช้ไฟฟ้ได้ไดโอด

ภาพที่ 2.26 กราฟ CTR ของออปโตคัปเปอร์เบอร์ 4N25 และ 4N26



ภาพที่ 2.27 วงจรใช้งานไตรแอกคัปเปอร์ที่ได้ต่อวงจรสับเบออร์แล้ว



ภาพที่ 2.28 แสดงการต่อวงจรสับเบออร์ เพื่อแก้ไขเรื่องมูมเฟลด์

อัตราการถ่ายทอด อัตราการถ่ายทอดกระแสไฟฟ้า (Curmert-Transfer Ratio:CTR) เป็นพารามิเตอร์ที่วัดถึงปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ถูกถ่ายทอดจากส่วนอินพุตซึ่งใช้ LED อินฟราเรดไปยังส่วนเอาต์พุตซึ่งเป็นอุปกรณ์ใด ๆ โดยคิดในหน่วยของเปอร์เซ็นต์ของการแยกกันทางไฟฟ้าอย่างสมบูรณ์ ซึ่งสามารถคัดออกมาเป็นอัตราการขยายกระแสหรืออัตราการสูญเสียทางไฟฟ้าก็ได้เมื่อเทียบกับตัวทรานซิสเตอร์ก็คือการคิดหาอัตราการขยายกระแสหรือ  $h_{FE}$  นั้นเอง ซึ่งเปรียบเทียบกระแสอินพุตคือ  $I_B$  และกระแสเอาต์พุตคือ  $I_C$  แต่  $I_B$  ในที่นี้คือกระแสไบแอสตรงของ LED อินฟราเรดหรือ  $I_F$  ในรูปที่ 2 เป็นวงจรออปโตคัปเปอร์ที่ส่วนเอาต์พุตเป็นโฟโต้ทรานซิสเตอร์แสดงให้เห็นถึงค่าของกระแสที่เกี่ยวข้องทั้งหมด

ในรูปเป็นกราฟการถ่ายทอดกระแสไฟฟ้าของออปโตคัปเปอร์แบบเอาต์พุตเป็นโฟโต้ไดโอด ปรากฏว่าที่กระแสอินพุต  $I_F$  มีค่า 1 มิลลิแอมป์ ( $10^{-3}$  แอมป์) แต่กระแสที่เอาต์พุตกลับมีค่าเพียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 ไมโครแอมป์ ( $10^{-6}$  แอมป์) ค่าของ CTR จึงน้อยกว่า 1 หมายความว่าเกิดการสูญเสียขึ้นในระบบ แต่ในรูปที่ 4 เป็นภาพการถ่ายทอดกระแสไฟฟ้าของออปโตคัปเปอร์เบอร์ 4N25 และ 4N26 เมื่อกระแสอินพุต  $I_f$  มีค่าเท่ากับ 10 มิลลิแอมป์ กระแสเอาต์พุตจะได้ 2 มิลลิแอมป์ ดังนั้นค่า CTR จึงเท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์

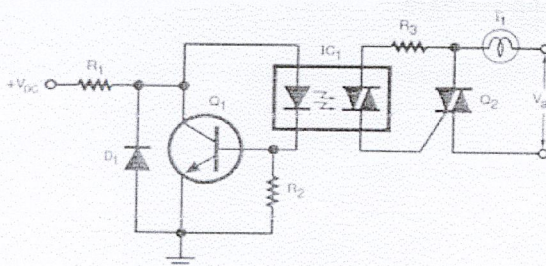
ค่า CTR หากเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ หมายความว่ากระแสอินพุตเท่ากับกระแสเอาต์พุตพอดี หากต่ำกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ หมายความว่าเกิดการสูญเสียขึ้นภายในตัวออปโตคัปเปอร์ ถ้าเกิน 100 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าออปโตคัปเปอร์ตัวนั้นมีความสามารถในการขยายกระแสไฟฟ้า

ไดโอดคัปเปอร์อันที่จริงก็คือออปโตคัปเปอร์ แบบเอาต์พุตเป็นโฟโตไดโอด (photo diac) หรือเรียกว่าตัวขับไดโอดหรือไดโอดไดโอดเวอริ เป็นวงจรพื้นฐานของออปโตคัปเปอร์แบบนี้ LED อินฟราเรดในตัวออปโตคัปเปอร์จะทำงานที่แรงดัน 1.5 โวลต์ กระแส 10 มิลลิแอมป์ ดังเช่นกระแสที่เหมาะสมสำหรับ LED อินฟราเรดคือ 15 มิลลิแอมป์ จึงควรเลือกและกำหนดค่าของตัวต้านทานจำกัดกระแสให้ LED อินฟราเรดภายในตัวออปโตคัปเปอร์ให้เหมาะสม

เอาต์พุตของออปโตคัปเปอร์ชนิดนี้ต้องนำไปขับไดโอด จากภาพแสดงวงจรพื้นฐานของการนำออปโตคัปเปอร์แบบโฟโตไดโอดนี้ไปใช้ขับไดโอดเพื่อควบคุมโหลดแบบตัวต้านทานหรือรีซิสตีฟโหลด (resistive load) แต่ถ้าในกรณีที่โหลดเป็นอุปกรณ์จำพวกตัวเหนี่ยวนำ จะต้องมียังวงจรสับเบอร์ (Shubber) เพื่อแก้ไขมุมเฟสของสัญญาณไฟสลับดังแสดงการต่อวงจรสับเบอร์ลงวงจรขับไดโอดธรรมดา ตัวต้านทาน  $R_3$  และตัวเก็บประจุ  $C_1$  คืออุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรสับเบอร์

#### 2.4.4 วงจรควบคุมโหลดไฟสลับโดยใช้ไดโอดคัปเปอร์

จากวงจรควบคุมโหลดแบบแยกกราวด์ทำให้เกิดแนวคิดที่ว่าถ้าหากเปลี่ยนแรงดันที่จ่ายทางภาคเอาต์พุตเป็นไฟสลับก็น่าที่จะควบคุมโหลดที่เป็นไฟสลับได้เพียงแต่ต้องเลือกอุปกรณ์ที่จะมาขับโหลดให้เหมาะสม และอุปกรณ์ไทรสเตอร์จึงเป็นทางเลือกที่นิยมใช้ อุปกรณ์ไทรสเตอร์ที่นิยมนำมาใช้ขับโหลดไฟสลับคือ ไดโอด เนื่องจากคุณสมบัติของตัวไดโอดเองที่สามารถทำงานได้ไม่ว่าแรงดันตกคร่อมตัวมันจะเป็นบวกหรือลบเมื่อเลือกใช้ไดโอดเป็นอุปกรณ์ในการขับโหลดแล้ว ออปโตคัปเปอร์ที่จะนำมาใช้ควบคุมจึงต้องเป็นชนิดที่มีเอาต์พุตเป็นโฟโตไดโอด ดังนั้นออปโตคัปเปอร์ที่เลือกใช้ก็คือ ไดโอดคัปเปอร์ (triac coupler) ดังมีวงจรพื้นฐานในภาพ



ภาพที่ 2.29 วงจรควบคุมโหลดไฟสลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5 มอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดียว

มอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดียว (Single – phase induction motors) เป็นมอเตอร์ที่มีโครงสร้างและหลักการทำงานในการที่ทำให้มันหมุนได้คล้ายกับมอเตอร์เหนี่ยวนำหลายเฟส จะแตกต่างกันที่ตัวอยู่กับที่มีการพันขดลวดเป็นแบบเฟสเดียวและได้รับไฟจากไฟเฟสเดียวด้วย ดังนั้นจึงทำให้เกิดสนามแม่เหล็กสลับกันไปมาขึ้นที่ตัวอยู่กับที่ซึ่งไม่ใช่สนามแม่เหล็กหมุนที่ความเร็ว synchronous เหมือนอย่างกับพวกที่มีการพันแบบสองเฟสหรือสามเฟส จากเหตุผลนี้จึงทำให้เส้นแรงที่สลับไปมานี้ไม่สามารถที่จะทำให้เกิดแรงบิดหมุนขึ้นได้ในขณะที่ตัวหมุนยังหยุดอยู่นี้ก็คือสาเหตุว่าทำไมมอเตอร์เฟสเดียวจึงไม่มีแรงบิดเริ่มแรกในตัวของมันเอง

อย่างไรก็ดีถ้าหากว่าตัวหมุนถูกทำให้หมุนไปด้วยมือหรือวิธีใดวิธีหนึ่งในทิศทางใดทิศทางหนึ่งแล้ว ย่อมทำให้เกิดแรงบิดและอัตราเร่งเกิดขึ้นกับมอเตอร์นั้นจนกระทั่งมีความเร็วเต็มที่

ตัวหมุน (rotor) ของมอเตอร์แบบนี้ส่วนใหญ่เป็นแบบทรงกระบอก (squirrel cage) ส่วนทางตัวอยู่กับที่นั้นก็มีการพันขดลวดตัวนำผิวด้านแตกต่างกันไปบ้างแล้วแต่ชนิดของมอเตอร์ การที่กล่าวว่ามีมอเตอร์เฟสเดียวมีโครงสร้างและหลักการทำงานในการที่ทำให้มันหมุนได้คล้ายกับมอเตอร์เหนี่ยวนำหลายเฟสนั้นหมายความว่ามอเตอร์แบบนี้มีทั้งตัวอยู่กับที่และตัวหมุน โดยที่ตัวอยู่กับที่นั้นจะมีการพันขดลวดเพื่อทำให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุนในช่วงขณะเริ่มแรกหรือมีอยู่ตลอดไปได้โดยอาศัยอุปกรณ์ช่วยอื่น ๆ เช่น ขดเริ่มทำให้หมุน (starting winding) หรือตัวประจุ (capacitor) ต่อร่วมกับขดทำให้หมุน หรืออาจทำให้เกิดสนามแม่เหล็กเลื่อนหรือเคลื่อนที่ไปรอบหรือเกิดสนามแม่เหล็กโดยอาศัยคุณสมบัติของตัวหมุนและตัวอยู่กับที่ร่วมกันก็ได้ ส่วนตัวหมุนนั้นก็อาจเป็นแบบโครงกระบอกหรืออาจไม่เป็นก็ได้แต่ก็ต้องเป็นตัวที่จะทำให้เกิดมีการเหนี่ยวนำขึ้นในตัวมันเพื่อทำให้เกิดแรงบิดขึ้นได้เมื่อมีสนามแม่เหล็กหมุนหรือเลื่อนได้หมุนผ่านตัวมัน

### 2.5.1 Split – Phase, Capacitor – Start Induction Motors

มีลักษณะโครงสร้างเหมือนกับ Split – Phase Motor ที่กล่าวมาแล้ว แต่มีคาปาซิเตอร์ (Capacitor) ต่ออนุกรมกับขดลวด START ซึ่งจะทำให้กระแสไฟฟ้าในขดสตาร์ททำมุมเกือบ 90 องศากับกระแสไฟฟ้าในขดลวด RUN ซึ่งจะมีลักษณะเหมือนกับระบบไฟฟ้า 2 เฟส กรณีใน Split – Phase Motor กระแสไฟฟ้าในขด START และขด RUN จะทำมุมกันประมาณ 25 องศา มอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้า 1 – เฟส ชนิดนี้จะให้แรงบิดในขณะสตาร์ทสูงมาก ประมาณ 3.5 – 4.75 เท่าของแรงบิดเต็มพิกัด และกระแสไฟฟ้าในขณะสตาร์ทก็จะน้อยลงด้วย มอเตอร์ชนิดนี้จะมีขนาดตั้งแต่ 1/8 HP ถึง 3/4 HP ค่าของการคาปาซิเตอร์จะเปลี่ยนแปลงตามขนาดของมอเตอร์ดังในตาราง

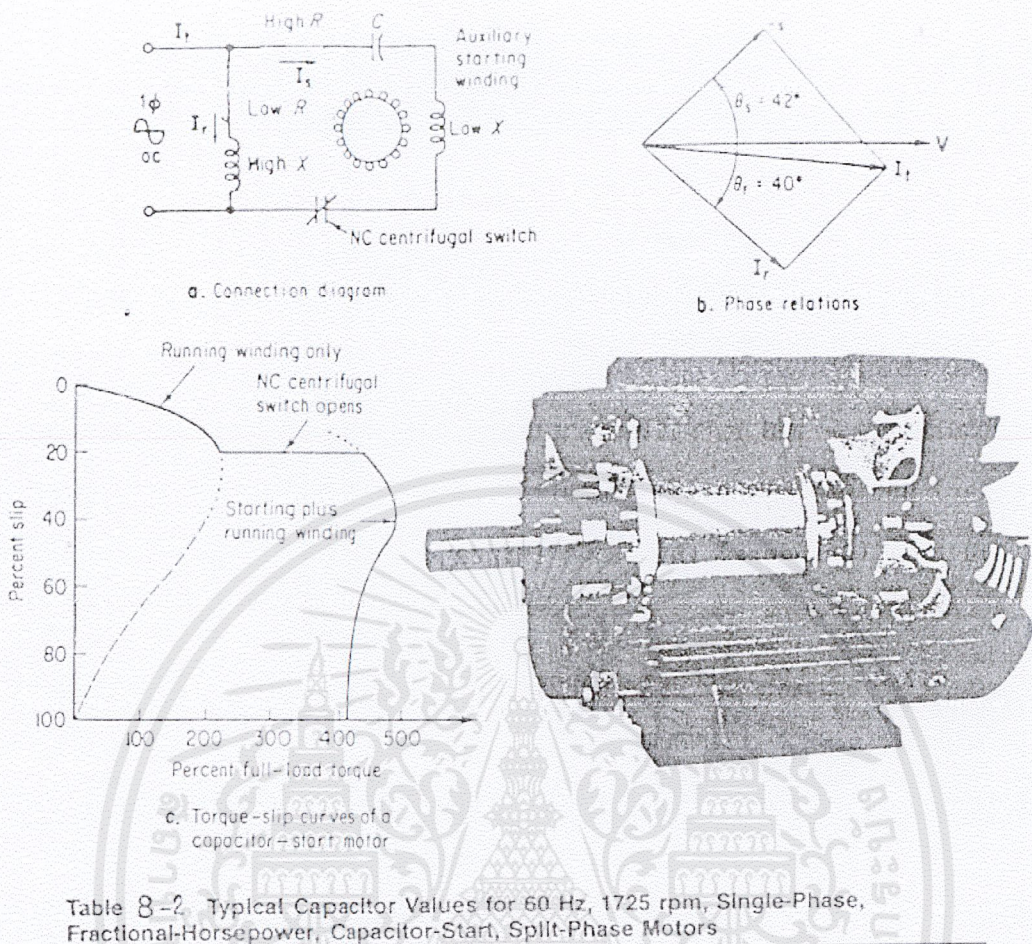


Table 8-2. Typical Capacitor Values for 60 Hz, 1725 rpm, Single-Phase, Fractional-Horsepower, Capacitor-Start, Split-Phase Motors

Horsepower (hp)	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
Capacitance ( $\mu\text{F}$ )	80	100	135	175	250	350

ภาพที่ 2.30 มอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้า 1 – เฟส แบบ Split – Phase, Capacitor - Start

