



ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม  
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อ เครื่องจำหน่ายข้าวสารอัตโนมัติ ๒  
The Automatic Rice Vending Machine 2  
ชื่อนักศึกษา 1. นายชวลิต มีขำ รหัสประจำตัว 47035384  
2. นายปริญญา สิงห์งาม รหัสประจำตัว 47035392  
3. นายวัชรพงษ์ มีนา รหัสประจำตัว 47035398  
4. นายอนุวัตร นคร รหัสประจำตัว 47035413

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม  
อาจารย์ที่ปรึกษา อ.วรวิทย์ สมหา  
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อ.อำพล ทองระอา

คณะกรรมการสอบปริญญาโท	ลายมือชื่อ
1. อ.วรวิทย์ สมหา	
2. อ.สุชิน อางหาญ	
3. ผศ.พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์	
4. อ.โกศล ตราชู	
5. อ.สุระชัย พิมพ์สาลี	

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันอังคารที่ 25 เดือนเมษายน พ.ศ. 2549 เวลา 15.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.311 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.สุรสิทธิ์ รัตรี)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม  
วันที่.....1.....เดือน.....พ.ศ.....๒๕๔๙



<BT481242>

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ไว้ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ปฏิญานิพนธ์

เครื่องจำหน่ายข้าวสารอัตโนมัติ 2

**THE AUTOMATIC RICE VENDING MACHINE 2**



ชวลิต มีขำ  
ปริญญา สิงห์งาม  
วัชรพงษ์ มินา  
อนวัตร นคร

๑๑.

๕ ๒๐๑๑ ค

๑๗๖๘

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน..... **66731**

วัน,เดือน,ปี..... - 8 พ.ย. 2549

b. 11๒๒๐๑๑๐  
i.....

ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ปริญญานิพนธ์

เรื่อง เครื่องจำหน่ายข้าวสารอัตโนมัติ 2

The Automatic Rice Vending Machine 2

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหลักการทำงานของเครื่องจำหน่ายข้าวสารอัตโนมัติ
2. เพื่อออกแบบโครงสร้างของเครื่องจำหน่ายข้าวสารอัตโนมัติ
3. เพื่อสร้างเครื่องต้นแบบเครื่องจำหน่ายข้าวสารอัตโนมัติ
4. เพื่อทดสอบการทำงานของเครื่องจำหน่ายข้าวสารอัตโนมัติแบบใหม่
5. เพื่อสามารถนำเครื่องจำหน่ายข้าวสารอัตโนมัติไปใช้งานจริงได้

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการทำงานของเครื่องจำหน่ายข้าวสารอัตโนมัติ
2. ได้แบบแปลนของโครงสร้างของเครื่องจำหน่ายข้าวสารอัตโนมัติ
3. ได้ต้นแบบของเครื่องจำหน่ายข้าวสารอัตโนมัติ
4. ได้ผลการทดสอบของเครื่องจำหน่ายข้าวสารอัตโนมัติ
5. ได้นำเครื่องจำหน่ายข้าวสารอัตโนมัติไปใช้งานจำหน่ายได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>ชื่อหัวข้อ</b>	เครื่องจำหน่ายข่าวสารอัตโนมัติ 2	
<b>นักศึกษา</b>	นายชวลิต	มีชา
	นายปริญญา	สิงห์งาม
	นายวัชรพงษ์	มินา
	นายอนุวัตร	นคร
<b>อาจารย์ที่ปรึกษา</b>	อาจารย์วรัญญา	สมหา
<b>อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม</b>	อาจารย์อำพล	ทองระอา
<b>หลักสูตร</b>	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต	
<b>สาขาวิชา</b>	เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม	
<b>ปีการศึกษา</b>	2548	

### บทคัดย่อ

ปริญญาโทได้นำเสนอการออกแบบและการสร้างเครื่องจำหน่ายข่าวสารอัตโนมัติ 2 จัดทำขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่ผู้บริโภค ที่มีความต้องการซื้อข่าวสารในปริมาณที่น้อยและสามารถซื้อได้ตลอด 24 ชั่วโมง ผู้บริโภคสามารถกำหนดปริมาณที่ต้องการซื้อได้ โดยการหยอดเหรียญผ่านเครื่องหยอดเหรียญตามความต้องการ โดยไม่จำเป็นที่จะต้องซื้อทีละมากๆ อันจะทำให้สิ้นเปลืองเงิน และยากต่อการเก็บรักษา การสร้างเครื่องจำหน่ายข่าวสารอัตโนมัติชิ้นนั้น คาดว่าจะสามารถนำมาใช้อำนวยความสะดวกแก่ผู้บริโภคได้ในชีวิตประจำวันและคาดว่าจะถูกพัฒนาขึ้นจนเป็นเครื่องจำหน่ายข่าวสารอัตโนมัติที่สมบูรณ์แบบเครื่องหนึ่งในอนาคตต่อไปได้

<b>Thesis title</b>	The Automatic Rice Vending Machine 2	
<b>Students</b>	Mr. Chawalit	Meekhum
	Mr. Parinya	Singhngarm
	Mr. Watcharapong	Mina
	Mr. Anuwat	Nakorn
<b>Advisor</b>	Mr. Worawit	Somha
<b>Co-Advisor</b>	Mr. Amphon	Thongtra-ar
<b>Education Level</b>	Bachelor of Science in Industrial Education	
<b>Program in</b>	Industrial Instrument Technology	
<b>Academic Year</b>	2005	

### ABSTRACT

The Automatic Rice Vending Machine is provided for the consumers who require to buy rice as easily and convenient for 24 hours as appropriate. Consumer able to insert the coin through the machine then select the type of rice, demand of quantity and consume will be provided by this machine as well. This way neither support the consumer to buy and consume enough for living nor the reducing the loss of much quantity of rice. The development of the Automatic Rice Vending Machine as for the typical machine which is expected to deserve the consumers daily life to be more convenient as usual as follow by the high performance machine will be succeed in the near future.

## กิตติกรรมประกาศ

ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้ลุ่ลงไปได้ด้วยดี เนื่องมาจากความร่วมมือร่วมแรงใจของสมาชิกภายในกลุ่มทุกท่าน ขอขอบคุณ อาจารย์วรัญญู สมหา อาจารย์อำพล ทองระอา ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม และคณาจารย์ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่านที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและให้คำแนะนำในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ตลอดจนถึงข้อมูลและอุปกรณ์ที่เป็นประโยชน์ต่อการทดลองโครงการเครื่องมือ และการจัดทำปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบคุณห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม และสำนักหอสมุดกลางที่ช่วยอำนวยความสะดวกและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการค้นคว้าหาข้อมูล

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และผู้มีพระคุณสำหรับพวกเราที่ได้ให้การสนับสนุนทุกสิ่งทุกอย่าง ทางด้านการศึกษาตลอดมาจนถึงปัจจุบัน และสุดท้ายต้องขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่ให้กำลังใจเสมอมา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	VI
สารบัญตาราง	V
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 จุดมุ่งหมายของโครงการ	1
1.3 สมมุติฐานของการจัดทำโครงการ	1
1.4 ขีดความสามารถของโครงการ	1
1.5 ขั้นตอนของการทำโครงการ	2
1.6 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	4
2.1 กล่าวนำ	4
2.2 ขั้ว	4
2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	8
2.3.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	9
2.3.3 หน่วยความจำ	10
2.3.3.1 การแบ่งหน่วยความจำ	10
2.3.3.2 หน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory)	11
2.3.3.3 หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory)	12
2.3.4 พอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	15
2.3.5 หลักการทำงานของ 8051	17
2.4 จอแสดงผลแบบเจ็ดส่วน	18
2.5 ตัวเปลี่ยนน้ำหนักเป็นแรงดันไฟฟ้า (Load Cell)	21
2.5.1 ชิ้นส่วนรับน้ำหนัก	22
2.5.2 สเตรณเกจแบบค่าความต้านทาน	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.6 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	32
2.6.1 หลักการทำงานของมอเตอร์	32
2.6.2 โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	32
2.6.3 ข้อดี ข้อเสียของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	34
2.6.4 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	38
2.6.5 ความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่ซึ่งเป็นแบบเชิงมุม	40
2.6.6 ระบบเกียร์	41
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	43
3.1 กล่าวนำ	43
3.2 ผังการทำงาน	43
3.3 การออกแบบการเปิด-ปิดขั้ว	44
3.4 การออกแบบการขั้วและ การติดตั้งโพลดเซลล์	45
3.5 การออกแบบการติดตั้งเครื่องหยุดเหรียญ ชุดกวาดเหรียญและวงจรควบคุม	46
3.5.1 หลักการทำงานของเครื่องหยุดเหรียญ	46
3.5.2 วงจรควบคุมมอเตอร์สำหรับชุดกวาดเหรียญ	46
3.5.3 การติดตั้งเครื่องหยุดเหรียญและชุดกวาดเหรียญ	49
3.6 วงจรควบคุมเซนเซอร์สำหรับตรวจสอบปริมาณขั้ว	50
3.7 วงจรแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง	51
3.8 การออกแบบวงจรชุดไมโครคอนโทรลเลอร์และวงจรควบคุมโพลดเซลล์	51
3.8.1 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์	51
3.8.2 วงจรควบคุมโพลดเซลล์	52
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	54
4.1 กล่าวนำ	54
4.2 การต่อเครื่องหยุดเหรียญร่วมกับวงจรแสดงผล	54
4.3 วงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงของชุดกวาดเหรียญ	55
4.4 วงจรควบคุมโซลินอยด์	56
4.5 วงจรควบคุมเซนเซอร์สำหรับตรวจสอบปริมาณขั้ว	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 5 บทสรุป	59
5.1 สรุป	59
5.2 แนวทางการแก้ไข	59
5.3 แนวทางการพัฒนา	60
บรรณานุกรม	61
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	62
ภาคผนวก ข วงจรและแผนผังวงจร	65
ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์	72
ภาคผนวก ง รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์	77
ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งาน	113
ภาคผนวก ฉ ผังงาน	119
ภาคผนวก ช รหัสต้นฉบับของโปรแกรม	121
ประวัติผู้แต่ง	128

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องและข้าวสาร 100 กรัม	5
2.2 การจำแนกข้าวตามคุณภาพของข้าวสุกและปริมาณไนโมส	6
2.3 การกำหนดราคาจำหน่ายข้าวสารแปรสภาพจากข้าวเปลือก	7
2.4 ราคาข้าวสารบรรจุถุงตามท้องตลาด	7
2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์	8
2.6 กำหนดการต่อจอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนเข้ากับพอร์ต P0	19
2.7 ข้อมูลของการแสดงผลตัวเลข 0-9 ของจอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน	20
4.1 ผลการทดลองการต่อเครื่องหยุดเหรียญร่วมกับวงจรแสดงผล	54
4.2 ผลการทำงานของวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชุดกวาดเหรียญ	56
4.3 ผลการทำงานของวงจรควบคุมโซลินอยด์	57
4.4 ผลการทำงานของวงจรควบคุมเซนเซอร์สำหรับตรวจสอบปริมาณข้าว	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ภาพแสดงโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	10
2.2 การจัดพื้นที่หน่วยความจำโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	11
2.3 การจัดพื้นที่หน่วยความจำสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051	12
2.4 แสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในทั้ง 3 ส่วน	13
2.5 แสดงการเลือกใช้กลุ่มรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป โดยควบคุมจากบิต RS0, RS1	14
2.6 แสดงการจัดขาต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	15
2.7 วงจรภายในของจอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนทั้งแบบแคโทดร่วมและแอนโอดร่วม	18
2.8 การต่อขาตัวเลขแบบเจ็ดส่วนตัวจริง	19
2.9 วงจรใช้งานจอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนแบบแคโทดร่วมในลักษณะมัลติเพล็กซ์	21
2.10 ชั้นส่วนรับน้ำหนักแบบแกน	23
2.11 ชั้นส่วนรับน้ำหนักแบบคาน	26
2.12 โครงสร้างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	34
2.13 เส้นโค้งลักษณะสมบัติอัตราเร็วของมอเตอร์กระแสตรงแบบขนาน อนุกรมและผสม	37
2.14 เส้นโค้งลักษณะสมบัติแรงหมุนของมอเตอร์กระแสตรงแบบขนาน อนุกรมและผสม	37
2.15 ระบบมอเตอร์และลิตัสกรู	40
2.16 ระบบซีเฟืองตรงและเฟืองจักร	41
2.17 ระบบการคลี่ปลีของเกียร์	41
2.18 ระบบการคลี่ปลีเกียร์ที่มีแรงเฉื่อย	42
3.1 ผังการทำงานของโครงการ	43
3.2 การออกแบบการปิด-เปิดการจ่ายข่าว	44
3.3 วงจรควบคุมโซลินอยด์	45
3.4 แสดงลักษณะการชั่งข่าวและการติดตั้งโพลดเซลล์	45
3.5 ลักษณะของเครื่องหยอดเหรียญ	46
3.6 วงจรควบคุมมอเตอร์ชุดกวาดเหรียญขณะหมุนตามเข็มนาฬิกา	47
3.7 วงจรควบคุมมอเตอร์ชุดกวาดเหรียญขณะหมุนทวนเข็มนาฬิกา	48
3.8 ลักษณะการทำงานของชุดกวาดเหรียญด้านบน	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.9 ลักษณะการทำงานของชุดกวดเหนี่ยวนำด้านข้าง	49
3.10 การติดตั้งเครื่องหยอดเหนี่ยวนำและชุดกวดเหนี่ยวนำ	49
3.11 วงจรควบคุมเซนเซอร์สำหรับตรวจสอบปริมาณข้าว	50
3.12 วงจรแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง 12 โวลต์และ 5 โวลต์	51
4.1 วงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชุดกวดเหนี่ยวนำ	55
4.2 วงจรควบคุมโซลินอยด์	56
4.3 วงจรควบคุมเซนเซอร์สำหรับตรวจสอบปริมาณข้าว	58



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในชีวิตประจำวันของคนเรานั้นต้องอาศัยข้าวเป็นอาหารหลัก แต่ในปัจจุบันข้าวที่ต้องซื้อในปริมาณมากและมีน้ำหนักที่แน่นอน เช่น ข้าวครึ่งกิโลกรัม ข้าว 1 กิโลกรัม หรือเป็นข้าวบรรจุใส่ถุงแล้ว 5 กิโลกรัม เป็นต้น ซึ่งอาจจะเป็นปัญหาในการเก็บรักษาและบางคนอาจจะมีความต้องการในการซื้อข้าวในปริมาณที่น้อย บริโภคเป็นบางวัน ยกตัวอย่างเช่น นักศึกษาที่อาศัยหอพักซึ่งนักศึกษาตามหอพักจะชอบซื้อข้าวรับประทานข้างนอก แต่ในบางครั้งอาจจะหุงข้าวรับประทานเองที่ห้อง ซึ่งถ้าออกไปซื้อข้าวถุงที่มีขายอยู่ทั่วไปจะมีปริมาณที่เยอะและเหลือเกินความต้องการในการบริโภค เพราะหุงรับประทานไม่บ่อย และอาจเป็นปัญหาในการเก็บรักษาได้ ดังนั้นทางผู้จัดทำจึงอยากจะประดิษฐ์เครื่องจำหน่ายข้าวสารที่สามารถระบุจำนวน และปริมาณที่ต้องการได้ นั่นก็คือเครื่องจำหน่ายข้าวสารอัตโนมัติ ซึ่งอาจเป็นประโยชน์กับคนที่ไม่ค่อยหุงข้าวรับประทานเองเป็นประจำทุกวัน แล้วยังไม่มีปัญหาในการเก็บรักษาอีกด้วย

### 1.2 จุดมุ่งหมายของโครงการ

ทางผู้จัดทำได้สร้างเครื่องจำหน่ายข้าวสารอัตโนมัติขึ้นมา เพื่อให้ผู้ที่ไม่มีเวลาไปซื้อข้าว ไม่สะดวก หรือผู้ที่หุงข้าวรับประทานไม่บ่อย ซึ่งนานๆจะหุงรับประทานครั้งหนึ่ง มีความสะดวกในการซื้อมากขึ้นโดยไม่จำเป็นต้องไปซื้อที่ห้างสรรพสินค้าหรือซื้อในปริมาณที่มากๆ ซึ่งเป็นปัญหาต่อการเก็บรักษาด้วย

### 1.3 สมมติฐานของการจัดทำโครงการ

เมื่อได้จัดทำโครงการและทำการทดลองโครงการขึ้นนี้แล้ว สามารถนำเครื่องจำหน่ายข้าวสารอัตโนมัติไปใช้งานจำหน่ายได้จริง และทางผู้จัดทำยังได้สามารถนำความรู้ที่ได้จากการจัดทำโครงการนี้ไปประยุกต์และพัฒนาโครงการอื่นต่อไปได้

### 1.4 ขีดความสามารถของโครงการ

โครงการมีขีดความสามารถดังนี้

1. มีช่องสำหรับบรรจุข้าวได้ 2 ชนิด
2. หยอดเหรียญได้ทั้งเหรียญ 1 บาท 5 บาท 10 บาท
3. มีปุ่มกดเลือกชนิดข้าว ปุ่มกดตกลง ปุ่มกดยกเลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. มีหลอดไฟแสดงการทำงานว่าข้าวพองหรือไม่พองที่จะจำหน่ายข้าวสาร
5. มีหลอดไฟแสดงว่าเครื่องพร้อมใช้งาน
6. จำหน่ายข้าวได้สูงสุด 5 กิโลกรัม และต่ำสุด 500 กรัม
7. มีป้ายแสดงราคาของข้าว

## 1.5 ขั้นตอนของการทำโครงการ

โครงการนี้ประกอบด้วยฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ ซึ่งการทำงานในระยะแรกจะเริ่มต้นจากการทำฮาร์ดแวร์หลังจากนั้นเมื่อสร้างฮาร์ดแวร์ได้ระดับหนึ่งที่เหมาะสำหรับการเขียนโปรแกรมควบคุมได้ก็จะเริ่มเขียนโปรแกรมทดสอบพร้อมกับการทำฮาร์ดแวร์ส่วนอื่นเพิ่มเติม และเมื่อทำโครงการเสร็จเรียบร้อยแล้วจะให้ผู้ทรงคุณวุฒิทำการประเมินเพื่อหาประสิทธิภาพของชิ้นงานต่อไป

## 1.6 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อสะดวกต่อการศึกษา และทำความเข้าใจในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปฏิญานิพนธ์ ความเป็นมาและความสำคัญ จุดมุ่งหมายของโครงการ ชัดความสามารถของโครงการขั้นตอนของการทำโครงการและเนื้อหาในบทต่างๆ โดยสังเขป

บทที่ 2 ประกอบด้วย ทฤษฎีต่างๆเกี่ยวกับโครงสร้างของเครื่องจำหน่ายข้าวสารอัตโนมัติ องค์ประกอบของเครื่องจำหน่ายข้าวสารอัตโนมัติ ข้าวชนิดต่างๆ ไมโครคอนโทรลเลอร์ มอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรง โหลดเซลล์ ตัวแสดงผลแบบเจ็ดส่วน

บทที่ 3 กล่าวถึงเนื้อหาที่เกี่ยวกับ แผนผังการทำงานของโครงการ ผังวงจรต่างๆ ที่ใช้ในโครงการ ตลอดจนการออกแบบและการสร้างส่วนประกอบต่างๆ เช่น วงจรควบคุมการปิด-เปิดโซลินอยด์ วงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง วงจรการทำงานโหลดเซลล์ วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรควบคุมเซนเซอร์ในการตรวจสอบข้าว โครงการชิ้นงาน พร้อมทั้งการทำงานของส่วนประกอบต่างๆ โดยละเอียด

บทที่ 4 ประกอบด้วย การทดลองและผลการทดลองของวงจรควบคุมการปิด-เปิดโซลินอยด์ วงจรแสดงผลแบบเจ็ดส่วน วงจรการทำงานของมอเตอร์ วงจรควบคุมเซนเซอร์ในการตรวจสอบข้าว

บทที่ 5 เป็นการสรุปการทำงานของโครงการ ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางในการแก้ไข รวมทั้งแนวทางการพัฒนาโครงการ

ภาคผนวก ก แสดงภาพเครื่องต้นแบบ การติดตั้ง การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ ขณะใช้งาน

ภาคผนวก ข ประกอบด้วยแผนผังรายละเอียดวงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค แสดงรายการอุปกรณ์ที่ใช้งานในแต่ละวงจร  
ภาคผนวก ง รายการละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์  
ภาคผนวก จ เป็นคู่มือการใช้งานเครื่องจำหน่ายข่าวสารอัตโนมัติ  
ภาคผนวก ฉ ผังงาน  
ภาคผนวก ช รหัสต้นฉบับของโปรแกรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและหลักการ

#### 2.1 กล่าวนำ

ในการจัดทำโครงการนี้ได้นำทฤษฎีความรู้ทางวิชาการที่เกี่ยวข้องมาใช้อ้างอิง เพื่อเป็นแนวทางในการ  
ทำโครงการให้ถูกต้องตามหลักทฤษฎีที่กล่าวไว้ ซึ่งทฤษฎีที่นำมาใช้นั้นมีอยู่ด้วยกัน คือ

1. ข้าว
2. ไมโครคอนโทรลเลอร์
3. จอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน
4. โพลีเซลล์
5. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและการควบคุม

ดังนั้นเนื้อหาข้างต้นนี้ จะกล่าวถึงทฤษฎีทั้ง 5 เรื่องข้างต้นอย่างละเอียดเพียงพอที่จะนำไปใช้เป็น  
ข้อมูลในการจัดทำโครงการให้เสร็จสมบูรณ์ได้

#### 2.2 ข้าว

ประเทศไทยมีนาทั้งประเทศประมาณ 60 ล้านไร่ จะผันแปรไปบ้างตามการเกิดภัยธรรมชาติ สามารถ  
ผลิตทั้งข้าวไร่ ข้าวนาห่ม ข้าวนาดอน และข้าวพันธุ์ดีอีกมากมายหลายชนิด โดยเฉพาะข้าวหอมมะลิได้รับ  
ความนิยมในการบริโภคมากทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ ประเทศไทยผลิตข้าวเปลือกได้ปีละประมาณ  
21 ล้านตัน ซึ่งผลผลิตออกมาเป็นข้าวสารได้ 14 ล้านตัน ใช้เพื่อการบริโภคภายในประเทศในรูปของข้าวและผลิต  
ภัณฑ์ประมาณสองในสามส่วน ที่เหลือสามารถส่งออกเป็นสินค้าส่งออกทำรายได้เข้าประเทศหลายหมื่นล้าน  
บาทต่อปี ประเทศไทยนั้นจัดเป็นประเทศที่ส่งข้าวหอมมะลิเป็นอันดับหนึ่งของโลก แม้จะมีคู่แข่งในตลาดโลกที่  
สำคัญ คือ ประเทศเวียดนาม ในปี พ.ศ. 2540 ตัวเลขส่งออกข้าวไทยสูงถึง 4-5 ล้านตัน นำรายได้เข้าประเทศ  
ประมาณ 50000 ล้านบาท นอกจากมีการปลูกข้าวพันธุ์ เมล็ดยาวแล้ว ในปัจจุบัน  
ยังมีการปลูกข้าวพันธุ์เมล็ดสั้นเพื่อการส่งออกอีกด้วย

ข้าวเป็นพืชในตระกูลหญ้า ข้าวที่ปลูกในทวีปเอเชีย แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

1. ข้าวอินดิกา (Indiga) เป็นข้าวที่นิยมปลูกในเขตร้อน เช่นไทย อินเดีย และฟิลิปปินส์ ซึ่งมี  
ลักษณะเมล็ดเรียวยาว
2. ข้าวจาโปนิกา (Japoniga) เป็นข้าวที่นิยมปลูกกันทั่วไป ในเขตร้อนหรืออบอุ่น เช่นเกาหลี ญี่ปุ่น  
ซึ่งมีลักษณะเมป้อมสั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ข้าวจากานิกา (Javanica) นิยมปลูกในอินโดนีเซีย เมล็ดข้าวค่อนข้างอ้วนบ้อมมีลักษณะผสมระหว่างพันธุ์อินดิกาและจาโปนิกา

ตารางที่ 2.1 จะเป็นตารางที่แสดงถึงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องและข้าวสารซึ่งจะมีสารประกอบหลักๆ ของข้าวและแป้งข้าว คือคาร์โบไฮเดรตที่จะอยู่ในรูปของสตาร์ช ซึ่งประกอบด้วยอไมโลส (Amylose) และอไมโลเพกติน (Amylopectin) โดยข้าวเจ้าและข้าวเหนียวจะมีปริมาณของอไมโลสและอไมโลเพกตินแตกต่างกันทำให้คุณภาพข้าวหุงสุกและแป้งข้าวในด้านสีความใส ความใส ความหนืด และการให้ลักษณะเนื้อสัมผัสแตกต่างกัน

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องและข้าวสาร 100 กรัม

องค์ประกอบ	ข้าวเจ้ากล้อง	ข้าวเจ้าขาวดอกมะลิ
พลังงาน (กิโลแคลอรี)	352	354
ความชื้น (กรัม)	11.7	12.0
โปรตีน (กรัม)	7.8	6.2
ไขมัน (กรัม)	3.4	1.1
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	72.6	79.8
เถ้า (กรัม)	1.2	0.3
ใยอาหาร (มิลลิกรัม)	3.4	0.6
วิตามินบีหนึ่ง (มิลลิกรัม)	0.6	0.1
วิตามินบีสอง (มิลลิกรัม)	0.2	0.4
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	4.0	3.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำข้าวพันธุ์ที่มีอไมโลสในปริมาณสูง เช่น พันธุ์เหลืองประทิว 123 มาหุงสุกข้าวที่ได้จะค่อนข้างแข็ง และร่วนกว่าข้าวสุกจากพันธุ์ที่มีปริมาณ อไมโลสต่ำกว่า เช่น ข้าวหอมพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เป็นต้น ซึ่ง ในตารางที่ 2.2 จะแสดงการจำแนกข้าวตามคุณภาพของข้าวสุกและปริมาณของอไมโลส

ตารางที่ 2.2 การจำแนกข้าวตามคุณภาพของข้าวสุกและปริมาณอไมโลส

ชนิดข้าว	คุณภาพของข้าวสุก	ปริมาณอไมโลส (%)
ข้าวเหนียว	เหนียวมาก	0-3
ข้าวเจ้า	นุ่มเหนียว ร่วนง่าย	4-11
ข้าวนุ่มเหนียว	นุ่มเหนียว หุงแฉะง่าย	12-19
ข้าวอ่อน	ค่อนข้างนุ่ม ร่วน	20-25
ข้าวแข็ง	แข็ง ร่วน หุงขึ้นหม้อ	26-34

ประเทศไทยมีโรงสีทั้งหมดประมาณ 4000 โรง กระจายอยู่ทั่วประเทศ ตั้งแต่โรงสีขนาดเล็ก (น้อยกว่า 50 เกลียนต่อวัน) จนถึงโรงสีขนาดใหญ่ (200 เกลียนต่อวัน) โดยมีมากที่สุด คือภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รองลงมาเป็นภาคกลาง และภาคเหนือ ส่วนภาคใต้มีโรงสีน้อยกว่าภาคอื่นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสีข้าวได้แก่ ข้าวกล้องและข้าวขัดขาวในรูปแบบเม็ด ข้าวหอมหรือข้าวหักซึ่งนำไปใช้เป็นแปงข้าว ราข้าวซึ่งนำไปสกัดน้ำมัน ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพหรือผลิตเป็นอาหารสัตว์ แกลบใช้ทำเชื้อเพลิง วัสดุก่อสร้าง และสารเคมีต่างๆ

โรงสีข้าวของไทยเป็นระบบเก่า ปกติโรงสีข้าวจะต้องมีการขัดข้าวขาว 2-3 ครั้ง ข้าวขาวที่ออกมาจากหินขัดข้าวครั้งสุดท้ายจะเป็นข้าวรวม คือมีทั้งข้าวตัน (เมล็ดเต็ม) และข้าวหัก (ข้าวท่อน) ขนาดต่างๆ ปกติจึงต้องมีระบบแยกข้าว โรงสีทั่วไปจะทำการคัดแยกข้าวเป็นเปอร์เซ็นต์ เช่น 100, 5, 10, 15, 25, 35, 45% ข้าว 100% และ 5% มีราคาสูงเนื่องจากมีเมล็ดข้าวเต็มในสัดส่วน 100% และ 95% ข้าวที่มีสัดส่วนของข้าวหักมาก เช่น 35% หรือ 45% นิยมทำส่งโรงงานทำเส้นหมี่ก้วยเตี่ยว และแป้ง

นอกจากการสีข้าวตามปกติแล้วยังมีการสีข้าวอีกวิธีหนึ่งคือ การนึ่ง (Parboiled Rice) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้เพิ่มประสิทธิภาพในการสี เพราะการนึ่งเมล็ดข้าวเปลือกด้วยไอน้ำก่อนการกะเทาะเปลือกจะช่วยลดปริมาณข้าวหักในระหว่างการขัดสีได้ข้าวหนึ่งดังกล่าวมีสีคล้ำและมีกลิ่นแตกต่างไปจากข้าวที่ผ่านการขัดสีตามปกติ มีเนื้อสัมผัสร่วน แข็ง คนไทยไม่นิยมบริโภคข้าวที่สีโดยวิธีนี้แต่ประเทศไทยสามารถส่งออกข้าวหนึ่ง

โดยส่วนใหญ่ไปยังประเทศในแถบตะวันออกกลาง ปัจจุบันประเทศไทยสามารถส่งออกข้าวได้เป็นอันดับที่สามของโลกและมีแนวโน้มที่จะส่งออกได้มากขึ้นในอนาคต จึงเป็นคู่แข่งสำคัญของไทย เนื่องจากผลผลิตดี และต้นทุนการผลิตถูกกว่าข้าวไทย ซึ่งในตารางที่ 2.3 เป็นการกำหนดราคาจำหน่ายข้าวสารแปรสภาพจากข้าวเปลือก (ฉบับที่ 5) โดยองค์การคลังสินค้า และในตารางที่ 2.4 เป็นตารางที่แสดงราคาข้าวสารบรรจุถุงที่มีขายทั่วไปในท้องตลาด

ตารางที่ 2.3 การกำหนดราคาจำหน่ายข้าวสารแปรสภาพจากข้าวเปลือก

ชนิดข้าว	ราคาขั้นต่ำ ณ คลังสินค้า (บาท : กิโลกรัม)
ข้าวสาร 100% ชั้น 2	8.21
ข้าวสาร 5%	8.01
ข้าวสาร 15%	7.66
ข้าวสาร 25% เลิศ	7.42

ตารางที่ 2.4 ราคาข้าวสารบรรจุถุงตามท้องตลาด

ข้าวสาร (ถุง)	น้ำหนักต่อ/1 ถุง (กก.)	ราคา (บาท)
ข้าวหอมมะลิ (ใหม่)	15	290-300
ข้าวสารเจ้า 10% (ใหม่)	15	150-170
ข้าวสารเจ้า 5% (ใหม่)	15	120-140
ข้าวสารเหนียว 10% (ใหม่)	15	210-220
ข้าวสารหอมมะลิ	5	110-120
ข้าวสารเจ้า 100%	5	65-75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

### 2.3.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

1. ไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้หน่วยประมวลผลกลาง ขนาด 8 บิต
2. ภายในมีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบแฟลชสามารถลบและเขียนใหม่ได้เป็นพันครั้ง
3. หน่วยความจำข้อมูลนั้นจะเป็นหน่วยความจำแบบแรม (RAM) มีหน่วยความจำแบบอีอีพรอม
4. ขาพอร์ตเป็นแบบสองทิศทาง สามารถใช้งานได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต
5. มีวงจรสื่อสารอนุกรม แบบฟูลดูเพล็กซ์
6. ไทเมอร์/นับเวลาขนาด 16 บิต อย่างน้อย 2 ตัว
7. สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเทอร์รัพต์ได้ 6 ประเภท
8. สามารถขยายหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเติมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
9. มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบ SPI สำหรับในอนุกรม AT89Sxx
10. มีวอตช์ดอกไทเมอร์ในตัวสำหรับในอนุกรม AT89Sxx
11. มีวงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน

โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในแบบอนุกรม AT89Sxx จะเห็นได้ว่าโครงสร้างของ AT89Sxx จะเหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ซึ่งพื้นฐานหากแต่แตกต่างกันเฉพาะความจำโปรแกรมแบบแฟลชที่ได้เพิ่มเติมไป ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบอนุกรม 87xx หน่วยความจำโปรแกรมภายในจะเป็นแบบอีอีพรอมดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์

เบอร์	หน่วยความจำภายใน		จำนวนไทเมอร์/ นับเวลา	อินเทอร์รัพต์ หมายเลข
	เก็บโปรแกรม	เก็บข้อมูล		
8052H	8K x 8 รอม	256 x 8 รอม	3 x 16บิต	6
8051H	4K x รอม	128 x 8 รอม	2 x 16 บิต	5
8051	4K x รอม	256 x 8 รอม	2 x 16 บิต	5
8032AH	ไม่มี	128 x 8 รอม	3 x 16 บิต	6
8031AH	ไม่มี	128 x 8 รอม	2 x 16 บิต	5
8031	ไม่มี	128 x 8 รอม	2 x 16 บิต	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

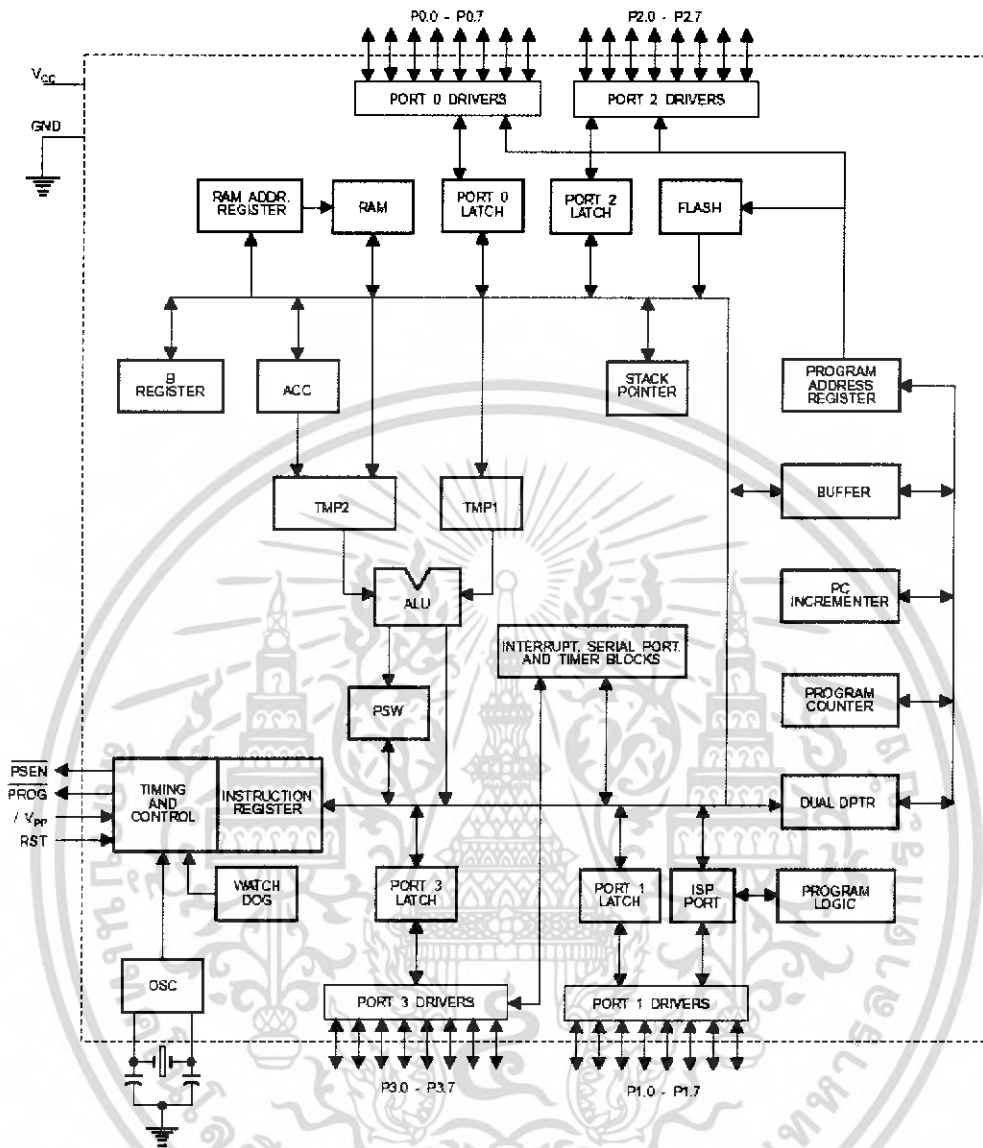
### ตารางที่ 2.5 (ต่อ) ไมโครคอนโทรลเลอร์

เบอร์	หน่วยความจำภายใน		จำนวนไทมเมอร์/ นับเวลา	อินเตอร์รัพต์ หมายเลข
	เก็บโปรแกรม	เก็บข้อมูล		
8751H	8K x 8 รอม อีพรอม	256 x 8 รอม	2 x 16 บิต	5
8075H-12	4K x รอม อีพรอม	128 x 8 รอม	2 x 16 บิต	5

#### 2.3.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

ในหัวข้อนี้ จะกล่าวถึงรายละเอียดคร่าวๆ ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้เข้าใจและมองเห็นภาพกว้างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้ เพื่อเป็นพื้นฐานในการศึกษารายละเอียดต่อไป หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมจะเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานของชิป MCS-51 มีสมาชิกในตระกูลหลายเบอร์ด้วยกัน แต่ละเบอร์จะมีคุณสมบัติบางอย่างแตกต่างกัน เช่น มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในเพิ่มขึ้น มีวงจรเปลี่ยนค่าสัญญาณอะนาล็อกเป็นดิจิทัลในตัว สามารถรับสัญญาณอินเตอร์รัพต์ได้หลายชนิด ทำกระบวนการ DMA (Direct Memory Access) ได้ในตัว มีรีจิสเตอร์ใช้สำหรับเป็นไทม์เมอร์หรือเคาท์เตอร์เพิ่มขึ้น

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นับได้ว่าเป็นพื้นฐานสำหรับตระกูล MCS-51 นี้ ได้แก่เบอร์ 8051, 8031, 8751 โดยเบอร์ 8051 จัดเป็นสมาชิกตัวแรกในตระกูล ซึ่งมีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปเป็น ROM ขนาด 4 ไบต์ มีพอร์ตขนาด 8 บิต 7 พอร์ต และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายใน MCS-51 (RAM) เองจำนวน 128 ไบต์ มีพอร์ตขนาด 8 บิต 4 พอร์ต มีรีจิสเตอร์ใช้สำหรับเป็นไทม์เมอร์หรือเคาท์เตอร์ ขนาด 16 บิตรวม 6 ตัว รับสัญญาณอินเตอร์รัพต์จากภายนอกได้ 2 ชนิด สามารถรับและส่งข้อมูลแบบอนุกรมผ่านทางพอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม มีวงจรเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาเพื่อควบคุมการทำงานในตัวเอง ซึ่งลักษณะโครงสร้างภายในจะแสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ภาพแสดงโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

## 2.3.3 หน่วยความจำ

### 2.3.3.1 การแบ่งหน่วยความจำ

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 แบ่งชนิดหรือหน้าที่ของหน่วยความจำออกเป็น 2 ส่วน คือหน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) และหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory)

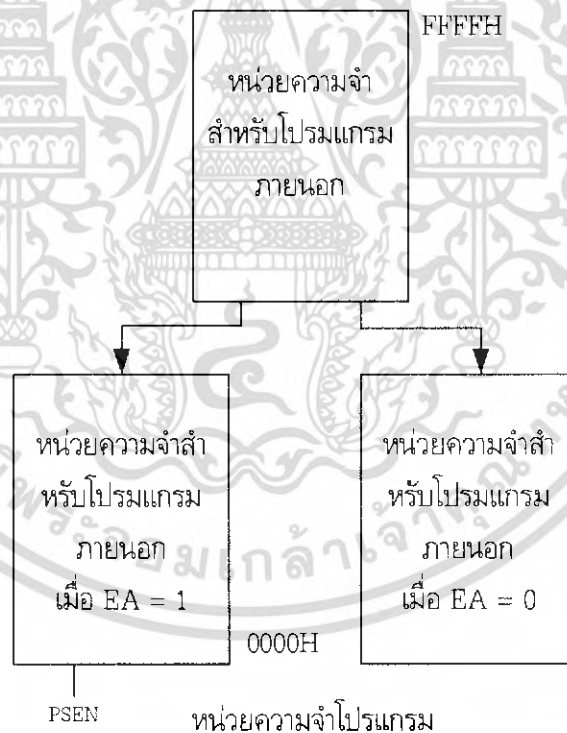
หน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) จะใช้สำหรับทำการโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งบางเบอร์จะมีหน่วยความจำในส่วนนี้อยู่ภายในตัว โดยอาจจะมีขนาดไม่เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) จะใช้สำหรับเก็บข้อมูลค่าตัวแปรต่างๆ จากการทำงานของโปรแกรมซึ่งใน MCS-51 ทุกตัวจะมีหน่วยความจำนี้อยู่ส่วนหนึ่ง แต่อาจมีขนาดมากหรือน้อยต่างกันไปในแต่ละเบอร์