มอเตอร์นี้มีขนาดสูงถึง 7.5HP และใช้งานพวกปั๊มต่างๆ คอมเพรสเซอร์ (Compressors) ในตู้เย็นและเครื่องปรับอากาศ เครื่องซักผ้าขนาดใหญ่ เป็นต้น

**2.5.2 Two – Value, Capacitor Motors**

ขดลวดไฟฟ้ากระแสสลับที่สเตเตอร์มีขดลวด 2 ชุด คือ ขด RUN และขด START เหมือนกับมอเตอร์แบบ Split - Phase แต่ขดลวดทั้ง 2 มีขนาดความโตของพื้นที่หน้าตัดของเส้นลวด และจำนวนรอบขดลวดเท่ากัน และมีคาปาซิเตอร์ 2 ตัว โดยคาปาซิเตอร์ตัวหนึ่งจะต่อระหว่างขดลวดทั้ง 2 ตลอดเวลา คาปาซิเตอร์ที่ใช้นี้จะเป็นชนิด Oil-Filled เพราะต้องทำงานตลอดเวลาที่มอเตอร์หมุน ส่วนคาปาซิเตอร์ อีกตัวหนึ่งจะใช้งานในขณะสตาร์ทและจะเป็นชนิด Electrolytic ดังในภาพ ค่า Capacitance ของคาปาซิเตอร์ START จะมีค่าประมาณ 10 ถึง 15 เท่า ของค่า Capacitance ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คาปาซิเตอร์ RUN และถูกตัดออกจากวงจรด้วย (Centrifugal Switch) เมื่อมอเตอร์มีความเร็วประมาณ 7.5 % ของความเร็วขณะไม่มีโหลด มอเตอร์ชนิดนี้จะให้แรงบิดในขณะสตาร์ทที่สูงมาก และแรงบิดสูงในขณะมอเตอร์ขับโหลด มอเตอร์ชนิดนี้ใช้งานหมูนคอมเพรสเซอร์ในเครื่องปรับอากาศแบบบ้านขนาดเล็ก และจะมีกระแสไฟฟ้าในขณะสตาร์ทและทำงานประมาณ 7.5A



ภาพที่ 2.31 มอเตอร์เหนี่ยวนำ 1-เฟส แบบ Two-Value Capacitor motors

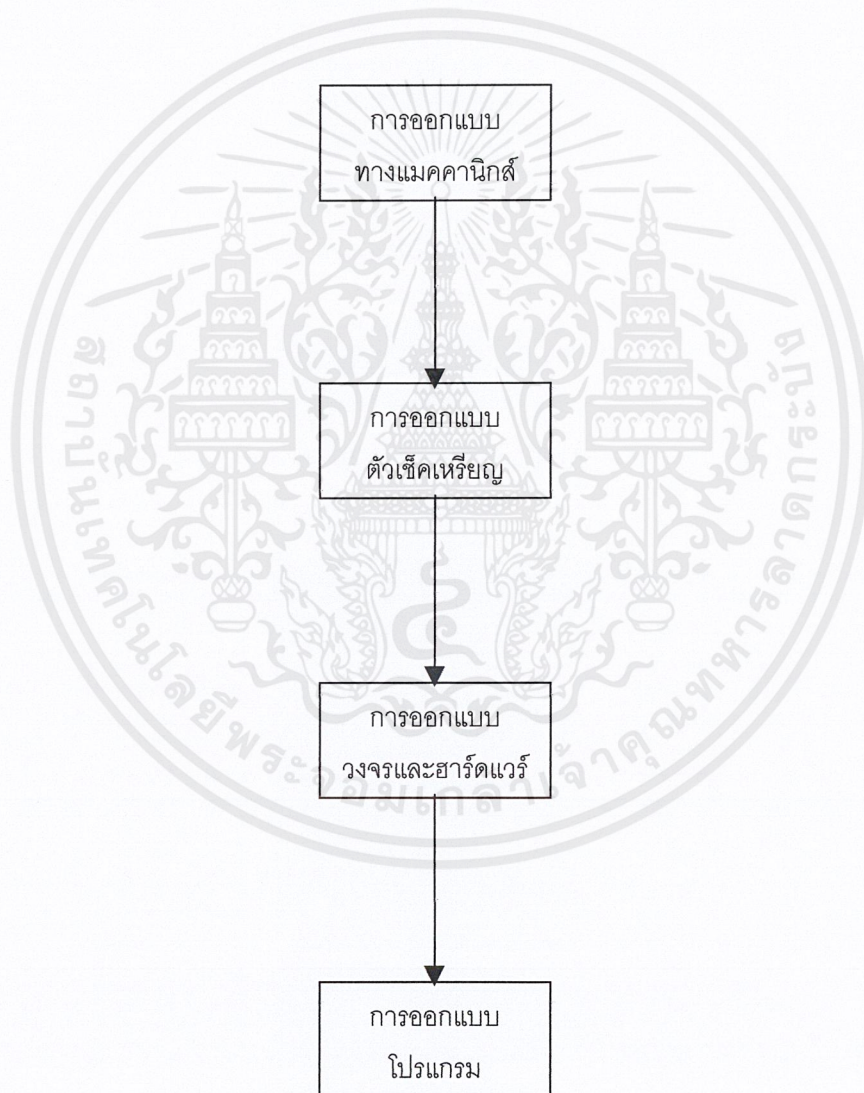
ภาพที่ 2.32 กราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและความเร็ว Slip ของมอเตอร์เหนี่ยวนำไฟฟ้า 1-เฟส แบบ Split-Phase

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3

## การออกแบบ

การออกแบบเครื่องนับเหรียญจะทำการแบ่งออกเป็นส่วนๆเพื่อสะดวกในการสร้างและการแก้ไขปัญหาซึ่งจะแสดงให้เห็นได้ดังบล็อกข้างล่างนี้



ภาพที่ 3.1 บล็อกโคอะแกรมการออกแบบเครื่องนับเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.1 การออกแบบทางเมคคานิกส์

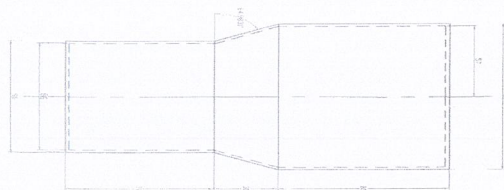
1. ออกแบบร่างหลายๆแบบเพื่อเลือกแบบที่คิดว่าจะทำงานได้ตามต้องการ
2. เมื่อได้แบบร่างแล้วก็ทำการเขียนแบบ โดยเขียนแบบในโปรแกรม AUTO CAD



ภาพที่ 3.2 แสดงแบบร่างเหรียญวง

ภาพที่ 3.3 แสดงแบบใบพัดคกงที่และหมุนตามเข็มนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.4 แสดงแบบกระบอกทรงกรวย