### 2.3.3.2 หน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory)

เป็นบริเวณหน่วยความจำ สำหรับเก็บข้อมูลและคำสั่งใช้งานต่างๆ หน่วยความจำโปรแกรมสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ หน่วยความจำโปรแกรมภายในและหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก หน่วยความจำโปรแกรมภายในจะถูกเลือกใช้งาน ถ้าขาสัญญาณของ EA มีค่าเป็น 1 โดยถูกใช้งานในช่วงแอดเดรส 0-0FFFFH (หรือช่วง 0-0FFFF ในเบอร์ 8052) นอกเหนือจากช่วงแอดเดรสไปจะใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายนอกทั้งหมด ในกรณีตรงข้ามถ้าขาสัญญาณของ EA มีค่าเป็น 0 ในช่วงแอดเดรส 0-0FFFFH (หรือช่วง 0000H-0FFFFH ในเบอร์ 8052) จะถูกใช้จากหน่วยความจำภายนอกหรือกล่าวได้ว่า ถ้าขาสัญญาณของ EA มีค่าเป็น 0 จะเป็นการเลือกหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกทั้งหมดตลอดช่วงแอดเดรส



รูปที่ 2.2 การจัดพื้นที่หน่วยความจำโปรแกรมสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.3.3 หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 สามารถทำการอ่านและเขียนข้อมูลจากหน่วยความจำข้อมูลที่มีขนาดสูงสุดได้ 64 กิโลไบต์ และหน่วยความจำในที่นี้ทำหน้าที่เก็บข้อมูลใช้งานจำนวนมากเป็นส่วนใหญ่ หน่วยความจำข้อมูลกำหนดให้มีตำแหน่งใช้งานตั้งแต่ 0000H ถึง 08000H ซึ่งตามที่กล่าวมาแล้ว หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายนอกถูกกำหนดให้เริ่มที่ตำแหน่ง 0000H เป็นต้นไป นั่นคือ โปรแกรมใช้งานจะต้องเริ่มประมวลผลที่ตำแหน่ง 0000H ขึ้นไปเสมอ หน่วยความจำข้อมูลภายในและหน่วยความจำข้อมูลภายนอก สำหรับหน่วยความจำข้อมูลภายใน ข้อมูลยังแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนย่อย คือ ส่วนที่เก็บข้อมูลทั่วไปและส่วนที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษหรือ SFR (Special Function Register) โดยส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลทั่วไปจะถูกใช้งานสำหรับเก็บข้อมูลหรือค่าตัวแปรต่างๆ จากการทำงานของโปรแกรม ส่วนรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ จะถูกใช้งานเป็นรีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานและบอกสถานการณ์ทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

หน่วยความจำ สำหรับเก็บข้อมูล ภายใน	FFH	FFFFH	หน่วยความจำ สำหรับเก็บข้อมูล ภายนอก จำนวน 64 กิโลไบต์
	80H		
	7FH		
รีจิสเตอร์ bank 3		RD	
รีจิสเตอร์ bank 2			
รีจิสเตอร์ bank 1		WR	
รีจิสเตอร์ bank 0	00H	0000H	

หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล

รูปที่ 2.3 การจัดพื้นที่หน่วยความจำสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051

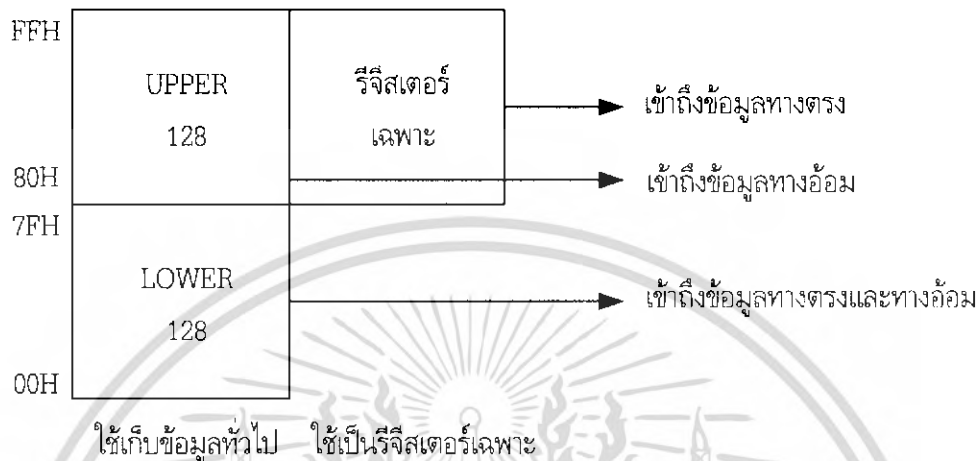
#### 2.3.3.3.1 หน่วยความจำข้อมูลภายใน

หน่วยความจำข้อมูลภายในนี้ จะถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วนย่อย ดังนี้

1. หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไป บริเวณ 128 ไบต์ล่าง (Lower128)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไป บริเวณ 128 ไบต์บน (Upper128)
3. หน่วยความจำสำหรับเก็บรีจิสเตอร์เฉพาะ (SFR)

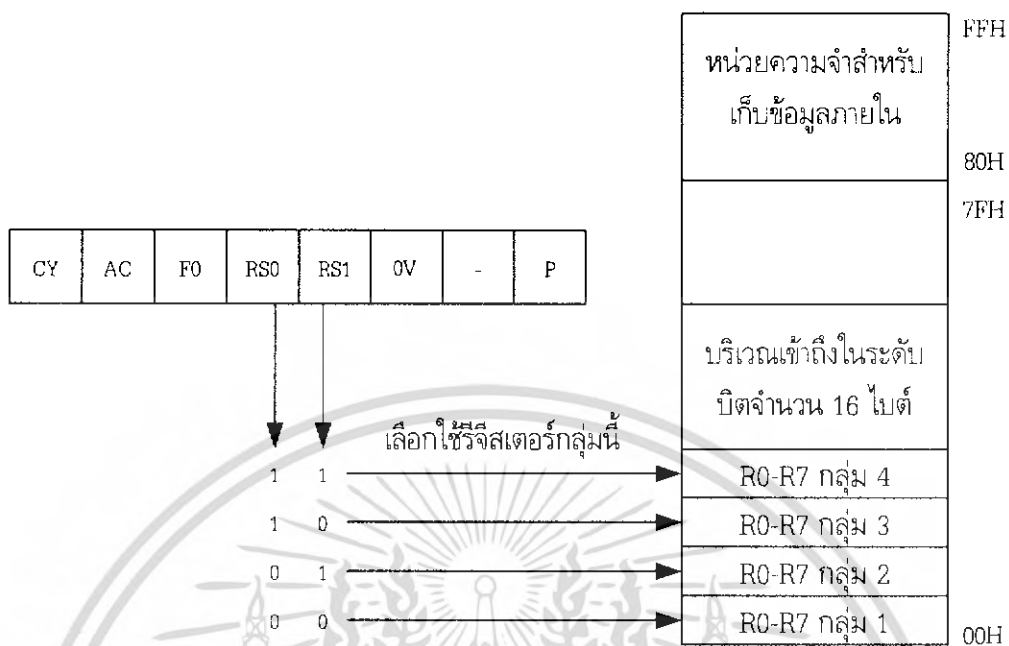


รูปที่ 2.4 แสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในทั้ง 3 ส่วน

บริเวณ 128 ไบต์บน (ตำแหน่ง 7FH-0FFH) จะใช้วิธีเข้าถึงข้อมูลโดยทางอ้อมเท่านั้น แต่สำหรับหน่วยความจำเก็บข้อมูลที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ (ตำแหน่ง 7FH-0FFH เช่นเดียวกัน) จะใช้วิธีเข้าถึงข้อมูลได้โดยตรงเท่านั้น ดังนั้น หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั้งสองบริเวณนี้ จึงสามารถมีตำแหน่งซ้ำกันได้ โดยในระหว่างการทำงาน MCS-51 จะตรวจสอบจากรหัสคำสั่งเอง ว่าคำสั่งที่ต้องการทำงานมีการเข้าถึงข้อมูลในหน่วยความจำตำแหน่งใด และโดยวิธีไหน

หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายใน บริเวณ 128 ไบต์ล่าง ตำแหน่ง 00H-1FH รวม 32 ไบต์ จะถูกกำหนดให้เป็นกลุ่มรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป 4 กลุ่มๆละ 8 ตัว (R0-R7) กลุ่มรีจิสเตอร์ ใช้งานทั่วไปจะถูกเลือกใช้งานเพียงกลุ่มเดียว ในขณะที่ใดขณะหนึ่ง เมื่อมีคำสั่งระบุให้ใช้ข้อมูลในรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 ซีพียูใน MCS-51 จะตรวจสอบเองว่าในขณะที่นั้น รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปกลุ่มใดถูกเลือกใช้งาน โดยดูจากบิต RS0, RS1 ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ PSW

หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายใน ที่อยู่ถัดจากกลุ่มรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปทั้ง 4 กลุ่ม ตั้งแต่ตำแหน่ง 20H-2FH รวม 16 ไบต์ ได้ถูกออกแบบให้มีลักษณะโครงสร้างพิเศษกว่า หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลบริเวณอื่น โดยแต่ละบิตของหน่วยความจำบริเวณนี้มีหมายเลขตำแหน่งที่กำหนดไว้แน่นอน เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลขนาด 1 บิต ในการทำงานของกรุปคำสั่งประมวลผลแบบบูลีนได้ แต่ละบิตของหน่วยความจำบริเวณนี้มีหมายเลขตำแหน่งตั้งแต่ 00H-7FH รวม 128 ตำแหน่ง หรือ 128 บิต



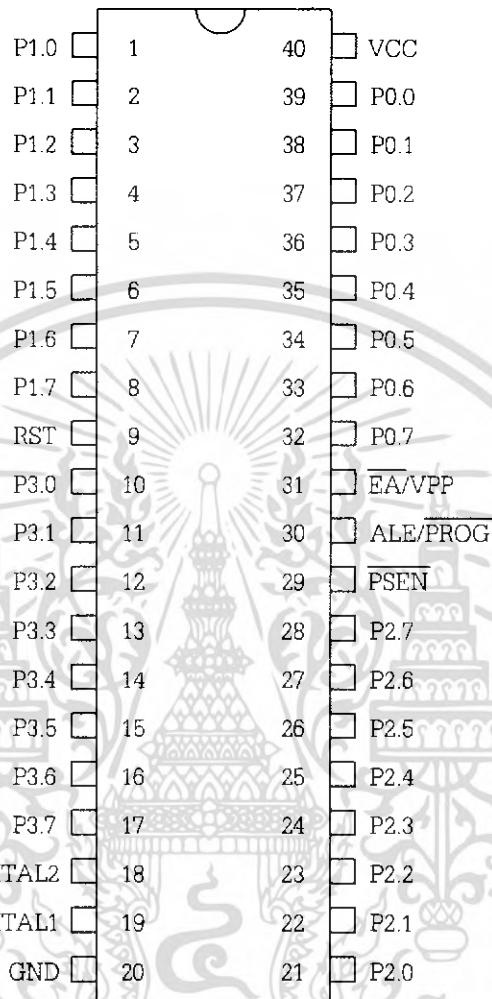
รูปที่ 2.5 แสดงการเลือกใช้กลุ่มรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป โดยควบคุมจากบิต RS0, RS1

2.3.3.3.2 หน่วยความจำข้อมูลภายนอก

มีขนาดสูงสุด 64 กิโลไบต์ การใช้งานหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอก พอร์ต 0 จะถูกใช้เป็นแอดเดรสบัสและดาต้า ส่วนพอร์ต 2 จะถูกใช้เพียง 3 เส้นเพื่อเป็นตัวเลือกช่วงหน่วยความจำที่ต้องการติดต่อ เนื่องจากแอดเดรสที่ต้องการสำหรับหน่วยความจำขนาด 2 กิโลไบต์ คือ 11 เส้น (8 เส้นจากพอร์ต 0 รวมกับ 3 เส้นจากพอร์ต 2)

ดังนั้นพอร์ต 2 ที่เหลือจากการต่อหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลสามารถนำไปใช้เป็นพอร์ตอินพุตหรือพอร์ตเอาต์พุตทั่วไปได้ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่อยู่ภายนอก จำเป็นต้องมีสัญญาณควบคุมการอ่าน และเขียนข้อมูล สัญญาณควบคุมการอ่านและเขียนข้อมูลจะถูกส่งจาก MCS-51 ผ่านทางขา P3.7 และ P3.6 ตามลำดับ

### 2.3.4 พอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51



รูปที่ 2.6 แสดงการจัดขาต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

8051 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 40 ขา ซึ่งมีขาต่างๆ ดังนี้

Vcc (ขา 40) ต่อกับ +5V

Vss (ขา 20) เป็นขา GND

พอร์ต 0 (ขา 32-39) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P0.7-P0.0) มีโครงสร้างแบบ Open Drain Bi Directional ใช้งานได้ 2 หน้าที่ คือ แอดเดรสบัสและดาต้าบัส เมื่อต้องการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก หรือเป็นไอโอพอร์ต ถ้าต้องการให้ทำงานเป็นอินพุตพอร์ต จะต้องส่งลอจิก 1 ไปยังพอร์ตนี้ จะมีผลให้ 0 ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

D-FF เป็น 0 ทำให้ EFT ตัวล่าง มีสถานะ OFF สัญญาณที่ใช้อ่านอินพุตพอร์ทแลทช์โดยส่งสัญญาณ READ LATCH ไปกระตุ้นที่ Tri-State Buffer ตัวบนและการอ่าน Port (pin) จะใช้สัญญาณ Read (pin)

พอร์ท 1 (ขา 1-8) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P1.0-P1.7) มีโครงสร้างคล้ายพอร์ท 0 แต่จะใช้ความต้านทานพูลอัพแทน Internal Pull up Register

พอร์ท 2 (ขา 21-28) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P2.0 -P2.7) มีโครงสร้างคล้ายพอร์ท 0 โดยมี FET ตัวล่างตัวเดียว ส่วนตัวบนใช้ความต้านทานพูลอัพแทน พอร์ทนี้ทำงาน 2 หน้าที่ คือ สามารถใช้เป็นแอดเดรสบัสขนาด 8 บิต (A15-A8) และเป็นไอโอพอร์ทที่ใช้งานทั่วไป เมื่อจะใช้งานเป็นอินพุตพอร์ท ต้องส่งลอจิก 1 มาที่พอร์ทนี้ก่อนเพื่อบังคับให้ FET อยู่ในสภาวะ off

พอร์ท 3 (ขา 10-17) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P3.0-P3.7) มีโครงสร้างคล้ายพอร์ท 1 พอร์ทนี้ทำงาน 2 หน้าที่ คือ เป็นไอโอพอร์ทที่ใช้งานทั่วไป เมื่อจะใช้งานเป็นอินพุตพอร์ท ต้องส่งลอจิก 1 มาที่พอร์ทนี้ก่อน และอีกหน้าที่หนึ่งคือ ใช้ส่งสัญญาณควบคุมออกมาและรับสัญญาณเข้าไปสัญญาณต่างๆ มีดังนี้

P3.0/ RXD (Serial Input Port) เป็นขาที่รับข้อมูลแบบอนุกรม (UART)

P3.1/ TXD (Serial Output Port) เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม (UART)

P3.2/ INT0 (External Input 0) ใช้รับสัญญาณการขัดจังหวะจากภายนอกเบอร์ 0

P3.3/ INT1 (External Input 1) ใช้รับสัญญาณการขัดจังหวะจากภายนอกเบอร์ 1

P3.4/ T0 (Counter 0 External Input ) ขารับสัญญาณพัลส์อินพุตเข้าไปยังวงจร Counter 0 (เป็นอินพุตโหมดเคาท์เตอร์)

P3.5/ T1 (Counter 1 External Input ) ขารับสัญญาณพัลส์อินพุตเข้าไปยังวงจร Counter 1 (เป็นอินพุตโหมดเคาท์เตอร์)

P3.6/ WR (External Data Memory Write Strobe) ขาสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

P3.7/ RD (External Data Memory Read Strobe) ขาสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

RST (ขา 9) Reset ใช้สำหรับรีเซ็ตวงจรทุกอย่างในชิป เพื่อเริ่มต้นการทำงานใหม่ ในการรีเซ็ตต้องป้อนลอจิก "1" นานอย่างน้อย 2 แมกซ์ซีไอเคลิล

ALE (ขา 30) Address Latch Enable เป็นขาส่งสัญญาณออกไปภายนอก เพื่อควบคุมการแลตช์ค่าแอดเดรสไบต์ต่ำจากพอร์ท 0

PSEN (ขา 29) Program Strobe Enable เป็นขาส่งสัญญาณเพื่ออ่านคำสั่งจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อขานี้ Active มีลอจิกเป็น "0" จะอ่านโปรแกรมจากหน่วยความจำภายนอก และถ้าเป็นการอ่านหน่วยความจำโปรแกรมภายใน ขานี้จะไม่ Active

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EA (ขา 31) External Access เป็นขาที่ใช้สำหรับเลือกมาให้ทำงานจากหน่วยความจำโปรแกรมภายในหรือหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกชิป เมื่อขา Active มีลอจิกเป็น "0" จะเป็นการทำงานตามคำสั่งในหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

XTAL 1 (ขา 19) ใช้ต่อคริสตัลภายนอก โดยเป็นอินพุตเข้าสู่วงจรรอสซิลเลเตอร์

XTAL 2 (ขา 18) ใช้ต่อคริสตัลภายนอก โดยเป็นเอาต์พุตเข้าสู่วงจรรอสซิลเลเตอร์

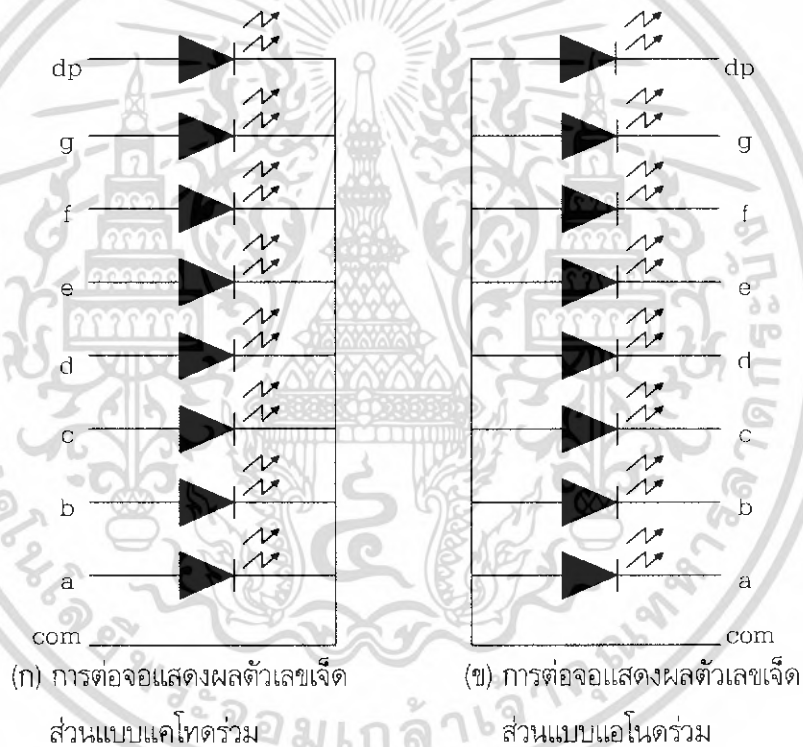
## 2.3.5 หลักการทำงานของ 8051

เมื่อมีอนไฟเลี้ยงให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 ซึ่งมีวงจรรีเซ็ตเมื่อเปิดเครื่องจะเกิดการรีเซ็ตการทำงานภายในไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 เริ่มจากภาคโปรแกรมนับเวลาส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมลงไปในเส้นทางหมายเลข 1 เส้นทางที่มีขนาด 16 บิตค่าตำแหน่งหน่วยความจำที่ถูกส่งไปเก็บไว้ที่ Program ADDR Register ค่าตำแหน่งหน่วยความจำจะปรากฏลงบนบัส 16 บิต หมายเลข 2 ถ้าตำแหน่งหน่วยความจำแรกจากหทการรีเซ็ตค่าตำแหน่งหน่วยความจำจะเป็น 0000H หน่วยความจำสำหรับโปรแกรมเลือกได้ว่าเป็นรอมภายในหรือภายนอก 8051 โดยการป้อนสถานะลอจิกเข้าไปที่ 8051 ทางขา EA ซึ่งต่ออยู่กับส่วน ของวงจรวเวลาและควบคุม ถ้าป้อนลอจิก 0 เข้าที่ขา EA เป็นการเลือกใช้รอมภายใน 8051 โดยที่วงจรวเวลาและควบคุมจะสร้างสัญญาณไปยังรอมภายใน ให้ส่งข้อมูลที่เป็นคำสั่งจากตำแหน่งที่ถูกชี้ด้วยค่าตำแหน่งที่ส่งมายังเส้นทางหมายเลข 2 ข้อมูลจากรอมถูกส่งไปยังเส้นทางหมายเลข 3 ที่เรียกว่าเส้นทางข้อมูลภายในแล้วนำไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ IR (Instruction Register) เพื่อส่งไปให้กับวงจรวเวลาและควบคุมทำการถอดรหัสแล้วควบคุมการทำงานส่วนอื่นๆต่อไป ในกรณีที่เลือกรอมภายในโดยป้อนลอจิก "1" เข้าที่ขา EA จะทำให้วงจรวเวลาและควบคุมส่งสัญญาณไปยังพอร์ต 0 และพอร์ต 2 เพื่อส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำบนเส้นทางหมายเลข 2 ออกไปชี้หน่วยความจำภายนอก จากนั้นจะอ่านข้อมูลที่เป็นคำสั่งกลับเข้ามาที่พอร์ต 0 ไปยังเส้นทางข้อมูลภายในแล้วไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ IR เพื่อทำงานต่อไปเหมือนกับตอนอ่านคำสั่งจากรอมภายในการทำงานในช่วงค่าตำแหน่งในหน่วยความจำ ไปยังหน่วยความจำแล้วอ่านข้อมูลที่เป็นคำสั่งกลับเข้ามาเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ IR เรียกว่า "ช่วงของการเฟต (Fetch)" ช่วงต่อไปจะเป็นช่วงของการทำงานตามคำสั่งเรียกว่า "Execute Cycle"