ภาพที่ 3.5 แสดงแบบเพลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

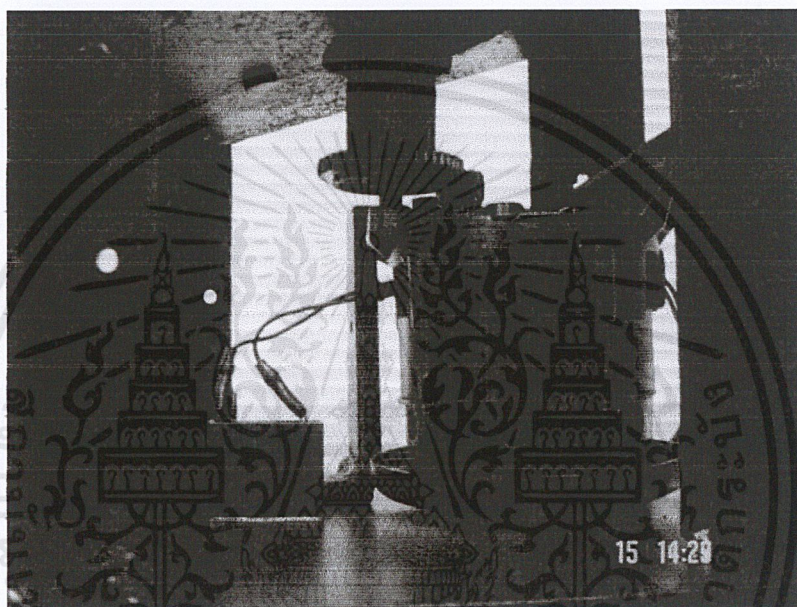


ภาพที่ 3.6 แสดงแบบกรวยรับเหรียญ

ภาพที่ 3.7 แสดงแบบโครงสร้างทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3.พิจารณาแบบเป็นขั้นสุดท้ายก่อนลงมือสร้าง
- 4.ทำการลงมือสร้างเครื่องนับเหรียญ
- 5.ในการสร้างจะทำกลึง โลหะทีละชิ้นส่วนตามขนาดและแบบที่ได้ออกแบบไว้
- 6.นำโลหะแต่ละชิ้นส่วนมาประกอบเข้าด้วยกัน
- 7.ใช้มอเตอร์ AC INDUCTION 1 PHASE ในการกลึงเหรียญที่อยู่ด้านใน



ภาพที่ 3.8 แสดงมอเตอร์

8.เมื่อสร้างเครื่องเสร็จแล้วทำการทดสอบ หากมีข้อผิดพลาดในส่วนใดก็ให้ทำการแก้ไข เพื่อให้เครื่องทำงาน ได้สมบูรณ์ที่สุด

### 3.2 การทดสอบทางกล

- 1.เมื่อทำการประกอบชิ้นส่วนทั้งหมดแล้วก็ลองสตาร์ทมอเตอร์แล้วหยอดเหรียญลงเครื่อง
- 2.ในส่วนนี้จะมีอุปกรณ์ที่ทำเป็นรูปกรวยเป็นตัวกวนเหรียญเพื่อป้องกันเหรียญค้างและที่ด้านบนของตัวกรวยจะติดใบพัดไว้ 2 ตัวโดยตัวหนึ่งอยู่กับที่และอีกตัวหนึ่งเคลื่อนที่ได้เพื่อป้องกันไม่ให้เหรียญไหลลงไปในช่องรับเหรียญเร็วเกินไป
- 3.จากนั้นเหรียญจะไหลต่อลงมาสู่ด้านล่าง โดยเหรียญจะแยกมา 2 ทาง ซึ่งที่ด้านล่างลงรางที่ไว้รับเหรียญเพื่อให้เหรียญไหลต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ในขั้นตอนนี้เหรียญที่ไหลมาจะมีไหลมา 2 ทางที่จุดจะมีอุปกรณ์ที่มีลักษณะคล้ายบานหมุน ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวสลับการไหลของเหรียญจากที่ไหลมา 2 ทาง ให้เข้ารางๆเดียวแทน
5. จากรางนี้เหรียญก็จะไหลเข้าไปในตัวเครื่องนับเหรียญต่อไป

### 3.3 การออกแบบตัวเช็คเหรียญ

#### ลักษณะเฉพาะ

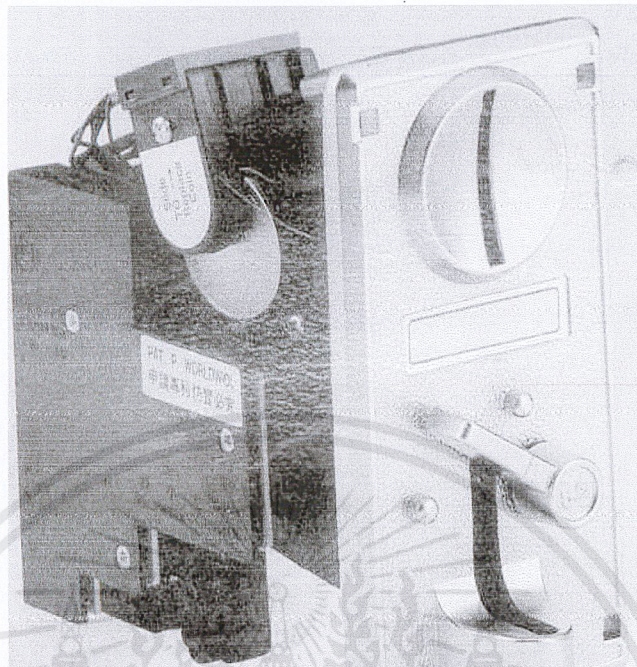
1. แรงดัน : DC 12 V(+/-) 20%
2. เส้นผ่านศูนย์กลางคอยล์ : 18 mm~31mm
3. ความหนาของคอยล์ : 1.2mm~3.0mm
4. อุณหภูมิ : -15 องศาเซลเซียส + 17 องศาเซลเซียส

#### การติดตั้ง

1. ทำการติดตั้งเหรียญตัวอย่างไว้ที่คอยล์แคม
2. เหรียญจะไหลผ่านคอยล์แคมไปข้างหลังเมื่อใส่เข้าไปและตรงกับช่องระยะของคอยล์
3. ทำการปรับขนาดช่องที่จะใส่เหรียญเข้าไปโดยคลายสกรูด้านหลังให้พอดีเพื่อป้องกัน

เมื่อเหรียญที่ใหญ่เกินขนาดไปยังคอย

4. เลือกโหมดที่อยู่ทางด้านขวาของเครื่องระหว่าง Normal Open & Normal Close
5. เลือก Speed ของคอยล์ในระหว่างการตรวจจับ 65 ms (Slow speed/Long pulse) & 45 ms (Medium speed/Medium pulse) & 25ms (Fast speed/Short pulse) โดย Timer Switch เพื่อให้สอดคล้องกับ Software
6. ทำการปรับ VR Turning
7. สายไฟที่ใช้ในการทำงานมี 5 สาย โดยมีการเชื่อมต่อ 4 พิน
  - สายสีแดงและสีน้ำตาลต่อเข้ากับ (Counter(+/-), DC +12V)
  - สายสีขาวต่อเข้ากับ Coin Signal
  - สายสีดำต่อเข้ากับ GND (Ground)
  - สายสีน้ำตาลต่อเข้ากับ (Counter(+/-))



ภาพที่ 3.9 แสดงตัวเช็คเหรียญ

### 3.3.1 การทดสอบตัวเช็คเหรียญ

ซึ่งตัวเช็คเหรียญนั้นจะใช้หลักการของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าโดยจะทำการเปรียบเทียบระหว่างเหรียญที่ใช่เป็นต้นแบบกับเหรียญที่เราได้ทำการหยอดลงไปหากเครื่องทำการเปรียบเทียบแล้วตรงกันเหรียญนั้นก็จะต้องลงมาที่ช่องด้านล่าง แต่ถ้าเครื่องทำการเปรียบเทียบแล้วไม่ตรงกันเหรียญนั้นก็จะต้องไหลออกมายังช่องคืนเหรียญที่อยู่ตรงด้านหน้าของเครื่องแทน

สรุปผลการทดสอบได้ดังนี้คือ

- 1.ใส่เหรียญต้นแบบลงไปเครื่อง ถ้าเหรียญที่หยอดเป็นชนิดเดียวกันกับเหรียญต้นแบบเครื่องจะทำงานได้อย่างถูกต้อง โดยเหรียญจะตกลงไปยังช่องด้านล่าง
- 2.ถ้าทำการทดลองโดยหยอดเหรียญที่มีขนาดแตกต่างจากเหรียญต้นแบบ เครื่องจะไม่ทำงานและเหรียญนั้นก็จะต้องไหลออกมายังช่องคืนเหรียญที่อยู่ทางด้านหน้าแทน
- 3.เครื่องนับเหรียญสามารถทำการนับเหรียญที่เข้ามาในลักษณะต่อเนื่องได้อย่างถูกต้อง
- 4.ถ้าหยอดเหรียญซ้อนกัน 2 เหรียญเข้าไปในเครื่องพร้อมๆกัน ตัวเครื่องนับเหรียญก็จะไม่ทำงานโดยเหรียญจะไหลออกมายังช่องคืนเหรียญที่อยู่ทางด้านหน้าถึงแม้ว่าเหรียญที่ได้หยอดลงไปนั้นเป็นชนิดเดียวกับเหรียญต้นแบบก็ตาม

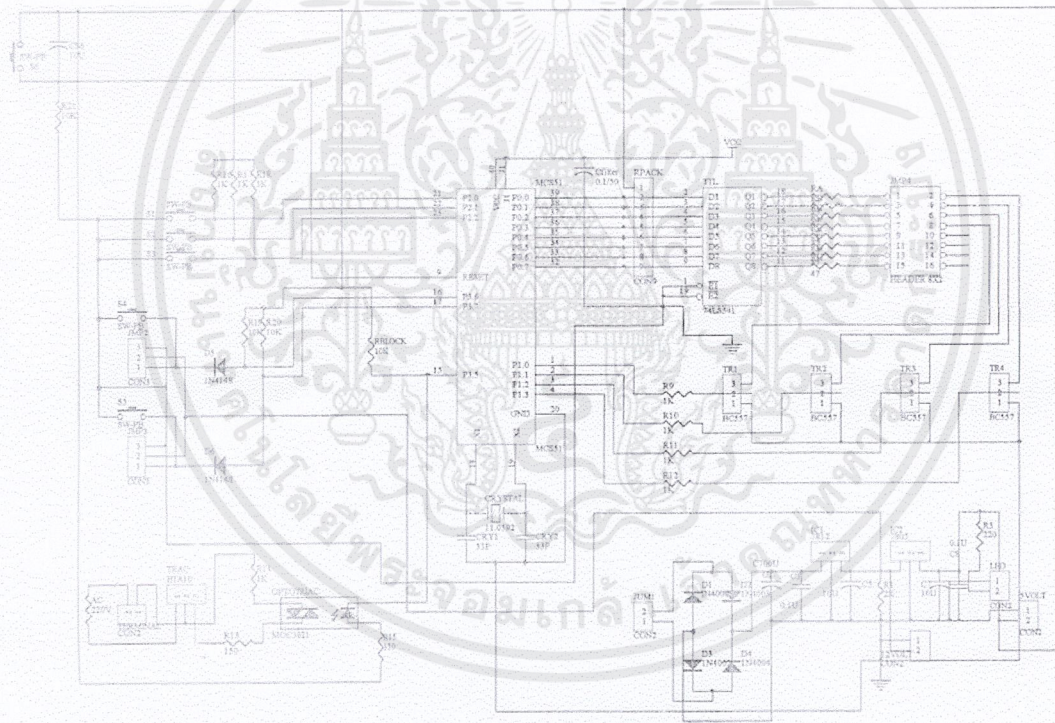
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.2 ปัญหาที่พบในระหว่างการทดสอบตัวเซ็คเหรียญ

เมื่อทำการทดสอบโดยใช้เหรียญ 1 บาทเล็กมาใช้เป็นเหรียญต้นแบบเมื่อทำการหยอดเหรียญ 1 บาทเล็กลงไปเครื่องสามารถทำงานได้แต่ถ้าหากทดลองหยอดเหรียญ 5 และ 10 บาท เหรียญจะค้างอยู่ภายในเครื่องจะบิดที่หมุนคืนเหรียญเหรียญจึงจะไหลคืนออกมาที่ช่องคืนเหรียญด้านหน้า แต่ถ้าหากทดลองโดยเปลี่ยนเหรียญต้นแบบมาเป็นเหรียญ 5 หรือ 10 บาทแล้วทดลองหยอดเหรียญที่มีขนาดแตกต่างจากเหรียญต้นแบบเหรียญจะไม่ค้างอยู่ภายในเครื่องและจะไหลออกมายังช่องคืนเหรียญที่อยู่ด้านหน้าโดยไม่ต้องบิดที่หมุนคืนเหรียญ

## 3.4 การออกแบบวงจรและฮาร์ดแวร์

### 1. ทำการออกแบบวงจรการทำงานของระบบการนับเหรียญ



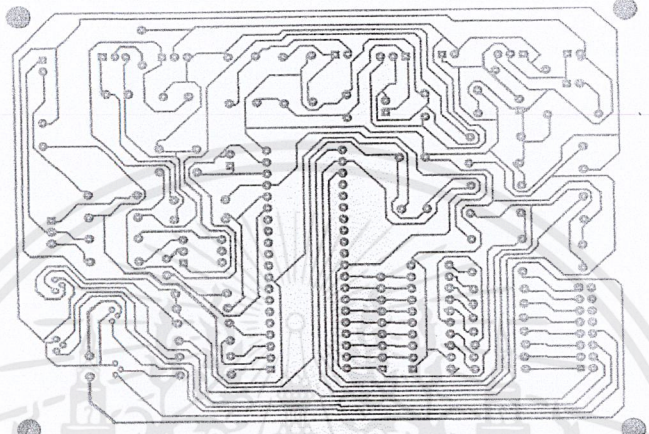
ภาพที่ 3.10 วงจรทำงานการนับเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ทำการจัดหาอุปกรณ์ตามที่ได้ออกแบบไว้แล้วประกอบอุปกรณ์ลงในแผ่นปริ้นซ์อเนกประสงค์และทำการทดสอบโดยการดาวน์โหลดโปรแกรมที่เขียนไว้ลงใน AT89C52 ทำการหยุดเหรียญแล้วดูผลลัพธ์ที่เอาพุต คือ Seven segment

3. ออกแบบลายวงจรทางฮาร์ดแวร์

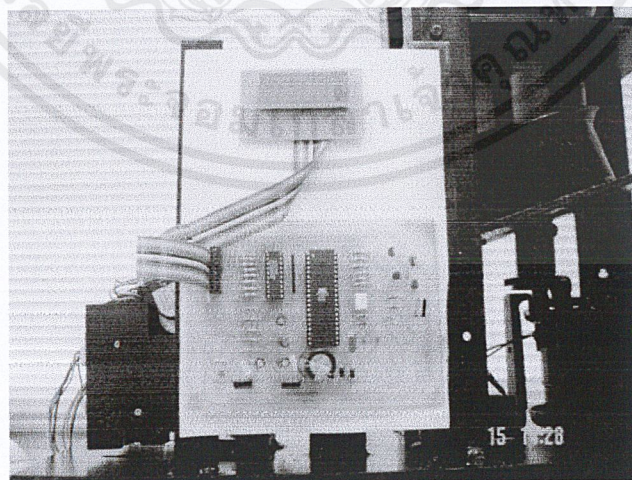
4. ออกแบบลายวงจรแผ่นพิมพ์โดยใช้โปรแกรม Potel 99



ภาพที่ 3.11 วงจรแผ่นพิมพ์

5. ทำการสร้างวงจรแผ่นพิมพ์และประกอบอุปกรณ์และ IC AT89C52 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์และส่วนผลลัพธ์เอาพุต คือ Seven segment