## 2.4 จอแสดงผลแบบเจ็ดส่วน

จอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. แบบแคโทด (Common Cathode) คือ การนำเอาขาแคโทดของแอลอีดีแต่ละตัวมาต่อร่วมกันเป็นจุดร่วม (Common) ส่วนขาที่เหลือใช้เป็นอินพุต คอยรับสถานะลอจิก ซึ่งจะต้องป้อนอินพุตเป็นลอจิกเป็น "1" ดังรูปที่ 2.7 (ก)
2. แบบแอโนด (Common Anode) คือ การนำเอาขาแอโนดของแอลอีดีแต่ละตัวมาต่อร่วมกันเป็นจุดร่วม (Common) เหมือนกับ (Common Cathode) แต่ (Common Anode) จะต้องป้อนอินพุตเป็นลอจิก "0" ดังรูปที่ 2.7 (ข)



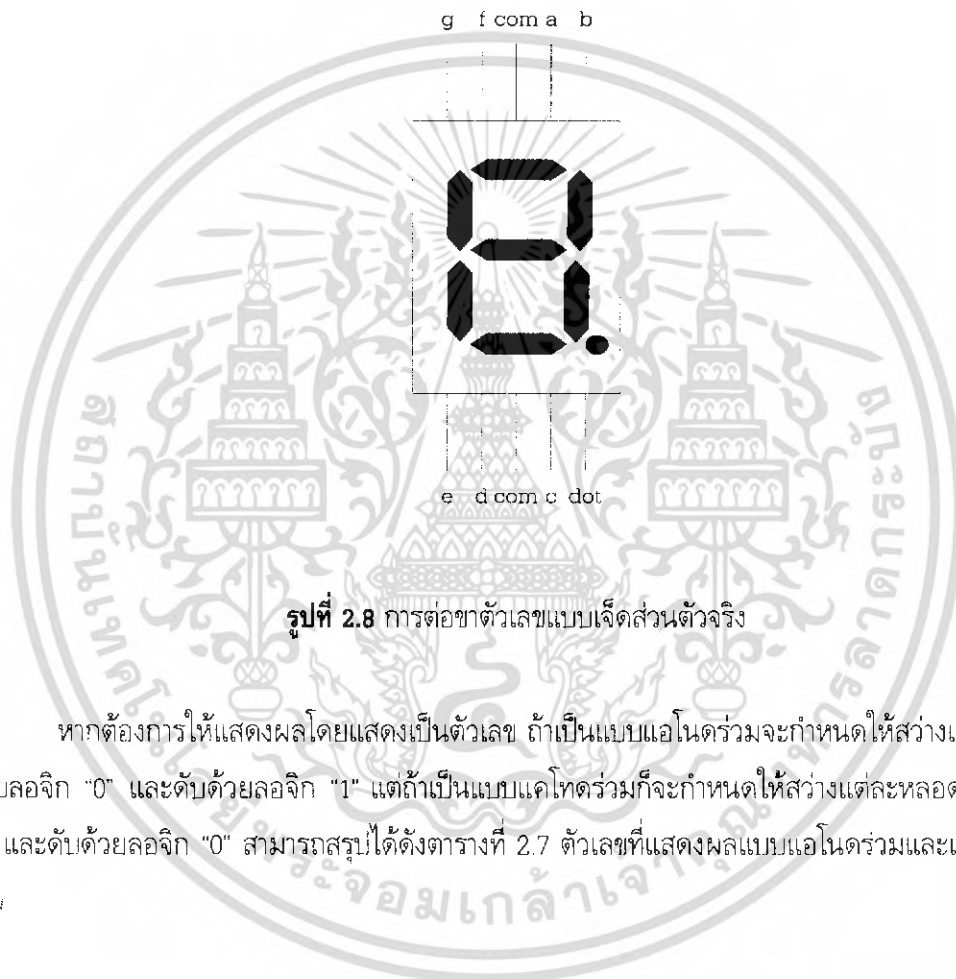
รูปที่ 2.7 วงจรภายในของจอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนทั้งแบบแคโทดร่วมและแอโนดร่วม

การจัดตำแหน่งขาของจอแสดงผลแบบเจ็ดส่วนจะเป็นดังในรูปที่ 2.8 และการต่อจอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน เข้ากับพอร์ต PO ของไมโครคอนโทรลเลอร์ นั้นเรานำเอาขาของจอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน ต่อเข้ากับพอร์ต PO โดยผ่านความต้านทานเพื่อจำกัด กระแสหรืออาจจะผ่านไอซีก็ได้ ขาของจอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน จะเท่ากับขาของพอร์ต PO การต่อขาพอร์ต PO จะเรียงตามตารางที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 กำหนดการต่อจอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนเข้ากับพอร์ต P0

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
P0.7	P0.6	P0.5	P0.4	P0.3	P0.2	P0.1	P0.0
dot	g	f	e	d	c	b	a



รูปที่ 2.8 การต่อขาตัวเลขแบบเจ็ดส่วนตัวจริง

หากต้องการให้แสดงผลโดยแสดงเป็นตัวเลข ถ้าเป็นแบบแอนโตร่วมจะกำหนดให้สว่างแต่ละหลอดด้วยลอจิก "0" และดับด้วยลอจิก "1" แต่ถ้าเป็นแบบแคโทดร่วมก็จะกำหนดให้สว่างแต่ละหลอดด้วยลอจิก "1" และดับด้วยลอจิก "0" สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.7 ตัวเลขที่แสดงผลแบบแอนโตร่วมและแบบแคโทดร่วม

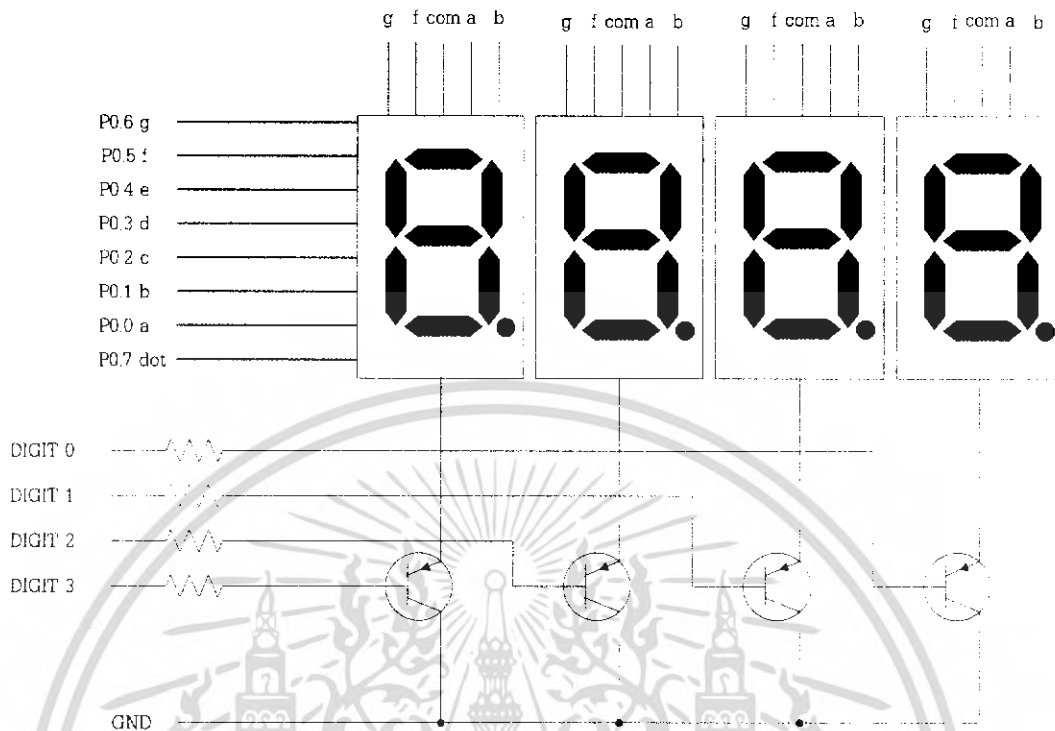
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 ข้อมูลของการแสดงผลตัวเลข 0-9 ของจอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน

ตัวเลขที่ แสดงผล	แบบ แอโนดรวม	แบบ แคโทดรวม
0	C0	3F
1	F9	06
2	A4	5B
3	B0	4F
4	99	66
5	92	6D
6	82	7D
7	F8	07
8	80	7F
9	90	6F

#### 2.4.1 การใช้จอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนหลายตัว

ในการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อแสดงที่จอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน ถ้าหากนำมาต่อใช้ร่วมกันหลายๆ หลักในกรณีที่จอแสดงผลแบบเจ็ดส่วน ติดสว่างทุกหลอดและสว่างทุกพร้อมกัน ซึ่งอาจมีปัญหากับปริมาณของแหล่งจ่ายไฟที่ระบบต้องการ ดังนั้นการใช้งานจอแสดงผลแบบเจ็ดส่วน แสดงผลหลายๆตัวพร้อมกันจึงนิยมใช้วิธีที่เรียกว่า มัลติเพล็กซ์ (Multiplexed Display) โดยจะใช้วิธีการต่อขาของจอแสดงผลแบบเจ็ดส่วน แต่ละหลอดต่อขานานเข้ากับต่อเดียวกันของจอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนอื่นๆ ทุกตัวดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 วงจรใช้งานจอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนแบบแคโนดร่วมในลักษณะมัลติเพล็กซ์

พิจารณาวงจรตามรูปแล้วใช้หลักการสแกนเป็นลำดับให้จอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนติดที่ละหลัก โดยการควบคุมส่วนขาที่เป็นจุดร่วมว่าจะเลือกจอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน โดยการตรวจสอบแต่ละหลัก จะต้องใช้ความเร็วจนตาไม่สามารถมองเห็นการดับจอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนแต่ละหลักได้ทันทำให้มองเห็นเหมือนกับว่าจอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนแสดงผลทุกหลักติดพร้อมๆ กัน

## 2.5 ตัวเปลี่ยนน้ำหนักเป็นแรงดันไฟฟ้า (Load Cell)

ตัวเปลี่ยนน้ำหนักเป็นแรงดันไฟฟ้าซึ่งต่อไปนี้จะขอเรียกว่า "โหลดเซลล์" เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำหนักของโหลดให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าโดยอาศัยหลักการทางกลศาสตร์และทางไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้ร่วมกันกล่าวคือ เมื่อมีน้ำหนักมากกระทำต่อโหลดเซลล์จะเกิดการยืดหรือหดตัวขึ้นในแนววัสดุตามลักษณะการกระทำของแรงดึงหรือแรงกดจากการยืดหดตัวของวัสดุนี้จะทำให้เกิดความเค้น (Stress) ความเครียด (Strain) ขึ้นในวัสดุซึ่งเป็นไปตามกฎของฮุก (Hook's Law) จากนั้นจะใช้สเตรนเกจซึ่งติดอยู่บนตัวรับน้ำหนักทำหน้าที่เปลี่ยนความเครียดในวัสดุให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าซึ่งเมื่อผ่านการขยายและปรับแต่งสัญญาณแรงดันไฟฟ้าแล้วจะสามารถแสดงผลออกมาเป็นค่าน้ำหนักโดยตรงและที่สำคัญ ลักษณะข้อมูลที่อยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปของสัญญาณแรงดันไฟฟ้ายังง่ายต่อการนำไปใช้งานจากหลักการทำงานของโพลีเมอร์จะเห็นว่า โครงสร้างจะประกอบด้วยส่วนต่างๆ คือ

### 2.5.1 ชั้นส่วนรับน้ำหนัก

ชั้นส่วนรับน้ำหนักที่ทำหน้าที่รับน้ำหนักของโพลีเมอร์ที่กระทำต่อโพลีเมอร์ซึ่งจะเกิดการยืดหรือหดตัวในเนื้อวัสดุทำให้เกิดความเค้นหรือความเครียดขึ้นโดยทั่วๆ ไปแล้วชั้นส่วนรับน้ำหนักต้องไม่มีการยืดหรือหดตัวอย่างถาวรขณะรับน้ำหนักจากกฎของฮุกจะมีความสัมพันธ์ระหว่างแรงหรือน้ำหนักที่กระทำต่อชั้นส่วนรับน้ำหนักกับค่าความเครียดได้ซึ่งความสัมพันธ์ได้แสดงไว้ดังนี้

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{F/A}{\Delta L/L} \quad (2.1)$$

เมื่อ	$E$	คือ โมดูลัสความยืดหยุ่น (นิวตัน/มม. <sup>2</sup> )
	$\sigma$	คือ ความเค้น
	$F$	คือ แรงที่กระทำ (นิวตัน)
	$A$	คือ พื้นที่หน้าตัด
	$L$	คือ ความยาวเดิมของชั้นส่วนรับน้ำหนัก (มม.)
	$\Delta L$	คือ ความยาวที่เปลี่ยนไปของชั้นส่วนรับน้ำหนัก (มม.)

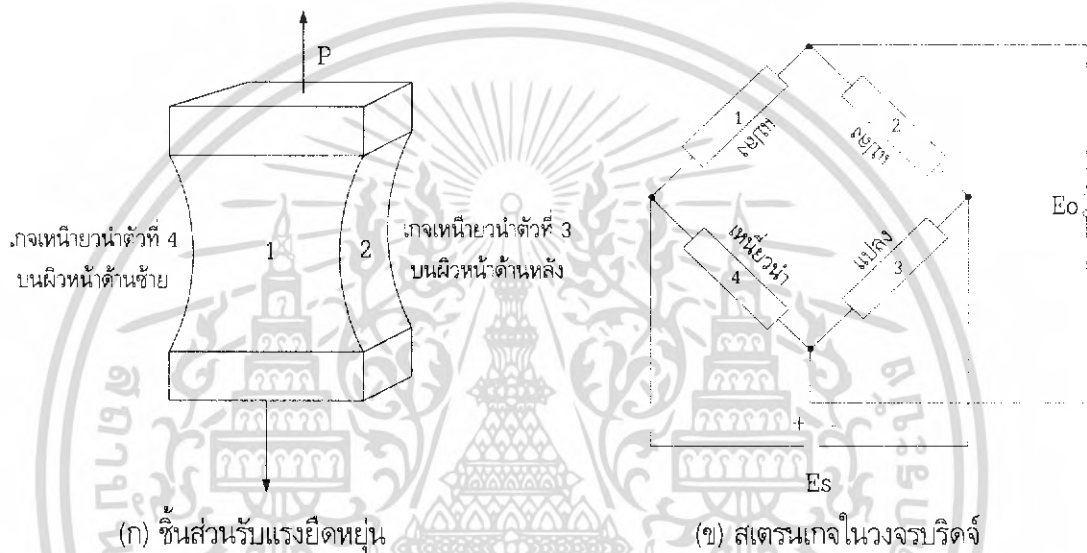
โดยการเลือกรูปปร่างและชนิดของวัสดุที่ใช้ทำชั้นส่วนรับน้ำหนักให้เหมาะสมแล้วจะมีความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงขนาดและแรงในลักษณะเชิงเส้นซึ่งวัสดุที่ใช้ควรมีคุณสมบัติดังนี้

1. เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดเป็นเชิงเส้นอยู่ในช่วงกว้างๆ
2. เมื่อสเตรนฮิสเตอร์ (Strain Hyterresis) ต่ำเมื่อรับโพลีเมอร์ซ้ำๆ กัน
3. เมื่อการเปลี่ยนแปลงของความเครียดต่อเวลาต่ำในขณะที่ความเค้นคงที่

การวัดแรง (Force Measurements) ตัวแปลงสัญญาณที่ใช้ในการวัดแรงบิดและแรงกดปกติจะประกอบด้วยชั้นส่วนรับแรงยืดหยุ่นซึ่งจะแปรผันปริมาณไปเป็นการวัดการหักเหหรือความเครียดตัวตรวจจับการหักเหสเตรนเกจสามารถที่จะใช้ในการวัดปริมาณของผลที่วัดคุณลักษณะโดยทางอ้อมของตัวแปลงสัญญาณ เช่น ระยะภาวะเชิงเส้นและความไวซึ่งจะกำหนดโดยขนาดและตัวตรวจจับ (Sensor) เป็นต้น วัสดุที่ใช้ทำเป็นชั้นส่วนรับน้ำหนักจะให้เหล็กคาร์บอนปานกลางผสมโครเมียมและโมลิบดีนัม ส่วนรูปปร่างของชั้นส่วนรับน้ำหนักที่นิยมใช้กันนั้นจะมีรูปร่างแตกต่างกันออกไปตามขนาดของโพลีเมอร์ที่ใช้รับน้ำหนักซึ่งมีลักษณะใหญ่ๆ ดังนี้

### 1. แบบแกน

ชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบแกนเดี่ยวพร้อมด้วยสเตรนเกจซึ่งจะแสดงในรูปที่ 2.10 น้ำหนักของโหลด ( $P$ ) สามารถที่จะเป็นน้ำหนักดึงหรือน้ำหนักกดซึ่งจะมีสเตรนเกจทั้งสี่ตัวติดอยู่กับแกนโดยจะมีสองตัวติดตรงกึ่งแกนและอีกสองตัวจะติดตามขวางของแกนสเตรนเกจทั้งสี่ตัวเป็นขดลวดซึ่งจะอยู่ในวงจรวัดจลน์แทนของสเตรนเกจตัวที่ 1 และตัวที่ 3 จะติดอยู่ตามแกนแกนของสเตรนเกจตัวที่ 2 และตัวที่ 4 จะติดอยู่ตามขวางดังแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 ชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบแกน

เมื่อน้ำหนักของโหลด ( $P$ ) มากจะทำกับแกนความเครียดในแกน ( $\epsilon_s$ ) และความเครียดตามขวาง ( $\epsilon_t$ ) จะมีความสัมพันธ์กับน้ำหนักคือ

$$\epsilon_s = \frac{P}{AE} \quad \text{และ} \quad \epsilon_t = \frac{\nu P}{AE} \quad (2.2)$$

เมื่อ  $A$  คือ พื้นที่ตัดขวางของแกน

$E$  คือ โมดูลัสความยืดหยุ่นของโลหะที่ใช้ทำแกน

$\nu$  คือ อัตราส่วนปัวซองของโลหะที่ใช้ทำแกน

ปฏิบัติการตอบสนองของสเตรนเกจเมื่อน้ำหนักของโหลดมากกระทำกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{\Delta R1}{R1} = \frac{\Delta R3}{R3} = Sg\epsilon a = \frac{SgP}{AE} \quad (2.3)$$

$$\frac{\Delta R2}{R2} = \frac{\Delta R4}{R4} = Sg\epsilon t = \frac{v.SgP}{AE}$$

แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต  $E_o$  จากวงจรมริดจ์จะแสดงได้ในเทอมของน้ำหนักโพลด ( $P$ ) โดยแทนค่าในสมการที่ (2.3) ถ้าสมมุติให้ตัวสเตรนเกจทั้งสองตัวบนแกนมีค่าเหมือนกัน คือ  $R1=R2$  จะได้

$$E_o = \frac{SgP(1+v)E_i}{2AE} \quad (2.4)$$

$$P = \frac{2AE}{Sg(1+v)E_i} E_o = CE_o \quad (2.5)$$

ซึ่งจะแสดงให้เห็นรูปของน้ำหนัก  $P$  เป็นสัดส่วนเชิงเส้นของแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต  $E_o$  และเป็นสัดส่วนที่คงที่หรือค่าคงที่การตรวจสอบ ( $C$ ) คือ

$$C = \frac{2AE}{Sg(1+v)E_i} \quad (2.6)$$

ความไวของวงจรมริดจ์จัดหมาให้  $S = E_o/P$  ฉะนั้น

$$S = \frac{E_o}{P} = \frac{1}{C} = \frac{Sg(1+v)E_i}{2AE} \quad (2.7)$$

ซึ่งจะแสดงถึงความไวของชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบแกนว่าขึ้นอยู่กับพื้นที่ตัดขวางของแกน ( $A$ ) ค่าคงที่ความยืดหยุ่นของวัสดุที่ใช้ทำสเตรนเกจของแกน ( $E$  และ  $V$ ) สเตรนเกจจะใช้เช่นเดียวกับตัวรับ ( $Sg$ ) และแรงดันไฟฟ้าที่ใช้งานของแรงดันไฟฟ้าอินพุตของวงจรมริดจ์ ( $E_i$ ) ระยะห่างของชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบแกนได้กำหนดโดยพื้นที่ตัวตั้งฉากกับแกนและความแข็งแรง  $S_f$  ของวัสดุที่ใช้ทำตัวสเตรนเกจ

$$P_{\max} = S_f A \quad (2.8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราส่วนแรงดันไฟฟ้าที่มีน้ำหนักสูงสุด  $(E_o/E_i)_{max}$  สำหรับชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบแกนคือ การแทนด้วยสมการที่ (2.8) ในสมการที่ (2.4) ดังนั้น

$$\frac{E_o}{E_i} = \frac{SgSf(1+v)}{2E} \quad (2.9)$$

ชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบแกนส่วนมากวัสดุที่นำมาทำสเตรนเกจจะใช้วัสดุ AISI 4340 ( $E = 30,000,000$  psi และ  $v = 0.3$ )  $Sf = 80,000$  psi เมื่อ  $Sg = 2$  สำหรับการใส่สเตรนเกจในชิ้นส่วนรับน้ำหนักสมการ (2.9) แสดงได้คือ

$$\left(\frac{E_o}{E_i}\right)_{max} = \frac{2(80,000)(1+0.3)}{2(30,000,000)} = 3.47 \text{ mV/V}$$

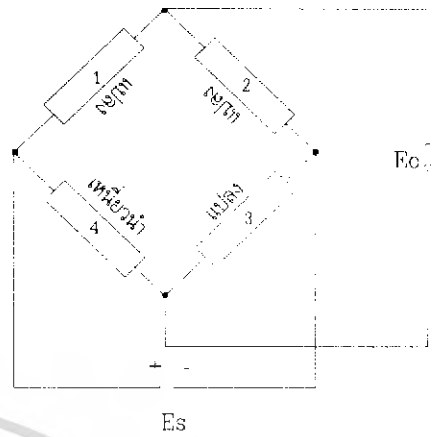
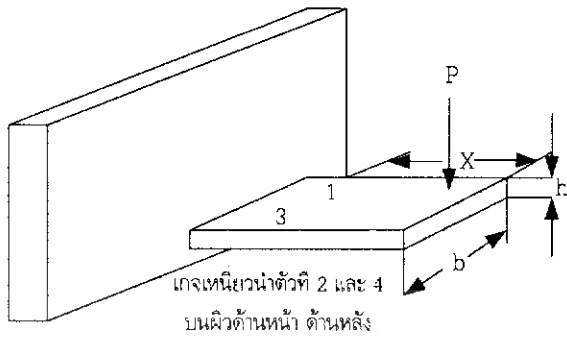
ชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบแกนโดยทั่วไปมีค่าสูงสุดของอัตราแรงดันไฟฟ้า  $(E_o/E_i)_{max} = 3$  มิลลิโวลต์ต่อโวลต์ ค่าน้ำหนักสูงสุด ( $P = P_{max}$ ) เกี่ยวกับข้อกำหนดค่าสูงสุดของอัตราแรงดันไฟฟ้า  $(E_o/E_i)_{max}$  ค่าน้ำหนัก  $P$  บนชิ้นส่วนรับน้ำหนักจะแสดงได้โดย

$$P = \frac{E_o/E_i}{(E_o/E_i)_{max}} P_{max} \quad (2.10)$$

แรงดัน  $E_i$  นี้เป็นชนิดสำหรับ 10 โวลต์ เพราะฉะนั้นค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตของชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบแกนที่มีค่าน้ำหนักสูงสุดจะมีค่าใกล้เคียง 3 มิลลิโวลต์ สัญญาณเอาต์พุตสามารถดูได้จากโวลต์มิเตอร์แบบดิจิตอลหรือถ้าสัญญาณเป็นสัญญาณไดนามิกจะมาสารถแสดงผลได้บนเครื่องย่นที่กอสซิลโลสโคป

## 2. แบบคาน

ชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบคานจะมีลักษณะการใช้งานเช่นเดียวกับการวัดน้ำหนักที่ตำแหน่งเดียวกันเมื่อชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบแกนไม่สามารถทำได้ สำหรับชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบคานจะแสดงดังรูปที่ 2.11 (ก) ประกอบด้วยตัวสเตรนเกจสองตัวอยู่บนผิวหน้าและตัวสเตรนเกจอีกสองตัวอยู่ที่ด้านใต้ของผิวหน้าวางตามความยาวของคานสเตรนเกจเป็นขอลวดที่อยู่ภายในวงจรรีจิสเตอร์ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.11 (ข)



(ก) ชิ้นส่วนรับแรงยึดหยุ่น

(ข) สเตรนเกจในวงจรวัด

รูปที่ 2.11 ชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบคาน

$$\epsilon_1 = -\epsilon_2 = \epsilon_3 = -\epsilon_4 = \frac{6M}{Ebh^2} = \frac{6Px}{Ebh^2} \quad (2.11)$$

เมื่อ  $b$  คือ ความกว้างหน้าตัดของคาน  
 $h$  คือ ความสูงหน้าตัดของคาน

การตอบสนองของสเตรนเกจที่ได้รับจากสมการที่ (2.11) ดังนี้

$$\frac{\Delta R_1}{R_1} = \frac{\Delta R_2}{R_2} = \frac{\Delta R_3}{R_3} = \frac{\Delta R_4}{R_4} = \frac{6Sg.Px}{Ebh^2} \quad (2.12)$$

แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต  $E_o$  จากวงจรวัดจะช่วยให้ทราบผลจากน้ำหนัก  $P$  ถ้าสเตรนเกจทั้งสี่ตัวบนคานจะสมมติให้มีค่า

$$E_o = \frac{6SgPx E_i}{Ebh^2} \quad (2.13)$$

หรือ

$$P = \frac{Ebh^2}{6S_g x E_i} E_o = CE_o \quad (2.14)$$

สมการที่ (2.14) แสดงค่าน้ำหนักของ  $P$  เป็นสัดส่วนเชิงเส้นกับแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตและค่าคงที่ของสัดส่วนหรือค่าคงที่ของการวัด ( $C$ ) คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$C = \frac{Ebh^2}{6S_g x E_i} \quad (2.15)$$

ความไวของวงจรถอดรูปโดยให้  $S = E_o/P$  เพราะฉะนั้น

$$S = \frac{E_o}{P} = \frac{1}{C} = \frac{6S_g P x E_i}{Ebh^2} \quad (2.16)$$

สมการที่ (2.16) ได้แสดงว่าความไวของชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบคานขึ้นขึ้นอยู่กับรูปร่างของภาพตัดขวางของคาน (b และ h) โมดูลัสความยืดหยุ่นของโลหะที่ใช้ทำตัวสเตรนเกจ (E) ตำแหน่งของน้ำหนักที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับ (x) สเตรนเกจ (S<sub>g</sub>) และการมีใช้แรงดันไฟฟ้าอินพุตของวงจรถอดรูป (E<sub>i</sub>)

ระยะของชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบคานขึ้นอยู่กับขนาดภาพตัดขวางของคานตำแหน่งของจุดที่ใช้ทำงานของน้ำหนักและความแข็งแรงการล้าของโลหะจากวัสดุที่ใช้ทำสเตรนเกจสมมติให้เกจอยู่ใกล้กับจุดรองรับของคาน  $M_{yuce} \approx M_{max}$  และ

$$P_{max} = \frac{S_f bh^2}{6x} \quad (2.17)$$

จากสมการที่ (2.15) และสมการที่ (2.16) ได้แสดงระยะทางความไวของชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบคานสามารถที่จะเปลี่ยนได้โดยการเปลี่ยนจุดน้ำหนักที่ใช้ในการใช้งานความไวสูงสุดและระยะที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับจุดยอดของน้ำหนักที่กระทำเคลื่อนที่ใกล้กับเกจ

อัตรา  $(E_o/E_i)_{max}$  แรงดันไฟฟ้าที่น้ำหนักสูงสุดสำหรับชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบคานคือ การแทนสมการที่ (2.17) ลงในสมการที่ (2.13) ดังนั้น

$$\left( \frac{E_o}{E_i} \right)_{max} = \frac{S_g S_f}{E} \quad (2.18)$$

การเปรียบเทียบสมการที่ (2.18) กับสมการที่ (2.9) แสดงว่าชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบคานมีค่าความไวใกล้เคียงร้อยละ 50 มากกว่าชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบแกนโดยทั่วไปแล้วชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบคานจะมีอัตรา  $(E_o/E_i)$  อยู่ระหว่างที่ 4 ถึง 5 มิลลิโวลต์ต่อโวลต์ (mV/V) ที่ค่าเต็มสเกลของน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3. แบบวงแหวน

ชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบวงแหวนสามารถที่จะทำการออกแบบให้มีระยะต่างๆ ได้ตามน้ำหนักโดยการเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) ความหนา (T) และความกว้าง (W) ของขนาดวงแหวนทั้งสเตรนเกจหรือหม้อแปลงไฟฟ้าปรับความแตกต่างแบบเชิงเส้น (Linear Variable Diffent Tranformer หรือ LVDT) ซึ่งต่อไปนี้จะขอเรียกว่า "LVDT" ซึ่งสามารถที่จะใช้ได้เช่นเดียวกับตัวตรวจจับ (Sensor) ถ้า LVDT เป็นตัวที่ใช้วัดแรงหรือการยืดตัวของวงแหวนความสัมพันธ์ระหว่างระยะที่เคลื่อนที่และน้ำหนัก P แสดงค่าโดยการประมาณค่าจะได้

$$\delta = 1.79 \frac{PR^3}{Ewt^3} \quad (2.19)$$

สมการที่ (2.19) เป็นค่าที่ใกล้เคียงเมื่อพื้นที่ที่เสริมแรงด้านบนด้านล่างของวงแหวนไม่มีน้ำหนักโหลด ภาระทำแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต  $E_o$  ของ LVDT สามารถแสดงได้โดย

$$E_o = S \cdot \delta \cdot E_i \quad (2.20)$$

การแสดงค่าความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต  $E_o$  และค่าน้ำหนัก P โดยการแทนสมการที่ (2.19) ในสมการที่ (2.20) ดังนี้จะได้

$$E_o = 1.79 \frac{SPR^3 E_i}{Ewt^3} \quad (2.21)$$

$$P = 0.56 \frac{Ewt^3}{SR^3 E_i} E_o = CE_o \quad (2.22)$$

สมการที่ (2.22) ที่แสดงค่าน้ำหนักเป็นสัดส่วนเชิงเส้นกับแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต  $E_o$  หรือค่าสัดส่วนของค่าคงที่และค่าคงที่ยองการวัด (C) จะมีค่าโดยประมาณเท่ากับ

$$C = 0.56 \frac{Ewt^3}{SR^3 E_i} \quad (2.23)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความไวของวงแหวน LVDT ที่จัดให้  $S_f$  จะได้

$$S_f = \frac{E_o}{P} = \frac{1}{C} = 1.79 \frac{SR^3 E_i}{Ewt} \quad (2.24)$$

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าความไวของชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบวงแหวนในการใช้ตัวรับแบบ LVDT จะขึ้นอยู่กับค่าต่างๆ ของวงแหวน ( $D$   $t$  และ  $w$ ) วัสดุที่นำมาทำเป็นตัวสเตรนเกจ ( $E$ ) และคุณลักษณะของ LVDT ( $S$  และ  $E$ )

ระยะของชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบวงแหวนได้ควบคุมโดยใช้ความแข็งของวัสดุที่ใช้ทำเป็นตัวสเตรนเกจถ้าใช้เป็นตัวในการวัดค่าน้ำหนักที่เป็นวัฏจักรความแข็งแรงของการล้าจะมีความสำคัญมากถ้าใช้ในกาวัดเฉพาะค่าน้ำหนักคงที่ข้อจำกัดสัดส่วนส่วนโลหะสามารถใช้การจัดตั้งระยะของชิ้นส่วนรับน้ำหนักที่ความดันสูงสุดในชิ้นส่วนของวงแหวนที่เสริมทั้งด้านบนและด้านล่างผิวหน้าด้านในจะมีค่าสูงกว่าของแหวนบนเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระยะตั้งฉากกับน้ำหนักที่กระทำการประเมินค่าที่ใกล้เคียงสำหรับความเค้นที่ตำแหน่งใดๆ ก็คือ

$$\sigma_o = 1.09 \frac{PR}{wt^2} \quad (2.25)$$

ดังนั้นจากสมการที่ (2.25) สำหรับการวัดน้ำหนักที่เป็นวัฏจักรจะได้

$$P_{max} = 0.92 \frac{wt^3 S_f}{R} \quad (2.26)$$

อัตราแรงดันไฟฟ้าที่ค่าน้ำหนักสูงสุด ( $E_o/E_i$ )<sub>max</sub> คือการแทนสมการที่ (2.25) ลงในสมการที่ (2.1) ดังนั้นจะได้

$$\left( \frac{E_o}{E_i} \right)_{max} = 1.64 \frac{SR^2 S_f}{Et} \quad (2.27)$$

อัตราส่วนแรงดันไฟฟ้า ( $E_o/E_i$ ) สำหรับชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบวงแหวนส่วนมากมีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้จากสมการที่ (2.27) และไม่ทำงานที่ค่าเท่ากับระดับความเค้นความเสียหายของวัสดุอัตราส่วนแรงดันไฟฟ้า

$(E_o/E_i)$  และน้ำหนักในสมการที่ (2.10) สามารถที่จะทำให้น้ำหนักมีความเท่ากันในการวัดแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต

$$P = \frac{E_o / E_i}{(E_o / E_i)_{\max}} P_{\max} \quad (2.28)$$

ชนิดของ LVDT ระยะสั้น ( $\pm 1.25$  มิลลิเมตร) จะใช้สำหรับตัวรับซึ่งชิ้นส่วนรับน้ำหนักจะแสดงความไว 250 มิลลิโวลต์ต่อโวลต์เมตร (mV/V.mm.) ถ้าชิ้นส่วนของแหวนชิ้นส่วนรับน้ำหนักจะถูกออกแบบให้มีการหักเห  $\delta_{\max} = 1.25$  มิลลิโวลต์ ที่  $P_{\max}$  ดังนั้นสมการที่ (2.20) แสดงได้ดังนี้

$$\left( \frac{E_o}{E_i} \right)_{\max} = S \delta_{\max} = 250(1.25) = 313 \text{ mV/V} \quad (2.29)$$

ชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบวงแหวนมีอัตรา  $(E_o/E_i) = 300$  มิลลิโวลต์ต่อโวลต์คือการใช้ประโยชน์และมีความสามารถในการวัดทั้งแรงดึงและแรงอัด โดยใช้อัตราสัญญาณเอาต์พุตของชิ้นส่วนรับน้ำหนักแบบวงแหวนที่ใช้สเตรนเกจเป็นตัวตรวจจับ

## 2.5.2 สเตรนเกจแบบค่าความต้านทาน

สำหรับการใช้งานสเตรนเกจแบบค่าความต้านทานจะถูกยึดติดไว้กับผิวของชิ้นส่วนรับน้ำหนักในตำแหน่งที่มีความเครียดมากที่สุดเพื่อที่จะทำให้เกิดค่าเปลี่ยนแปลงที่ตัวต้านทานมากที่สุดอันเนื่องจากการยืดตัวหรือหดตัวของสเตรนเกจซึ่งจะถูกแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าก่อนนำไปใช้งาน

สเตรนเกจแบบค่าความต้านทานแบ่งออกเป็นสเตรนเกจแบบขดลวด (Wire Resistance Strain Gauge) สเตรนเกจแบบโลหะบาง (Foil Resistance Strain Gauge) และแบบสารกึ่งแผ่นตัวนำ (Semiconductor Gauge)

แบบแรกคือสเตรนเกจแบบขดลวดและแบบท่อนโลหะบางซึ่งจะแสดง โดยมีหลักการทำงานเหมือนกันคือค่าความต้านทานของขดลวดหรือแผ่นโลหะบางจะมีค่าเปลี่ยนไปเพราะเกิดการเปลี่ยนแปลงความยาวขึ้นในสเตรนเกจซึ่งการเปลี่ยนแปลงความยาวนี้จะมีสัมพันธ์กับความเครียดส่วนค่าความต้านทานของสเตรนเกจนั้นจะเป็นดังนี้

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2.29)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อ R คือ ค่าความต้านทานของสเตรนเกจ (โอห์ม)  
 P คือ ความต้านทานจำเพาะของโลหะที่ใช้ทำสเตรนเกจ (โอห์ม-มม.)  
 L คือ ความยาวเดิมของสเตรนเกจ (มม.)  
 A คือ พื้นที่หน้าตัดของโลหะที่ใช้ทำสเตรนเกจ (มม<sup>2</sup>)

จากสมการที่ (2.29) จะเห็นได้ว่าค่าความต้านทานจะมากขึ้นหรือลดลงเมื่อความยาวเพิ่มขึ้นหรือลดลงสำหรับค่าความไวของสเตรนเกจหรือเกจแฟคเตอร์ (Gauge Factor) นั้นจะเป็นอัตราส่วนของค่าความต้านทานที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วยกับความยาวที่เปลี่ยนไปต่อหนึ่งหน่วย (ความเครียดของวัสดุ)

ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$G = \frac{\Delta R / R}{\Delta L / L} = \frac{\Delta R / R}{\epsilon} \quad (2.30)$$

- เมื่อ G คือ เกจแฟคเตอร์  
 $\Delta R$  คือ ค่าความต้านทานที่เปลี่ยนไปของสเตรนเกจ (โอห์ม)  
 R คือ ค่าความต้านทานของสเตรนเกจ (โอห์ม)  
 L คือ ความยาวที่เปลี่ยนไปของสเตรนเกจ (มม.)  
 L คือ ความยาวเดิมของสเตรนเกจ (มม.)  
 E คือ ความเครียด(มม.-มม.)