6. ประกอบวงจรและส่วนประกอบอื่นๆเข้ากับเครื่องแมคคานิกส์แล้วทำการทดสอบอีกครั้ง



ภาพที่ 3.12 ฮาร์ดแวร์ที่ต่อเข้ากับแมคคานิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4.1 การทดสอบทางวงจรและฮาร์ดแวร์

1. ทำการต่ออุปกรณ์ลงบนแผ่นปริ้นซ้อเนกประสงค์และต่อตัวเช็คเหรียญทั้งสองตัวเข้ากับวงจรทางฮาร์ดแวร์

1.1 โดยเริ่มด้วยการใช้แม่แบบเหรียญ 10 ทั้งสองแล้วลองหยอดเหรียญผลัดพัทธ์ก็ถือเป็นค่าของเงินที่เพิ่มทีละ 10 ตามจำนวนเหรียญที่หยอดลงไป(เนื่องจากเมื่อเหรียญผ่านแม่แบบในแต่ละครั้งจะเกิดพัลส์ขึ้นและสัญญาณพัลส์จะไปยัง AT89C52 เพื่อทำการตามเงื่อนไขที่ได้โปรแกรมไว้)โดยดูผลพัทธ์ที่ Seven segment

1.2 การใช้แม่แบบเหรียญ 5 ทั้งสองแล้วลองหยอดเหรียญผลัดพัทธ์ก็ถือเป็นค่าของเงินที่เพิ่มทีละ 5 ตามจำนวนเหรียญที่หยอดลงไป (เนื่องจากเมื่อเหรียญผ่านแม่แบบในแต่ละครั้งจะเกิดพัลส์ขึ้นและสัญญาณพัลส์จะไปยัง AT89C52 เพื่อทำการตามเงื่อนไขที่ได้โปรแกรมไว้) โดยดูผลพัทธ์ที่ Seven segment

1.3 การใช้แม่แบบเหรียญ 5,10 แล้วลองหยอดเหรียญผลัดพัทธ์ก็ถือเป็นค่าของเงินที่เพิ่มตามจำนวนเงินที่ผ่านแม่แบบ(เนื่องจากเมื่อเหรียญผ่านแม่แบบในแต่ละครั้งจะเกิดพัลส์ขึ้นและสัญญาณพัลส์จะไปยัง AT89C52 เพื่อทำการตามเงื่อนไขที่ได้โปรแกรมไว้)โดยดูผลพัทธ์ที่ Seven segment

2. ทำการประกอบอุปกรณ์ลงแผ่นวงจรจริงแล้วทำการทดสอบเหมือนข้อที่ 1

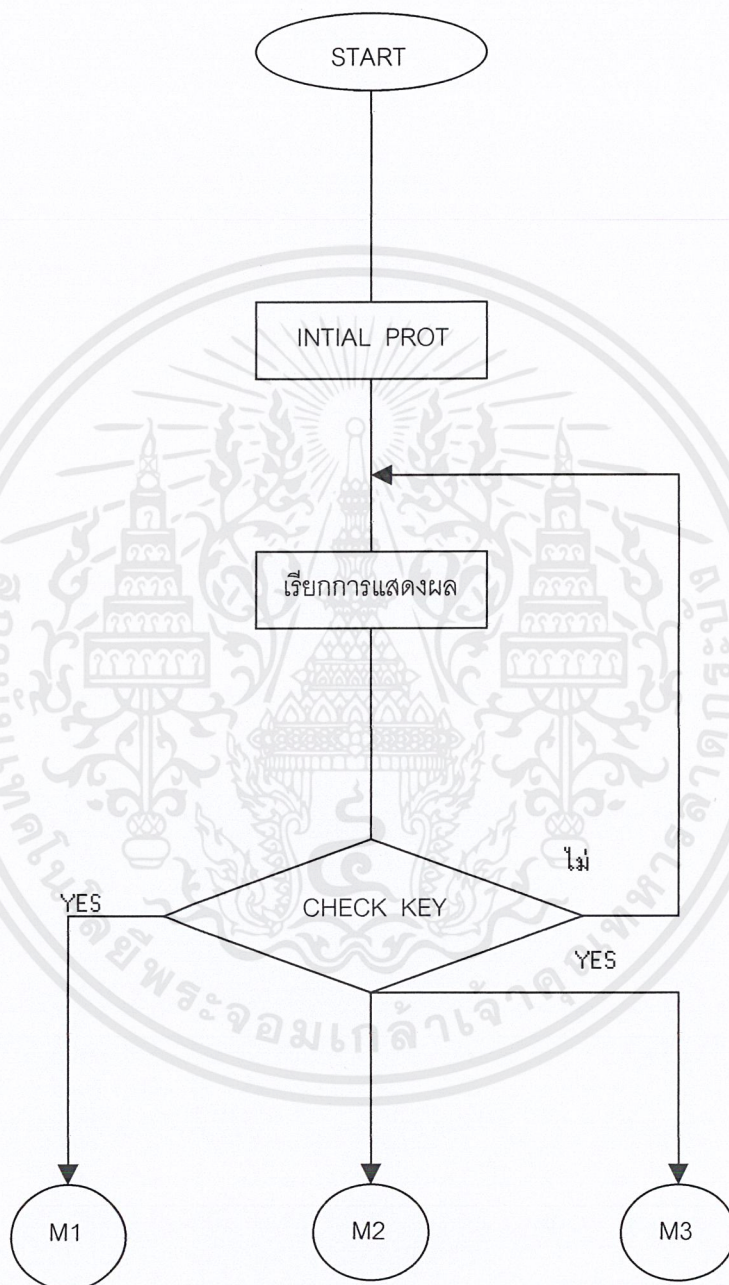
### 3.4.2 ปัญหาที่พบระหว่างการทดสอบทางวงจรและฮาร์ดแวร์

1. เมื่อทำการทดสอบโดยการหยอดเหรียญเกิดการหลุดอุปกรณ์การทำงานไม่มีการนับสามารถแก้ไขได้ด้วยการตรวจเช็คและนำกราวด์ของตัวแปลงแรงดัน 12V,5V มาเชื่อมต่อกัน

2. ลายวงจรหลวมและขาดสามารถแก้ไขได้

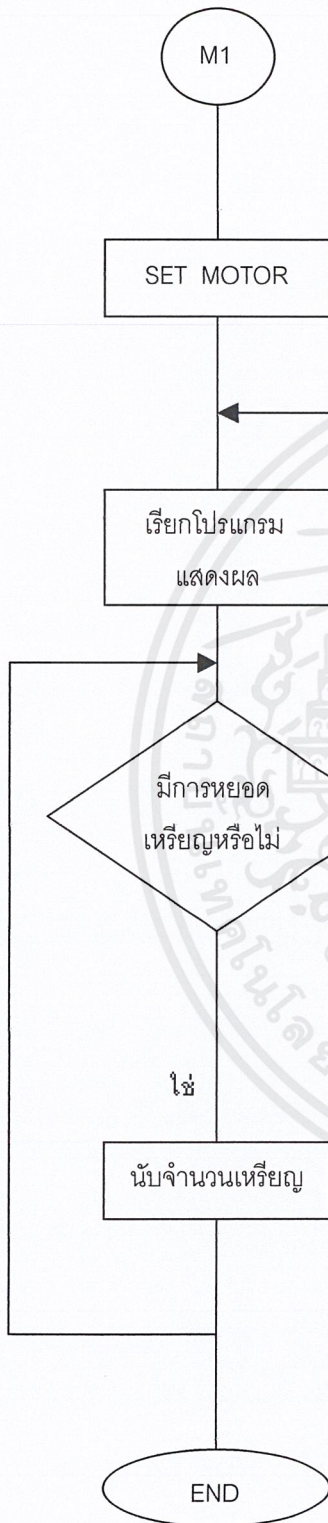
### 3.5 การออกแบบโปรแกรม

แสดงให้เห็นในรูปของโฟว์ชาร์ตซึ่งจะแบ่งออกเป็น โหมดการทำงาน

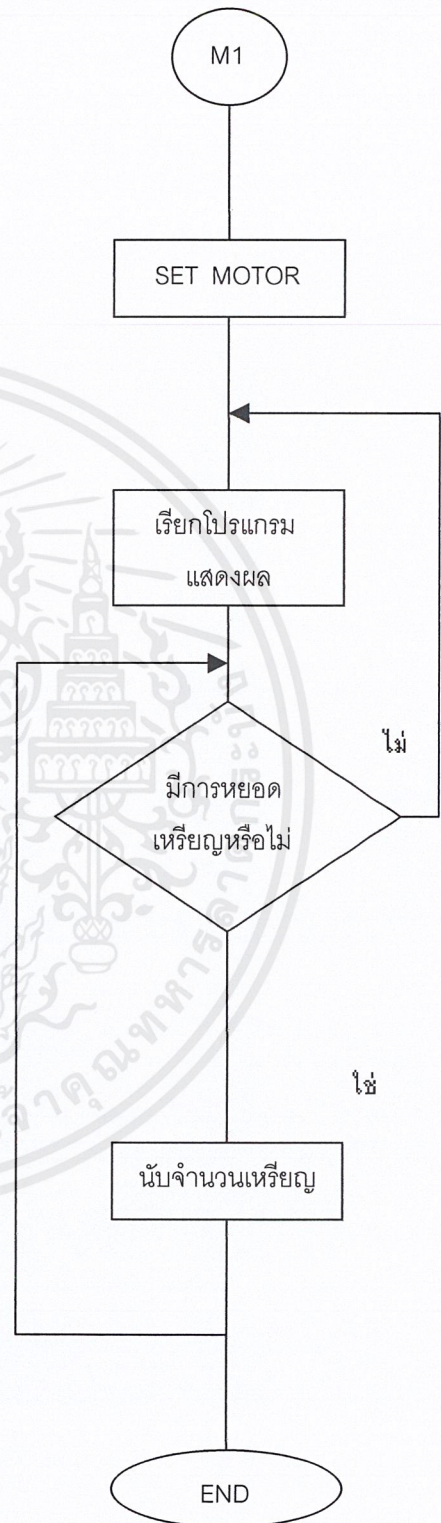


ภาพที่ 3.13 โฟว์ชาร์ตการทำงาน 3 โหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

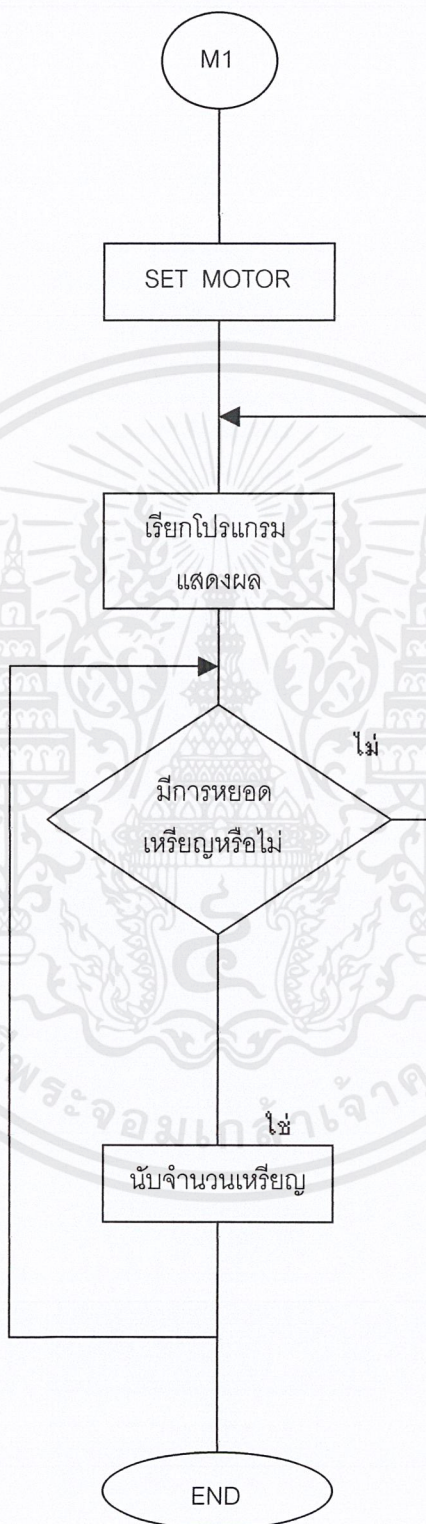


ภาพที่ 3.14 โปรแกรมการทำงาน โหมด 1



ภาพที่ 3.15 โปรแกรมการทำงาน โหมด 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.16 โปรแกรมการทำงานโหมด 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

#### 4.1 กล่าวนำ

การทดลองเป็นสิ่งที่ทำให้มองเห็นภาพอย่างชัดเจนมองเห็นการทำงานและเข้าใจได้ง่าย สำหรับงานทางด้านวิศวกรรมเมื่อสร้างสิ่งใดสิ่งหนึ่งขึ้นมาต้องมีการทดลองก่อนทุกครั้งก่อนที่จะทำชิ้นงานจริงและเมื่อทำการทดลองได้สำเร็จก็ทำชิ้นงานจริงแล้วก็ทดสอบอีกครั้ง ซึ่งจะทำให้ทราบปัญหาและสามารถแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ได้รวมทั้งทราบผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองว่าตรงกับเงื่อนไขและขอบเขตข้อกำหนดหรือไม่ในการสร้างเครื่องนับเหรียญก็เช่นกันในการสร้างนั้นจะทำการแบ่งออกเป็นส่วนๆ เราจะสร้างทีละชิ้นส่วนแล้วก็ทดสอบการทำงานในแต่ละส่วน เพื่อจะได้ง่ายในการแก้ไขในกรณีที่เกิดปัญหาขึ้น จากนั้นก็ทำการประกอบชิ้นส่วนทั้งหมดเข้าด้วยกันแล้วทำการตรวจเช็คอย่างละเอียดอีกครั้งแล้วทำการทดลองและบันทึกผล

#### 4.2 ผลการทดลองกับเครื่องนับเหรียญ

ผลการทดลองระบบการทำงาน โดยแบ่งเป็น 2 ฟังก์ชัน ดังนี้

- 1.ทำการกดสวิทช์เริ่มต้นการทำงาน
- 2.ฟังก์ชันการทำงาน โดยทดลองด้วยการนับเหรียญ 5 บาท
- 3.เทเหรียญลงไปตามจำนวนที่กำหนดดูผลลัพธ์ค่าของเงินที่ตัวแสดงผลพร้อมทั้งจับเวลา

#### ตารางที่ 2.7 ผลการทดลองด้วยเหรียญ 5 บาท

จำนวนของเหรียญที่ทำการทดลอง (เหรียญ)	ระยะเวลาที่ทำการนับ (วินาที)
20	20
30	35
40	50

4.ฟังก์ชันการทำงาน โดยทดลองด้วยการนับเหรียญ 10 บาท

5.เทเหรียญลงไปตามจำนวนที่กำหนดดูผลลัพธ์ค่าของเงินที่ตัวแสดงผลพร้อมทั้งจับเวลา

ตารางที่ 2.8 ผลการทดลองด้วยเหรียญ 10 บาท

จำนวนของเหรียญที่ทำการทดลอง (เหรียญ)	ระยะเวลาที่ทำการนับ (วินาที)
20	25
30	40
40	55