โลหะที่ใช้ทำสเตรนเกจจะต้องมีคุณสมบัติคือจะต้องมีค่าเกจแฟคเตอร์สูงและมีค่าสัมประสิทธิ์ของความต้านทานโลหะที่นิยมใช้ทำสเตรนเกจกันมากในปัจจุบันคือดีบุก ทองแดงและทังสเตน

วัสดุที่ใช้ทำแผ่นรอง (Backing Material) จะต้องเป็นวัสดุที่ยืดหยุ่นได้ดีมากและที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบันได้แก่

กระดาษซึ่งบางมากนิยมใช้กับสเตรนเกจแบบขดลวด

โพลีไมด์มีความเหนียวและยืดหยุ่นดีใช้กับงานทั่วๆ ไป

อีพ็อกซีและแก้วไฟโนลิกจะให้ความถูกต้องและความในเชิงเส้นที่ดีสามารถใช้กับอุณหภูมิได้สูงถึง 400 องศาเซลเซียสแต่มีจุดอ่อนคือค่อนข้างเปราะและแตกหักง่ายจึงต้องใช้ความระมัดระวังเป็นอย่างมากในการติดตั้งชิ้นงาน

อีกแบบหนึ่งคือสเตรนเกจแบบสารกึ่งตัวนำซึ่งมีหลักการทำงานเหมือนกับสเตรนเกจแบบขดลวดและแบบแผ่นโลหะบางแต่สเตรนเกจแบบสารกึ่งตัวนำจะประกอบผลึกเดี่ยวของซิลิกอนซึ่งทำเป็นชั้นสี่เหลี่ยมผืนผ้าค่อนข้างจะบางมากติดอยู่บนแผ่นรองเช่นเดียวกับแบบขดลวดและแบบแผ่นโลหะบางซึ่งสเตรนเกจแบบสารกึ่งตัวนำโดยทั่วๆ ไปแล้วค่าเกจแฟคเตอร์ของสเตรนเกจแบบสารกึ่งตัวนำนั้นจะมีค่าสูงกว่าแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขดลวดและแบบแผ่นโลหะบางและค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานก็จะมีค่าสูงกว่าเช่นกัน นอกจากนี้สเตรนเกจแบบสารกึ่งตัวนำยังจะแบ่งออกเป็นชนิดพี (P-type) ซึ่งจะมีค่าแกจแฟคเตอร์เป็นบวก และชนิดเอ็น (N-type) ซึ่งมีค่าแกจแฟคเตอร์เป็นค่าลบ

## 2.6 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ คือ เครื่องกลที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลโดยโครงสร้างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จะเหมือนเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงทุกอย่าง ดังนั้นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงจึงสามารถต่อให้เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

### 2.6.1 หลักการทำงานของมอเตอร์

เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลในตัวนำซึ่งอยู่ในสนามแม่เหล็กนั้น จะทำให้เกิดแรงขึ้นในตัวนำซึ่งทิศทางของแรงที่เกิดขึ้นหาได้โดยใช้กฎมือขวาของเฟรมมิ่ง

แรงที่เกิดขึ้นนี้จะอยู่ในแนวที่ตั้งฉากกับเส้นแรงแม่เหล็กและกระแสไหลผ่านในขดลวดตัวนำนั้นๆ ดังนั้นเมื่อมีกระแสไหลในขดลวดตัวนำที่พันอยู่บนแกนเหล็กอาร์เมเจอร์ (Armature) ก็จะทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นรอบๆ ตัวนำและจะเกิดการทำปฏิกิริยากับเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากขั้วแม่เหล็กของมอเตอร์ ทำให้เกิดแรงผลักดันบนตัวนำจึงทำให้อาร์เมเจอร์หมุนไปได้

### 2.6.2 โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีโครงสร้างด้วยกันสองส่วนใหญ่ๆ 2 ส่วน คือ

#### 1. ส่วนที่อยู่กับที่ (Stator Part)

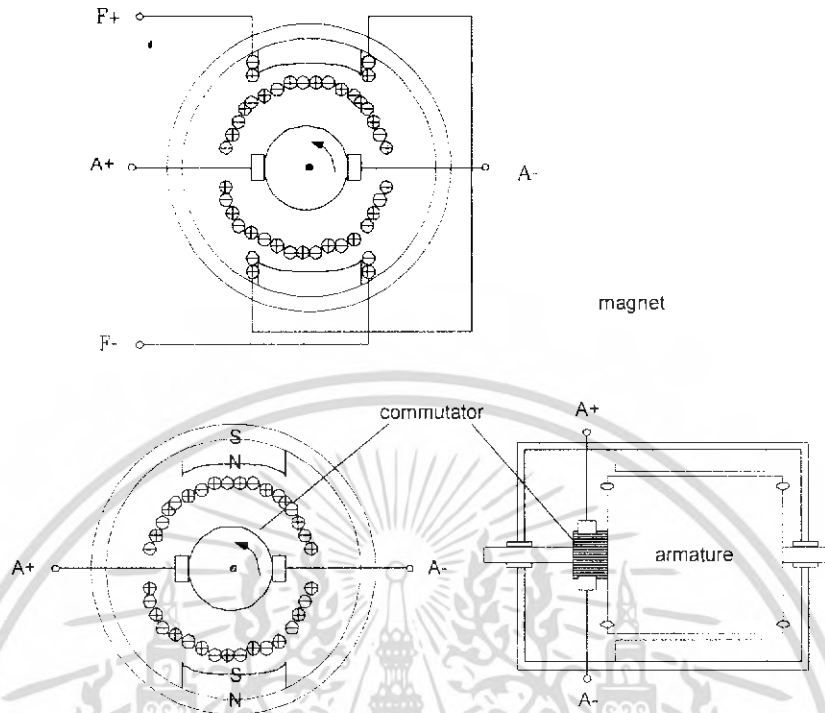
- 1.1 เปลือกหรือโครง (Frame or Yoke) จะทำด้วยเหล็กหล่อหรือสารแม่เหล็กที่จะทำหน้าที่ คือกักขั้วแม่เหล็กกับส่วนประกอบทั้งหมดและเป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็ก
- 1.2 ขั้วแม่เหล็ก (Pole-shoes) ทำมาจากแผ่นเหล็กบางๆ (Laminated Sheet Steel) อัดซ้อนเข้าด้วยกันหลายๆแผ่น โดยแต่ละแผ่นจะเคลือบไว้ด้วยฉนวน ขั้วแม่เหล็กนี้จะนำไปยึดเข้ากับโครงด้วยสกรู (Screw)
- 1.3 ขดลวดสนามแม่เหล็ก (Field Coil/ Field Winding) หรือเรียกว่าขดลวดฟิลด์เป็นลวดตัวนำพันไว้รอบขั้วแม่เหล็ก ทำหน้าที่สร้างแรงแม่เหล็ก ขดลวดฟิลด์คอยล์มี 2 ชนิดคือ ขดลวดชั้นฟิลด์ (Shunt Field or Shunt Winding) จะพันด้วยลวดเส้นเล็ก ความต้านทานจะสูงและขดลวดซีรีส์ฟิลด์ (Series Field or Series Winding) จะพันด้วยลวดเส้นโตความต้านทานจะต่ำขดลวดทั้ง 2 ชุดจะต้องพันไปในทิศทางเดียวกัน
- 1.4 แปรงถ่านและแบร็ริง (Brushes and Bearing) แปรงถ่านทำหน้าที่เป็นสะพานไฟจากคอมมิวเตเตอร์เชื่อมต่อไปยังวงจรมอเตอร์ ซึ่งแปรงถ่านทำมาจากคาร์บอนอัดแน่นจะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะที่เป็นแท่งสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่บรรจุอยู่ในช่องแบ่งถ่านและถูกกดด้วยสปริงหรือลูกปืนนั้น จะเป็นตัวรับน้ำหนักทั้งหมดที่ได้รับจากตัวหมุนและช่วยแรงเสียดทานที่เพลลาขณะที่อาร์เมเจอร์หมุน

## 2. ส่วนที่เคลื่อนที่ (Rotor Part)

- 2.1 แกนเหล็กอาร์เมเจอร์ (Armature Core) แกนเหล็กอาร์เมเจอร์เป็นที่สำหรับบรรจุขดลวดอาร์เมเจอร์ แกนเหล็กอาร์เมเจอร์ทำมาจากแผ่นเหล็กบางๆ ที่ด้านหนึ่งฉาบด้วยฉนวนที่อัดซ้อนเข้าด้วยกันเป็นรูปทรงกระบอก แล้วทำเป็นช่องสล็อต (Slot) ไว้และแกนเหล็กที่อาร์เมเจอร์นี้จะเจาะรูไว้ด้วยเพื่อช่วยในการระบายความร้อนอันเนื่องมาจากการสูญเสีย
- 2.2 ขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature or Armature Winding) คือ ขดลวดที่ทำการบรรจุไว้ในช่องสล็อตของแกนเหล็กอาร์เมเจอร์จะมีการพันในรูปแบบแลป (Lap) หรือเวฟ (Wave) ปลายของขดลวดจะถูกนำไปต่อเข้ากับคอมมิวเตเตอร์
- 2.3 คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับที่เกิดในขดลวดอาร์เมเจอร์ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง คอมมิวเตเตอร์ประกอบด้วยซี่ของขดลวดหลายๆ ซี่ที่จัดเข้าไว้ด้วยกันเป็นรูปทรงกระบอก และระหว่างซี่ทองแดงแต่ละซี่จะคั่นด้วยฉนวนที่แข็งแรงและยึดติดไว้บนเพลลาอันเดียวกับแกนเหล็กอาร์เมเจอร์ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 โครงสร้างมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

### 2.6.3 ข้อดี ข้อเสียของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

#### ข้อดี

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะมีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการควบคุมความเร็วของการขับเคลื่อน โดยมีพิสัยของอัตราความเร็วที่กว้างมาก ซึ่งสามารถเพิ่มอัตราความเร็วให้สูงขึ้นหรือให้ต่ำกว่าอัตราเร็วปรกติได้
2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะมีแรงบิดขณะสตาร์ทสูงมากจึงเหมาะสมมากที่จะใช้กับงานยกของ หนัก และขับเคลื่อน
3. วิธีการควบคุมของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะง่ายกว่าและค่อนข้างนุ่มนวลกว่า มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับที่ทำงานคล้ายกัน

#### ข้อเสีย

1. ต้องจัดหาแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงไว้ใช้งานเป็นพิเศษ
2. สำหรับมอเตอร์ที่มีขนาดแรงม้าเท่ากัน มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะมีขนาดใหญ่และมีราคาที่สูงกว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ในการสตาร์ทมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้น ต้องใช้วิธีที่พิเศษกว่าและค่อนข้างที่จะยุ่งยากกว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับมากยกเว้นสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีขนาดเล็กเท่านั้น ที่ไม่ต้องการวิธีสตาร์ทแบบพิเศษ

4. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงต้องการซ่อมบำรุงรักษามากกว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ทั้งนี้เนื่องจากคอมมิวเตเตอร์ จะมีการสึกหรอที่เกิดจากการอาร์คและการขัดสีกันระหว่างแปรงถ่านกับซีคอมมิวเตเตอร์

ถึงแม้ว่ามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นมีข้อได้เปรียบเพียงสามข้อ แต่เป็นข้อได้เปรียบสำคัญมาก เราจึงยังมีการใช้งานมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอยู่ตราบเท่าทุกวันนี้

ในปัจจุบันนี้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีทั้งแบบขนาน แบบอนุกรม แบบผสม และยังมีแบบแม่เหล็กถาวร (Pm Motor หรือ Permanent Magnet Motor) ซึ่งในสมัยนี้ได้มีการประดิษฐ์แม่เหล็กที่มีความเข้มของเส้นแรงแม่เหล็กสูงขึ้นและมีราคาถูกลงมาก เช่นอัลนิโคห้า (Alnico V) และแม่เหล็กเซรามิค (Ceramic Magnet) เป็นต้น ซึ่งได้มีการนิยมไปประดิษฐ์มอเตอร์ขนาดเล็กที่มีขนาดแรงม้าเป็นค่าเศษส่วน (Fractional Horse Power) โดยมักนิยมนำเอาไปใช้งานควบคุมต่างๆ เช่น นำไปใช้ในรถยนต์ เครื่องปัดน้ำฝน เครื่องยกกระจกหน้าต่าง เครื่องยกที่นั่ง เป็นต้น

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวรจะมีคุณสมบัติคล้ายกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนาน โดยมีอัตราเร็วเกือบคงที่แต่มีค่าลดลงบ้างเล็กน้อย ตามค่าของภาระหรือแรงหมุนของภาระ ดังเส้นโค้งลักษณะสมบัติระหว่างอัตราเร็วกับแรงหมุนภาระที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.13 ซึ่งมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบขนานจะมีสูตรในคำนวณหาอัตราเร็วดังสมการต่อไปนี้

$$\omega = \frac{E - I_a R_a}{K \omega I_f} \quad (2.31)$$

เมื่อ	$\omega$	เป็นค่าอัตราเร็ว (รอบต่อนาที)
	$E$	เป็นแรงดันเลี้ยงวงจรหรือแรงดันที่ขั้วไฟฟ้าของมอเตอร์ (โวลต์)
	$I_a$	เป็นค่ากระแสไหลในวงจรอาร์เมเจอร์ (แอมแปร์)
	$R_a$	เป็นค่าความต้านทานในวงจรอาร์เมเจอร์ (โอห์ม)
	$K\omega$	เป็นตัวคงที่สัดส่วนของอัตราเร็ว (โวลต์-นาที ต่อแอมแปร์-รอบ)
	$I_f$	เป็นค่าไหลในวงจรฟิลด์ (แอมแปร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรหาค่าคำนวณหาค่าแรงหมุนที่เกิดขึ้นหาได้จาก

$$T = K_f I_a \quad (2.32)$$

เมื่อ	$T$	เป็นแรงหมุนที่เกิดขึ้น (นิวตัน-เมตร)
	$K_f$	เป็นตัวคงที่สัดส่วนของแรงหมุน (นิวตัน-เมตรต่อแอมแปร์)

มอเตอร์แบบผสมจะมีอัตราเร็วสูงขึ้นหรือช้าลง เมื่อเปรียบเทียบกับมอเตอร์แบบขนานโดยจะขึ้นอยู่กับ การต่อฟิลด์อนุกรม ให้สนามแม่เหล็กเข้าหักล้างหรือบวกกับสนามของฟิลด์ขนานซึ่งเรียกว่า มอเตอร์ผสมแบบหักล้าง (Diferential Compound Motor) และมอเตอร์แบบผสม (Cumulative Compound Motor) ตามลำดับ แต่มอเตอร์ผสมแบบหักล้างไม่ค่อยนิยมใช้กับเส้นโค้งลักษณะสมบัติที่แสดงอยู่ในรูปที่ 2.13 เป็นมอเตอร์กระแสตรงแบบผสม

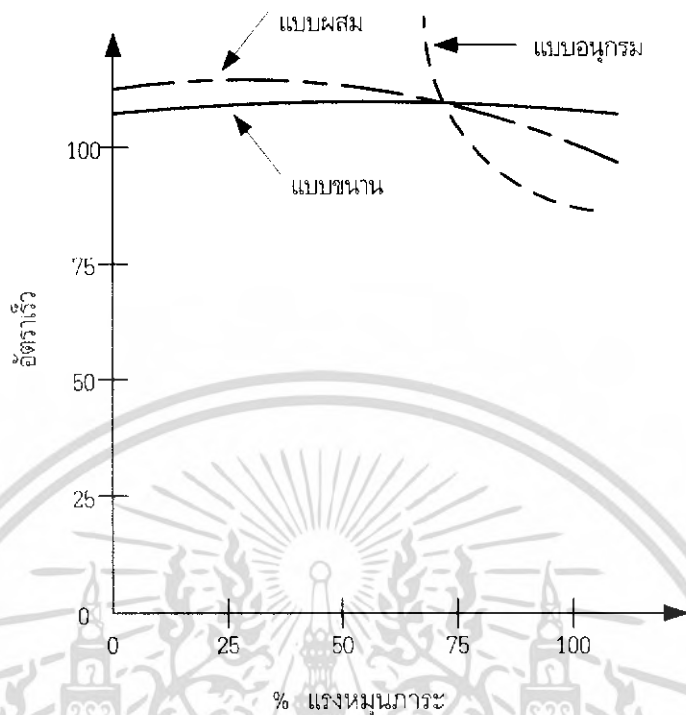
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมมีคุณสมบัติที่สำคัญมากอย่างหนึ่ง คือ สามารถปรับเปลี่ยนอัตราเร็วเป็นพิสัยที่กว้างและมีแรงหมุนเกิดขึ้นตอนสตาร์ทสูงมากดังเส้นโค้งลักษณะสมบัติที่แสดงในรูปที่ 2.14 โดยเราสามารถคำนวณหาอัตราเร็วและหมุนได้จากนิพจน์ข้างล่างนี้ตามลำดับ

$$\omega = \frac{E - I_a R_a}{K_m I_a} \quad (2.33)$$

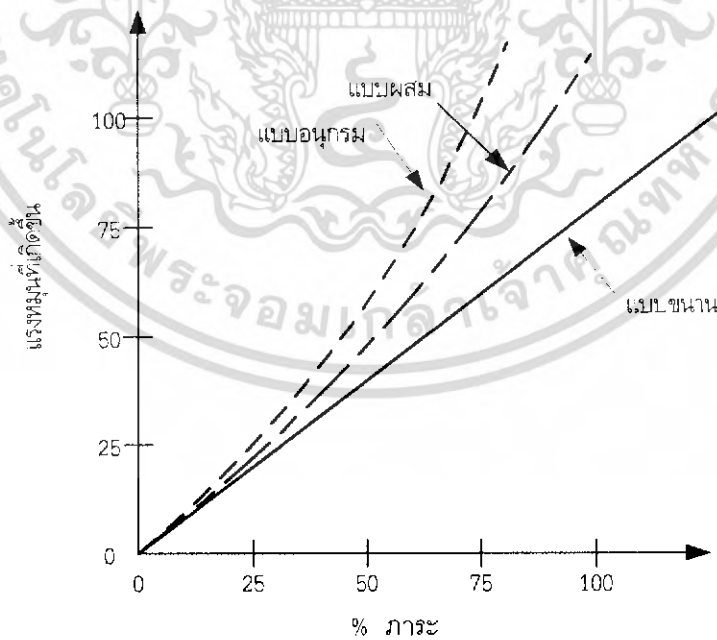
$$T = K_f I_a^2 \quad (2.34)$$

การควบคุมอัตราความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบทุกแบบจะทำได้คล้ายกันโดยมีวิธีการควบคุมอัตราเร็วมี 4 วิธี คือ

1. ควบคุมแรงดันป้อนเข้าอาร์เมเจอร์
2. ควบคุมกระแสที่ไหลเข้าอาร์เมเจอร์
3. ควบคุมกระแสที่ไหลเข้าฟิลด์
4. ผสมวิธีดังกล่าวข้างบน



รูปที่ 2.13 เส้นโค้งลักษณะสมบัติอัตราเร็วของมอเตอร์กระแสตรงแบบ ขนาน อนุกรม และผสม



รูปที่ 2.14 เส้นโค้งลักษณะสมบัติแรงหมุนของมอเตอร์กระแสตรงแบบ ขนาน อนุกรม และผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.6.4 การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นมอเตอร์ที่ง่ายต่อการบังคับหรือควบคุมทั้งความเร็วและแรงบิด ในงานอุตสาหกรรมในระนาบที่ต้องการความเร็วรอบในย่านต่างๆ ที่คงที่ก็จะนิยมใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นหลัก

### 1. แรงบิดสภาวะคงตัว

วงจรรอาร์เมเจอร์เทียบเคียงที่สภาวะคงตัวของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงกระตุ่นแยกนั้นสามารถเขียนสมการพื้นฐานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้ดังนี้

$$E = k_c \phi_f \omega_m \quad (2.35)$$

$$V = E + R_a I_a \quad (2.36)$$

$$T_a = K_c \phi_f I_a \quad (2.37)$$

เมื่อ

$E$	คือ เป็นแรงดันไฟฟ้าต้านกลับ (โวลต์)
$V$	คือ เป็นแรงดันไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์ (โวลต์)
$I_a$	คือ เป็นกระแสอาร์เมเจอร์ (แอมแปร์)
$\phi_f$	คือ เป็นฟลักซ์ต่อขั้วแม่เหล็ก (เวเบอร์)
$R_a$	คือ เป็นความต้านทานของอาร์เมเจอร์ (โอห์ม)
$\omega_m$	คือ เป็นความเร็วของมอเตอร์ (เรเดียน/วินาที)
$T_a$	คือ เป็นแรงบิดที่ได้จากมอเตอร์ (นิวตันเมตร)
$k_c$	คือ เป็นค่าคงที่ทางไฟฟ้า

จากสมการที่ 2.35 ถึง 2.37

$$\begin{aligned} \omega_m &= \frac{V}{k_c \phi_f} - \frac{R_a I_a}{k_c \phi_f} \\ &= \frac{V}{k_c \phi_f} - \frac{T_a R_a}{(k_c \phi_f)^2} \end{aligned} \quad (2.38)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นแยกนั้นจะให้แรงดันที่ขั้วลวดของฟิลด์คงที่จะได้

$$k_c \phi_f = k \quad (\text{ค่าคงที่ใดๆ}) \quad (2.39)$$

ดังนั้นจากสมการที่ (2.31), (2.33), (2.34) และ (2.35) จะได้

$$E = k\omega_m \quad (2.40)$$

$$T_a = kI_a \quad (2.41)$$

$$\omega_m = \frac{V}{k} - \frac{T_a R_a}{k^2} \quad (2.42)$$

## 2. วิธีควบคุมความเร็ว

จากสมการที่ (2.42) ความเร็วของมอเตอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แบบกระตุ้นภายนอกสามารถที่จะควบคุมได้โดยการเปลี่ยนแปลงค่าของแรงดันที่ขั้วอาร์เมเจอร์จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าคงที่ ซึ่งจะทำให้โดยการใช้เครื่องแปลงดังต่อไปนี้

2.1 ชุดเรียงกระแสที่ควบคุมได้ (AC-to-AC Converter)

2.2 ช้อปเปอร์ (DC-to-DC Converter)

ในการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบกระตุ้นจากภายนอกจะแบ่งการควบคุมออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ

### 1. การควบคุมที่อาร์เมเจอร์ (Armature Control)

$$T_a \alpha I_a \quad (2.43)$$

$$\omega_m \alpha \frac{1}{\phi_a} \quad (2.44)$$

ตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการควบคุม จะพิจารณาจากตัวแปรที่อยู่ในอาร์เมเจอร์ นั่นคือแรงบิดที่อาร์เมเจอร์ควบคุมด้วยค่ากระแสอาร์เมเจอร์ ซึ่งถ้ามีหากกระแสไหลเข้าอาร์เมเจอร์เป็นจำนวนมากมอเตอร์จะมีค่ามากขึ้นไปด้วยส่วนการควบคุมความเร็วจะพิจารณาค่าของปริมาณแรงดันไฟฟ้าต้านกลับในอาร์เมเจอร์

## 2. การควบคุมที่ฟิลด์ (Field Control)

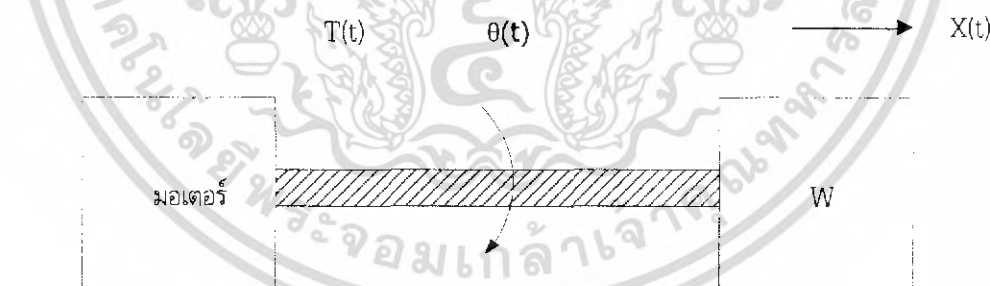
$$T_d \alpha \phi_f \quad (2.45)$$

$$\omega_m \alpha \frac{1}{\phi_f} \quad (2.46)$$

การควบคุมในลักษณะนี้เหมือนกับในข้อที่แล้ว คือพิจารณาค่าต่างๆ ในส่วนของขดลวดฟิลด์เป็นตัวแปรที่สำคัญ นั่นก็คือแรงบิดของมอเตอร์จะแปรผกผันกับค่าของฟลักซ์ (Flux)

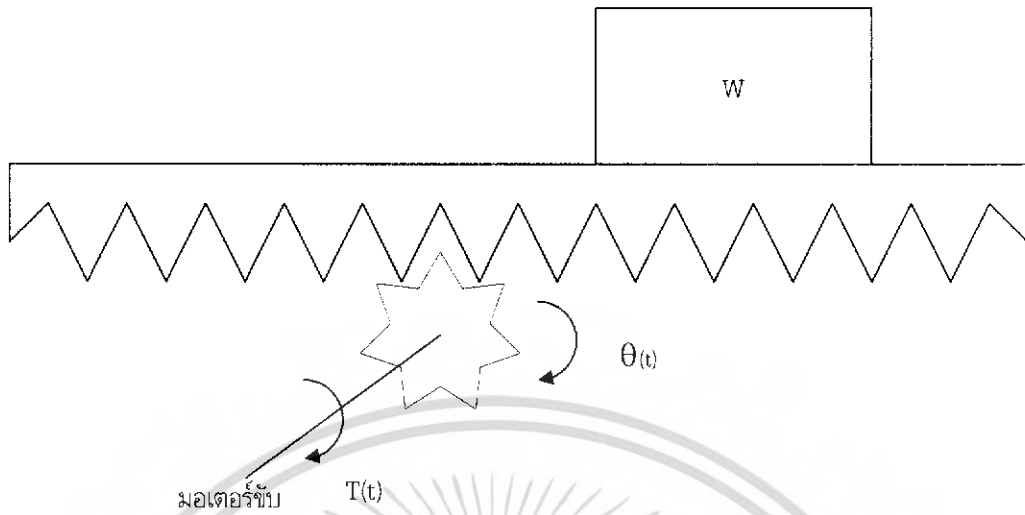
### 2.6.5 ความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่ซึ่งเป็นแบบเชิงมุม

ปัญหาเกี่ยวกับการบังคับการเคลื่อนที่ซึ่งประสบน้อย คือ การเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่แบบเชิงมุมให้เป็นการเคลื่อนที่แบบเชิงเส้น ตัวอย่างการแก้ปัญหาดังกล่าวแสดงได้ในรูปที่ 2.15 และรูปที่ 2.16 เป็นเสมือนกับมวลที่จุดหนึ่งซึ่งเคลื่อนที่ได้ด้วยลูกกรอก ซึ่งเป็นระบบง่ายๆ ที่มีแรงเฉื่อยสมมูลย์ต่ออยู่โดยตรงกับตัวมอเตอร์



รูปที่ 2.15 ระบบมอเตอร์และลิตสกรู

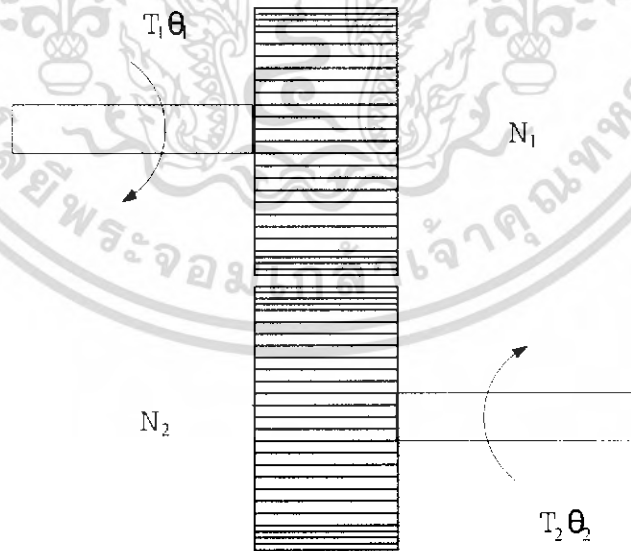
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 ระบบที่เฟืองตรงและเฟืองจักร

### 2.6.6 ระบบเกียร์

ระบบเกียร์ เป็นอุปกรณ์เครื่องกลซึ่งสามารถส่งพลังงานจากส่วนหนึ่งของระบบไปยังส่วนอื่นๆได้ในรูปของแรงงาน แรงบิด ความเร็ว และการเคลื่อนที่ นอกจากนี้ อุปกรณ์เหล่านี้ยังเป็นเสมือนอุปกรณ์สำหรับประสาน (Matching) ที่สามารถใช้ส่งผ่านกำลังงานให้ได้ค่าสูงสุดแสดงดังรูปที่ 2.17

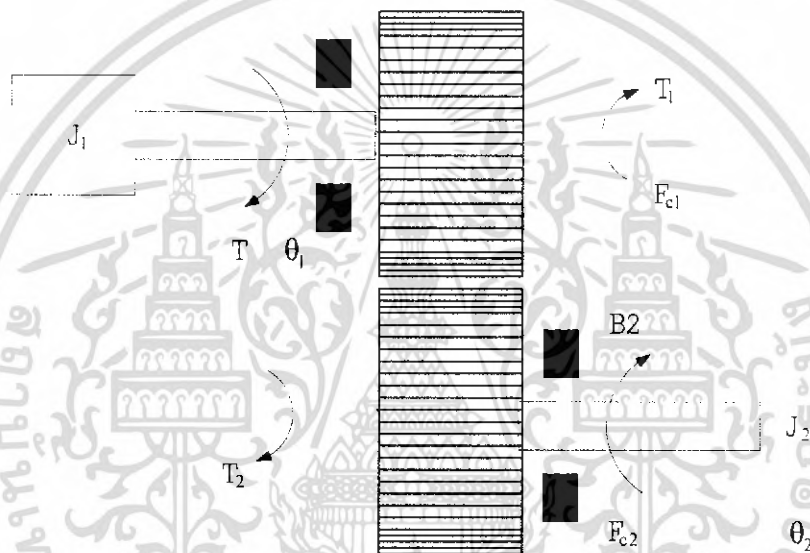


รูปที่ 2.17 ระบบการคับปลิงของเกียร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการปฏิบัติงานตัวเกียร์จริงๆนั้นจะต้องมีแรงเฉื่อยและแรงเสียดทานเกิดขึ้นเนื่องจากการคับปลิ้งระหว่างซี่ฟันของเกียร์ซึ่งไม่สามารถตัดทิ้งได้ ระบบสมมูลของเกียร์ที่มีวิสคอสฟริกชันคว่ำลอมป์ฟริกชัน และแรงเฉื่อยจะพิจารณาเป็นส่วนประกอบของระบบดังแสดงในรูปที่ 2.18 ตัวแปรและพารามิเตอร์ต่อไปนี้อธิบายถึงระบบเกียร์

เมื่อ  $T$  = แรงบิดที่ป้อนให้กับระบบเกียร์  
 $\theta_1$  และ  $\theta_2$  = ระยะทางการเคลื่อนที่เป็นแบบเชิงมุม



รูปที่ 2.18 ระบบการคับปลิ้งเกียร์ที่มีแรงเฉื่อย

- $T_1$  และ  $T_2$  คือ แรงบิดที่ส่งมายังเกียร์  
 $J_1$  และ  $J_2$  คือ แรงเฉื่อยของเกียร์  
 $N_1$  และ  $N_2$  คือ จำนวนซี่ฟัน  
 $F_{c1}$  และ  $F_{c2}$  คือ ตัวสัมประสิทธิ์ของคว่ำลอมป์ฟริกชัน  
 $B_1$  และ  $B_2$  คือ ตัวสัมประสิทธิ์ของวิสคอสฟริกชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

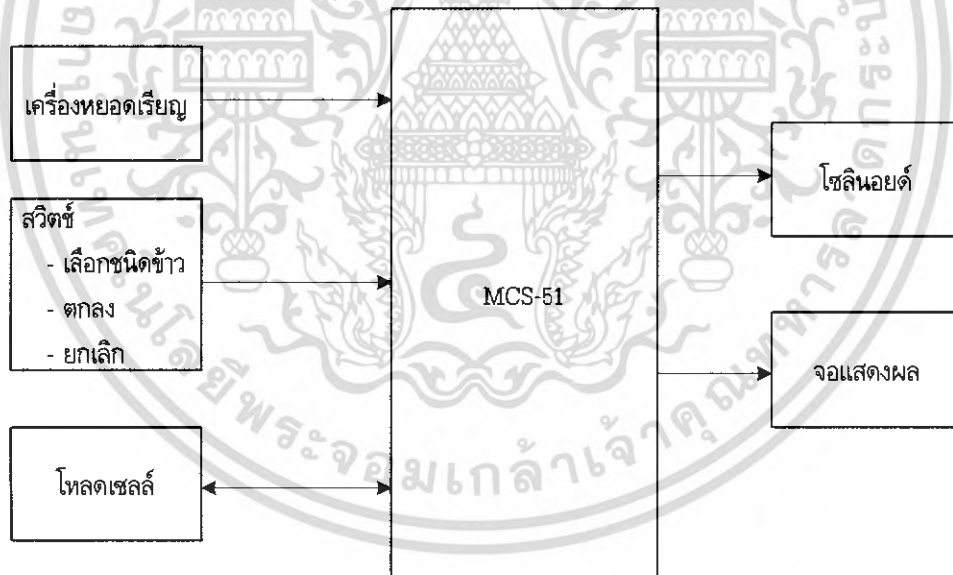
### การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

#### 3.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนต่างๆ ในการดำเนินการ การออกแบบ การสร้างส่วนต่างๆ ของโครงงาน เครื่องจำหน่ายข้าวสารอัตโนมัติ โดยได้นำทฤษฎีและหลักการที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 มาประกอบการออกแบบ การสร้างวงจร และการออกแบบต่างๆ เพื่อให้สำเร็จลุล่วงไปตามวัตถุประสงค์ที่วางเอาไว้ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

#### 3.2 ผังการทำงานของโครงงาน

ในการจัดทำเครื่องจำหน่ายข้าวสารนั้น หลักการทำงานของเครื่องสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ผังการทำงานของโครงงาน

### 3.3 การออกแบบการปิด-เปิดการจ่ายข้าว

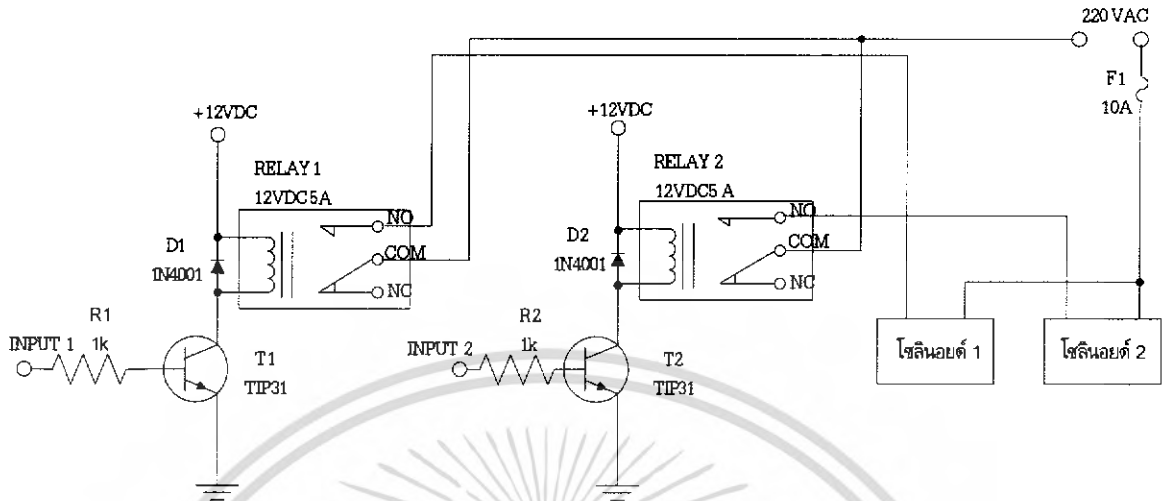
การออกแบบการปิด-เปิดการจ่ายข้าว เพื่อเป็นการกำหนดปริมาณข้าวที่จะจำหน่ายตามจำนวนเงินที่ระบุไว้ โดยใช้โซลินอยด์ช่วยในการปิด-เปิดการจ่ายข้าว ซึ่งจะรับคำสั่งจาก MCS-51 มาทำการประมวลผล กำหนดการปิด-เปิดการจ่ายข้าว โดยแสดงการติดตั้งโซลินอยด์ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 การออกแบบการปิด-เปิดการจ่ายข้าว

#### 3.3.1 วงจรควบคุมโซลินอยด์

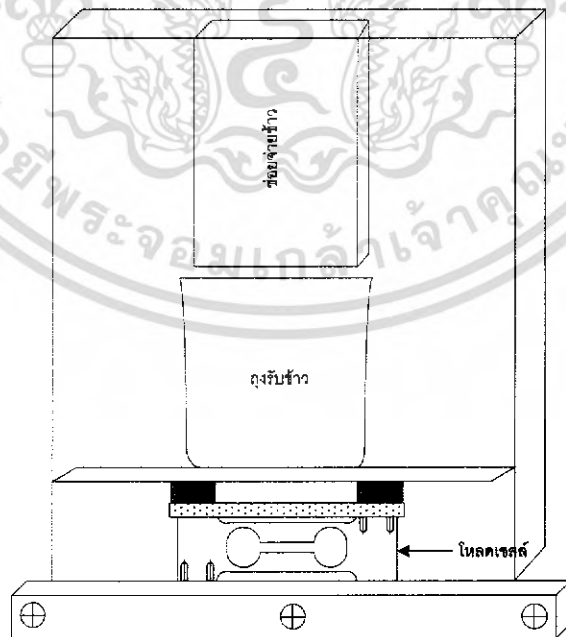
เป็นวงจรที่ใช้ในการควบคุมโซลินอยด์ให้ทำการปิด-เปิดการปล่อยข้าว โดยวงจรมันนั้นใช้ควบคุมโซลินอยด์ 2 ตัว โดยตัวหนึ่งใช้ควบคุมการปิด-เปิดข้าวชนิดหนึ่ง ส่วนอีกตัวหนึ่งใช้ควบคุมการปิด-เปิดข้าวอีกชนิดหนึ่ง แยกกัน โดยวงจรมันจะใช้สัญญาณควบคุมจาก MCS-51 ในการควบคุมการทำงาน ซึ่งถ้าเกิดผู้ซื้อเลือกชนิดข้าวตามต้องการแล้ว จากนั้นถ้าผู้ซื้อกดตกลงที่จะซื้อข้าว MCS-51 ก็จะส่งสัญญาณควบคุมไปยังวงจรควบคุมโซลินอยด์เพื่อให้วงจรไปควบคุมให้โซลินอยด์ปิด-เปิดการจ่ายข้าว โดยวงจรควบคุมโซลินอยด์แสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 วงจรควบคุมโซลีนอยด์

### 3.4 การออกแบบการซั้งข้าวและการติดตั้งไหลตเซลล์

ในการออกแบบการซั้งข้าวและการติดตั้งไหลตเซลล์นั้น จะออกแบบและติดตั้งไหลตเซลล์ไว้ทางช่องรับข้าวในด้านหลังของเครื่อง ซึ่งไหลตเซลล์จะถูกติดตั้งไว้ใต้ช่องรับข้าวโดยทำการยึดติดกับแท่นรับน้ำหนัก เพื่อทำการซั้งน้ำหนักของข้าวแล้วส่งค่าน้ำหนักที่ได้นำไปประมวลร่วมกับ MCS-51 ต่อไป ดังแสดงดังรูปที่ 3.4



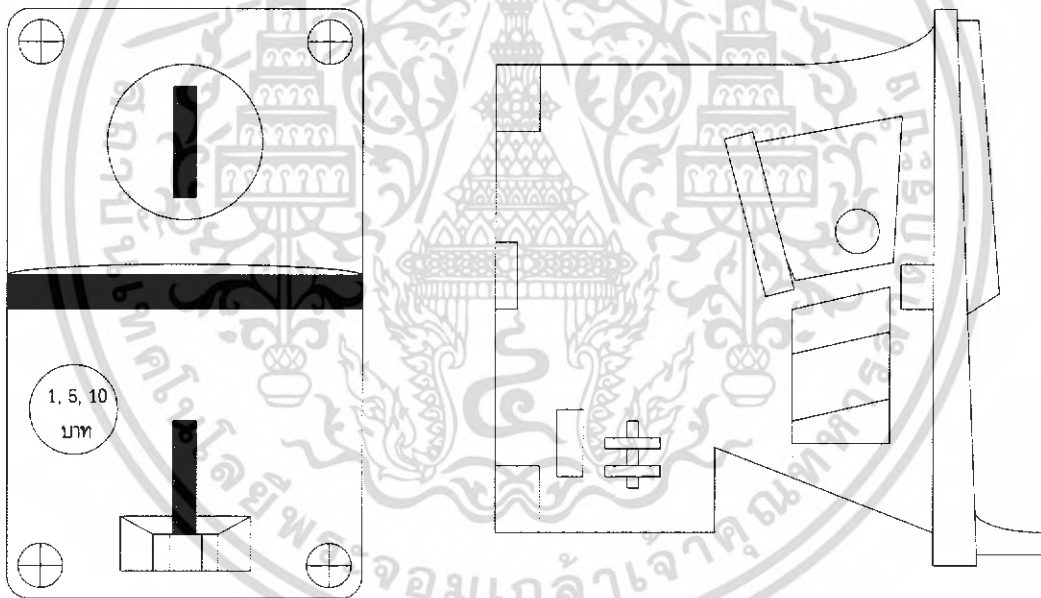
รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะการซั้งข้าวและการติดตั้งไหลตเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5 การออกแบบการติดตั้งเครื่องหยุดเหรียญ ชุดกวาดเหรียญและวงจรวางคুম

#### 3.5.1 หลักการทำงานของเครื่องหยุดเหรียญ

หลักการทำงานของเครื่องหยุดเหรียญชนิดนี้ คือ เมื่อทำการตั้งค่าของเหรียญโดยการกำหนดประเภทของเหรียญที่ต้องการไว้ จากนั้นเมื่อมีการหยุดเหรียญเครื่องหยุดเหรียญก็จะทำการตรวจสอบว่าเป็นเหรียญที่มีขนาดและประเภทเดียวกับเหรียญที่ระบุไว้หรือไม่ หากไม่ใช่เครื่องหยุดเหรียญก็จะทำการคืนเหรียญโดยอัตโนมัติ แต่ถ้าหากเหรียญที่หยุดเข้าไปเป็นเหรียญที่ถูกต้อง เครื่องหยุดเหรียญจะส่งรีเลย์เปลี่ยนหน้าสัมผัสเปิดช่องให้เหรียญไหลลงไปในกล่องเก็บเหรียญต่อไป ขณะเดียวกันก็จะทำการส่งสัญญาณพัลส์ที่มีความถี่ที่สามารถปรับเลือกได้ 3 ระดับ คือ 25 มิลลิวินาที 45 มิลลิวินาที 65 มิลลิวินาที แต่เพื่อความเหมาะสมกับชุดควบคุมที่ใช้ MCS-51 จะใช้ความถี่ที่ 50 มิลลิวินาที ซึ่งมีลักษณะของเครื่องหยุดเหรียญเป็นดังรูปที่ 3.5