### 4.3 สรุปผลการทดลอง

เมื่อทำการทดลองเริ่มต้นด้วยการกดสวิทช์เริ่มทำงานแล้วกดสวิทช์เลือกโหมดการทำงานซึ่งจะแบ่งโหมดการทำงานออกเป็นสามโหมดการทำงานคือโหมดเหรียญ 10 , โหมดเหรียญ 5 , โหมดเหรียญ 10 และ 5 เมื่อเลือกโหมดเหรียญ 10 จะต้องทำการกดสวิทช์โหมดเหรียญ 10 แล้วเทเหรียญๆจะวิ่งตามรางผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นค่าของเงินซึ่งแสดงบนตัวแสดงผล เมื่อเลือกโหมดเหรียญ 5 จะต้องทำการกดสวิทช์โหมดเหรียญ 5 แล้วเทเหรียญๆจะวิ่งตามรางผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นค่าของเงินซึ่งแสดงบนตัวแสดงผล เมื่อเลือกโหมดเหรียญ (5,10) จะต้องทำการกดสวิทช์โหมดเหรียญ (5,10) แล้วเทเหรียญๆจะวิ่งตามรางผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นค่าของเงินซึ่งแสดงบนตัวแสดงผล

## บทที่ 5

# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

### 5.1 บทสรุป

ในการสร้างเครื่องนับเหรียญเริ่มตั้งแต่การทำโมเดลและทำการออกแบบทั้งทางเมคคานิกส์และฮาร์ดแวร์รวมทั้งการเขียนโปรแกรมและการจัดหาอุปกรณ์เครื่องมือจะต้องมีการกำหนดระยะเวลาในการทำงานในแต่ละส่วนให้แน่นอนแล้วก็ทำการทดสอบการทำงานเมื่อทำการสร้างเครื่องเสร็จสมบูรณ์ จากนั้นทำการรวบรวมเอกสารข้อมูลเพื่อทำการจัดพิมพ์เป็นรูปเล่ม การทำงานของเครื่องนับเหรียญจะอำนวยความสะดวกให้เราเป็นอย่างมากในกรณีที่เหรียญจำนวนมากและการทำงานจะไม่ซับซ้อนเมื่อมีปัญหาก็สามารถแก้ไขสะดวก

### 5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

ในการสร้างเครื่องครั้งนี้ยังมีข้อบกพร่องอยู่หลายประการ เพื่อเป็นแนวทางการปรับปรุงแก้ไขในครั้งต่อไป จึงมีข้อเสนอแนะสำหรับการปรับปรุงดังนี้

1. ตัวเครื่องค่อนข้างจะมีน้ำหนักมาก เนื่องจากใช้เหล็กที่มีความหนามาก เพราะในตอนแรกคิดว่าเครื่องจะรับน้ำหนักของจำนวนเหรียญไม่ไหว ดังนั้นจึงควรปรับปรุงโดยใช้เหล็กให้บางลงเพื่อลดน้ำหนักของเครื่อง
2. เมื่อเครื่องทำงานจะมีเสียงดังเนื่องจากภายในถังเหรียญเป็นเหล็ก จึงควรปรับปรุงโดยการเสริมภายในด้วยพลาสติก
3. ควรปรับปรุงขนาดของรางส่งเหรียญให้สามารถที่จะให้เหรียญราคา 1 บาทสามารถไหลผ่านได้ โดยเหรียญจะต้องไม่ซ้อนกัน
4. ควรปรับปรุงให้ถังเหรียญมีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อที่จะให้การนับเหรียญในแต่ละครั้งสามารถทำได้ในจำนวนที่มากขึ้น
5. เราจะกำหนดจำนวนเหรียญที่จะใส่ลงไปแล้วทำการจับเวลาที่เหรียญทำการนับ โดยผลลัพธ์ที่เซเวนเซกเมนต์ และในการนับเหรียญต้องทำการเปิดเครื่องก่อนทุกครั้งเพราะเหรียญจะติดภายในเครื่อง

## บรรณานุกรม

- 1.สมพันธ์ หาญทะเล,รศ. เครื่องกลไฟฟ้ากระแสสลับ2 พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพมหานคร  
โรงพิมพ์คุรุสภา, 2519
- 2.มงคล ทองสงคราม ทฤษฎีการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า กรุงเทพมหานคร ไทยวัฒนาพา-  
นิช , 2521
- 3.เย็น กุสุวรรณ ทฤษฎีและการประยุกต์ไมโครโปรเซสเซอร์ พิมพ์ครั้งที่ 2  
กรุงเทพมหานคร , 2519
- 4.อุดม จีบประดับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพมหานคร  
สำนักพิมพ์บางกอก , 2521
- 5.INTEL.Microcontroller Hand Book. Intel Coporation, 1983
- 6.วารสาร Hobby Electronics
- 7.วารสารเซมิอิเล็กทรอนิกส์

# ภาคผนวก

## Features

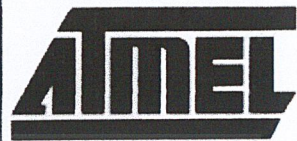
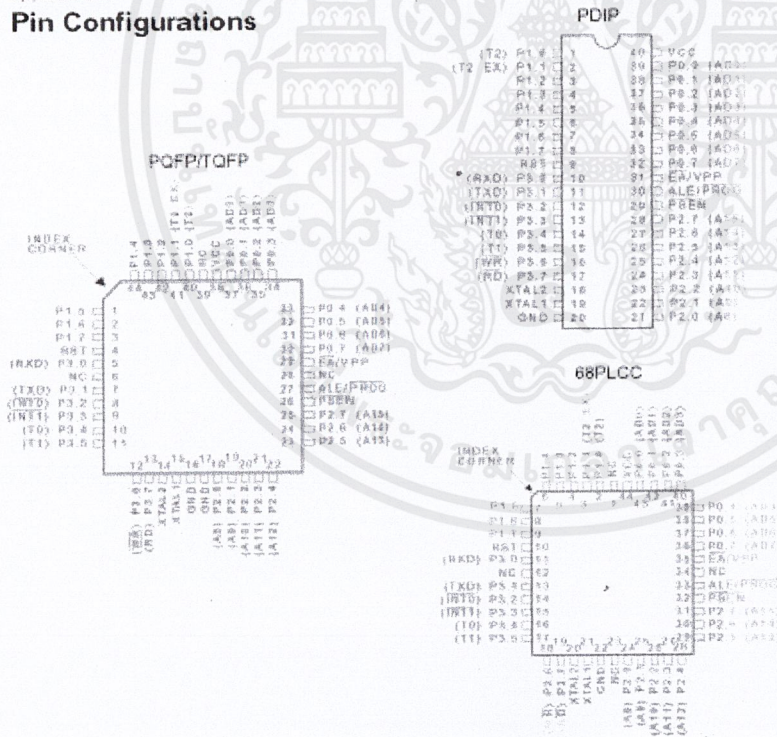
- Compatible with MCS-51™ Products
- 8K Bytes of In-System Reprogrammable Flash Memory
  - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-Level Program Memory Lock
- 256 x 8-Bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Three 16-Bit Timer/Counters
- Eight Interrupt Sources
- Programmable Serial Channel
- Low Power Idle and Power Down Modes

## Description

The AT89C52 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 8K bytes of Flash programmable and erasable read only memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry standard 80C51 and 80C52 instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C52 is a powerful microcomputer which provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

(continued)

## Pin Configurations



**8-Bit  
Microcontroller  
with 8K Bytes  
Flash**

**AT89C52**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้