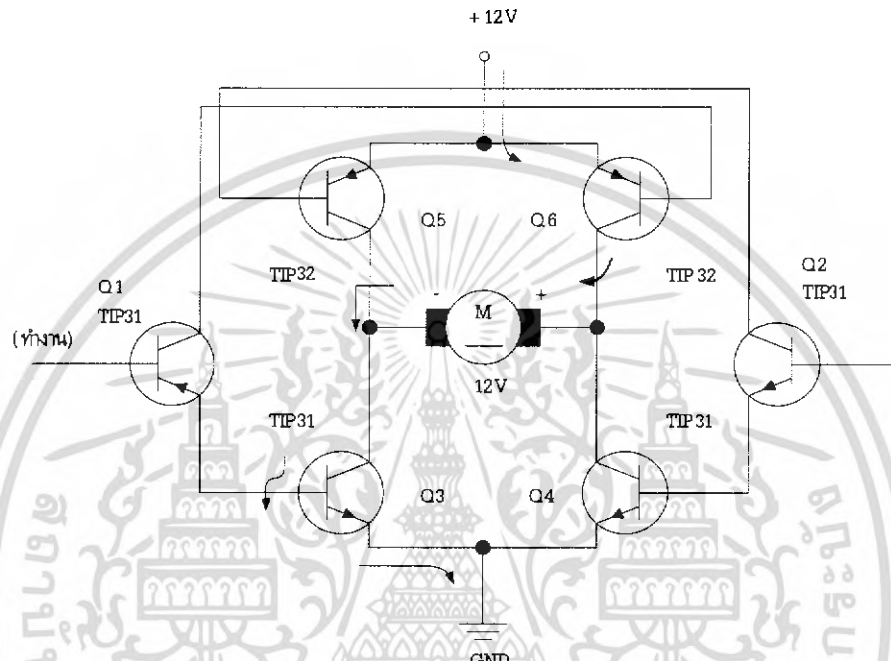
รูปที่ 3.5 ลักษณะของเครื่องหยุดเหรียญ

#### 3.5.2 วงจรวางคুমอเตอร์สำหรับชุดกวาดเหรียญ

เป็นวงจรที่ใช้ในการควบคุมมอเตอร์เพื่อทำการกวาดเหรียญให้หมุนเพื่อปล่อยเหรียญลงช่องคืนเหรียญหรือกวาดเหรียญลงสู่กล่องเก็บเหรียญโดยจะมีการทำงาน คือเมื่อได้ทำการหยุดเหรียญไปแล้วถ้าเกิดผู้ซื้อตัดสินใจซื้อแล้วทำการกดปุ่มตกลงชุดกวาดเหรียญก็จะกวาดเหรียญลงสู่กล่องเก็บเหรียญในทิศทางวนเข็มนาฬิกาพร้อมกับสั่งให้วงจรวางคুমอเตอร์ชุดหมุนถาดดวงข้าวสารทำงาน แต่ถ้าเกิดผู้ซื้อไม่ประสงค์ที่จะ

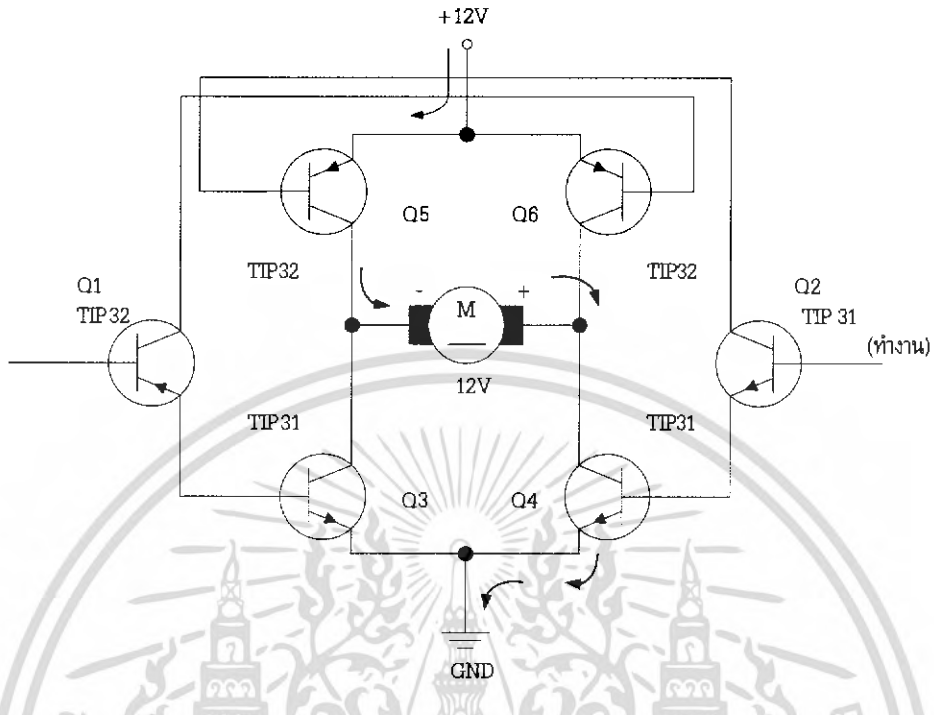
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซ็อกก็ต้องการการกดปุ่มยกเลิก เป็นผลทำให้ชุดกวางดเหรีญหมุนทิศทางตามเข็มนาฬิกา เพื่อทำการกวางดเหรีญลงสู่ช่องคีนเหรีญ โดยวงจรควบคุมมอเตอร์สำหรับชุดคีนเหรีญแสดงดังรูป 3.6, 3.7 ลักษณะของตัวเหรีญกับการทำงานของชุดกวางดเหรีญจะเป็นดังรูป 3.8 และ 3.9

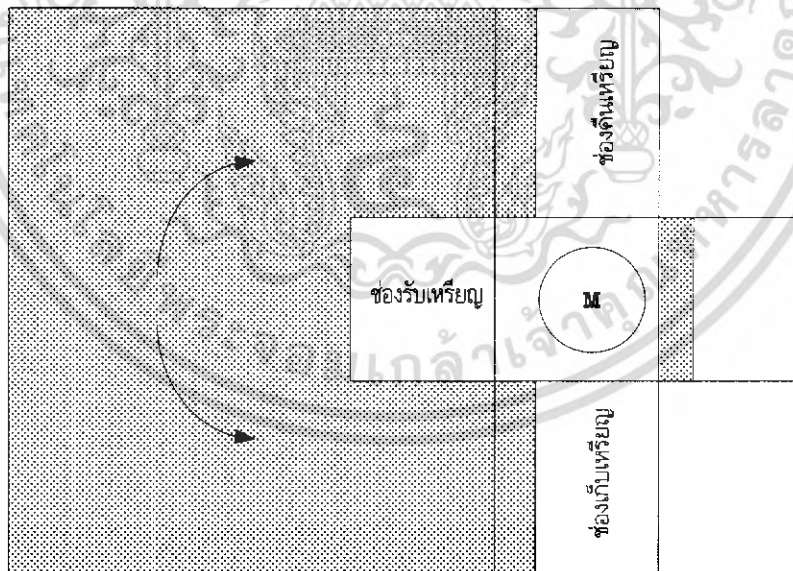


รูปที่ 3.6 วงจรควบคุมมอเตอร์ชุดกวางดเหรีญขณะหมุนตามเข็มนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

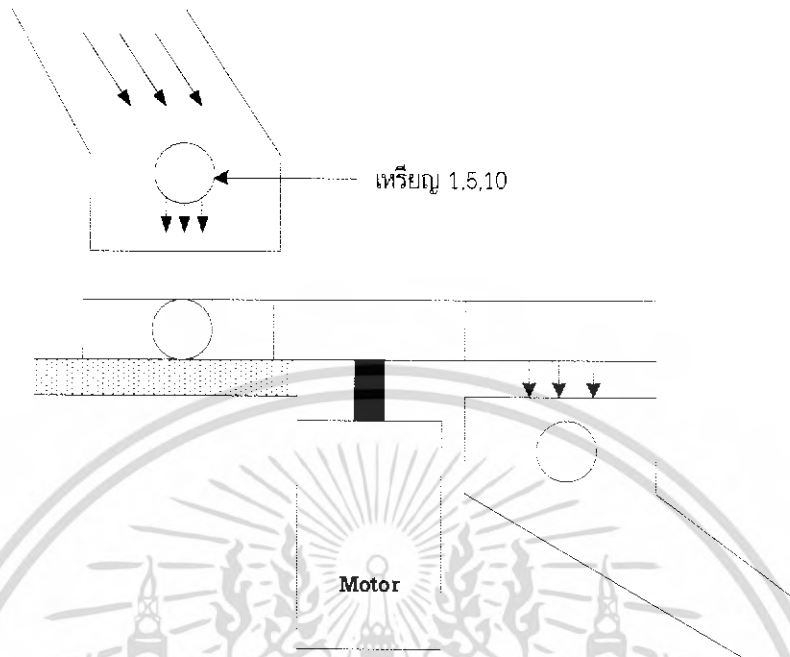


รูปที่ 3.7 วงจรควบคุมมอเตอร์ชุดกวาดเหริยญขณะหมุนทวนเข็มนาฬิกา



รูปที่ 3.8 ลักษณะการทำงานของชุดกวาดเหริยญด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 ลักษณะการทำงานของชุดกวาดเหรียญด้านข้าง

### 3.5.3 การติดตั้งเครื่องหยอดเหรียญและชุดกวาดเหรียญ

การออกแบบการติดตั้งเครื่องหยอดเหรียญและชุดกวาดเหรียญแสดงดังรูปที่ 3.10

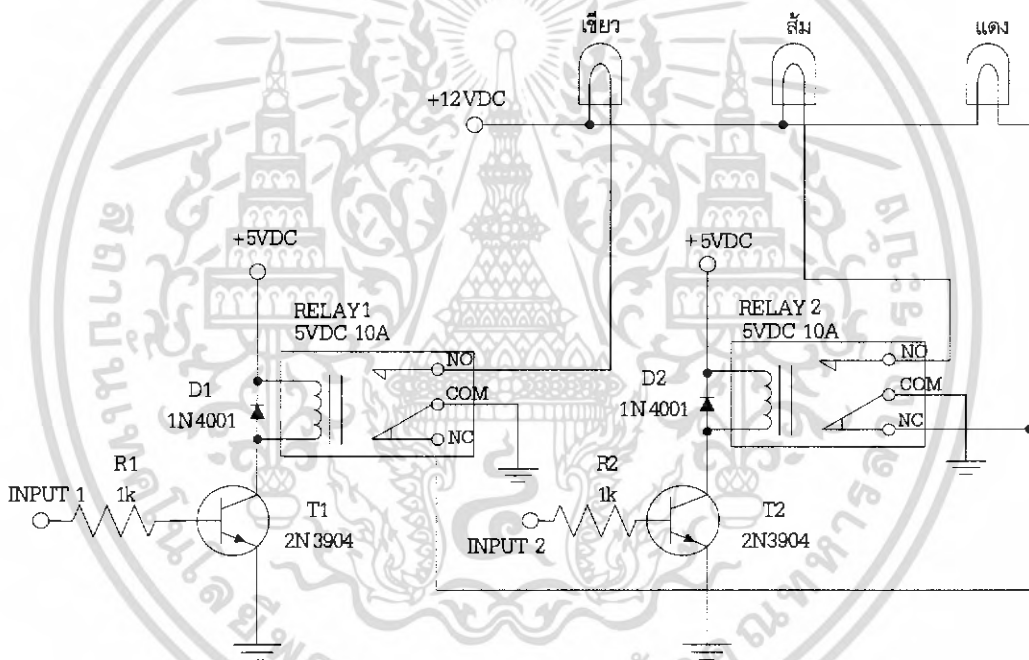


รูปที่ 3.10 การติดตั้งเครื่องหยอดเหรียญและชุดกวาดเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6 วงจรควบคุมเซนเซอร์สำหรับตรวจสอบปริมาณข้าว

เป็นวงจรที่ใช้สำหรับควบคุมตัวเซนเซอร์ชนิดอินฟาเรดในการตรวจสอบข้าวว่าพอจำหน่ายหรือไม่ โดยจะติดตั้งไว้กับถังบรรจุข้าว ซึ่งเมื่อข้าวอยู่ต่ำกว่าระดับที่ตัวเซนเซอร์ติดตั้งไว้ เซนเซอร์จะส่งสัญญาณมาให้ วงจรควบคุมเซนเซอร์ทำงาน ซึ่งวงจรควบคุมนั้นจะต่อร่วมกับหลอดแสดงผลแสดงว่าข้าวพอจำหน่ายหรือไม่ โดยในสภาวะปกติคือยังไม่เติมข้าวลงในถัง เซนเซอร์จะยังไม่ส่งสัญญาณมาให้วงจรควบคุมหลอดไฟสีแดงจะแสดงผลซึ่งแสดงว่าข้าวไม่พอจำหน่าย แต่ถ้าเมื่อเติมข้าวลงไปในระดับที่อยู่เหนือตัวเซนเซอร์ เซนเซอร์จะส่งสัญญาณมาให้วงจรควบคุม วงจรควบคุมก็จะส่งสัญญาณไปควบคุมให้หลอดไฟแสดงว่าข้าวพอจำหน่ายสว่าง ทั้งสีเขียว และสีส้ม โดยวงจรควบคุมเซนเซอร์แสดงดังรูปที่ 3.11

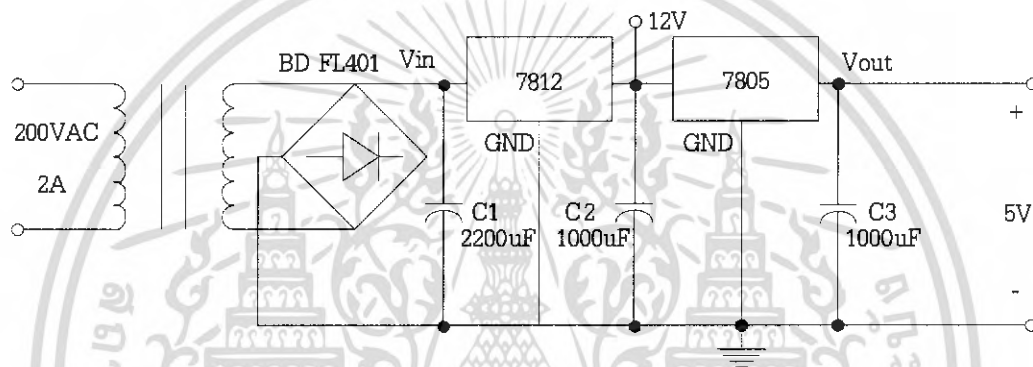


รูปที่ 3.11 วงจรควบคุมเซนเซอร์สำหรับตรวจสอบปริมาณข้าว

### 3.7 วงจรแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง

#### 3.7.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง 12 โวลต์และ 5 โวลต์

วงจรแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง 12 โวลต์และ 5 โวลต์ เป็นแหล่งจ่ายไฟสำหรับชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ ชุดวงจรควบคุมมอเตอร์ ชุดวงจรควบคุมโซลินอยด์ โดยการสร้างแหล่งจ่ายไฟจะจ่ายกระแสได้สูงสุดประมาณ 1 แอมแปร์ โดยใช้ไอซีเบอร์ 7812 และเบอร์ 7805 เป็นตัวจำกัดแรงดันให้คงที่จากหม้อแปลงไฟฟ้า 12 โวลต์ให้เหลือระดับแรงดัน 12 โวลต์และ 5 โวลต์ซึ่งวงจรแสดงดังรูป 3.12

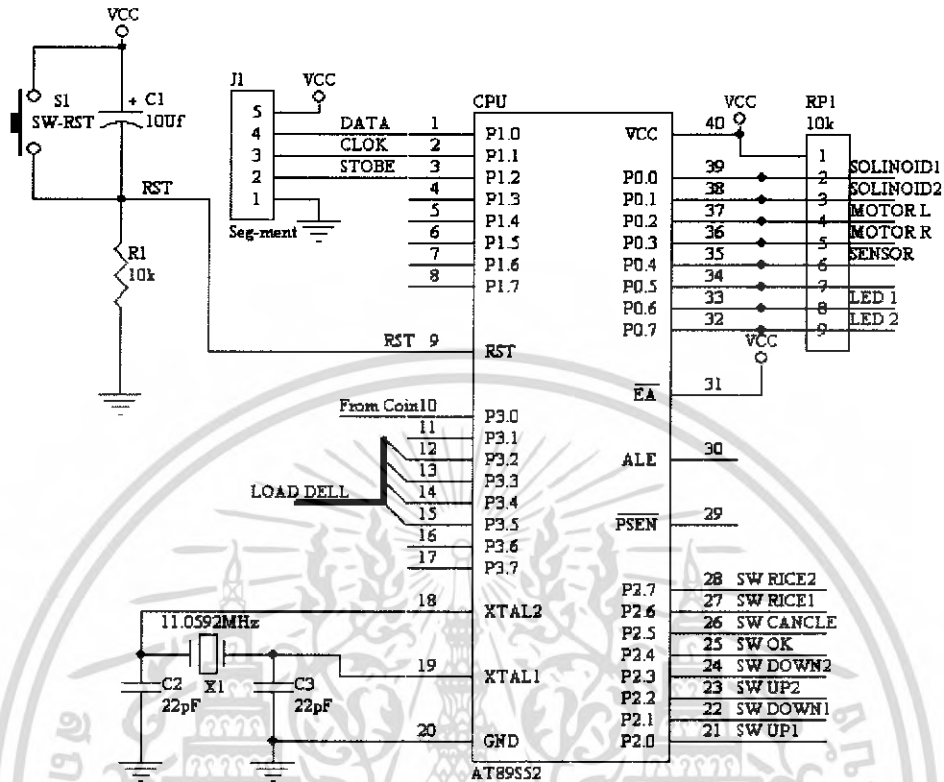


รูปที่ 3.12 วงจรแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง 12 โวลต์และ 5 โวลต์

### 3.8 การออกแบบวงจรชุดไมโครคอนโทรลเลอร์และวงจรควบคุมโหลดเซลล์

#### 3.8.1 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

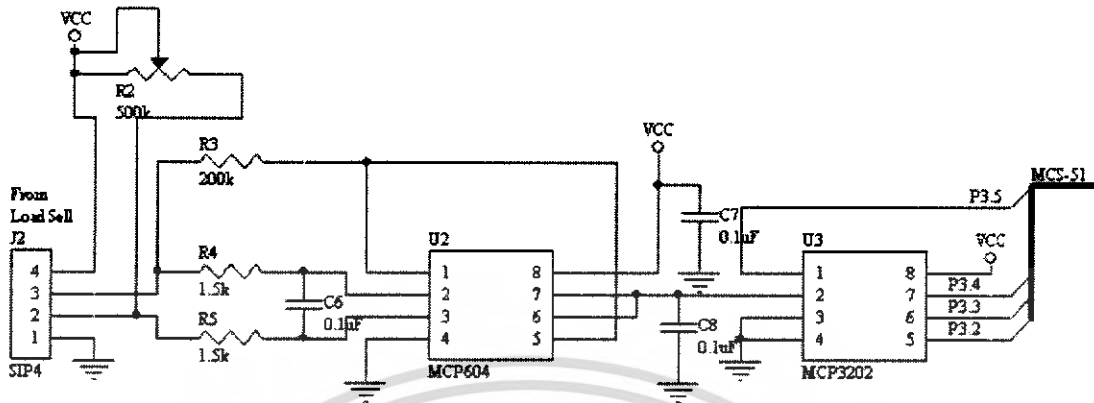
ในชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นจะใช้เบอร์ไอซีเบอร์ AT89S52 เป็นตัวประมวลผลหลักซึ่งวงจรชุดนี้จะเป็นวงจรควบคุมหลักของเครื่องจำหน่ายข้าวอัตโนมัติ โดยจะต่อร่วมกับชุดวงจรต่างๆ คือวงจรควบคุมโซลินอยด์ วงจรควบคุมมอเตอร์ วงจรแสดงผล รวมทั้งสวิตช์ต่างๆ คือ สวิตช์ตั้งราคาข้าว สวิตช์เลือกชนิดข้าว สวิตช์ปุ่มตกลง สวิตช์ปุ่มยกเลิก รวมทั้งเครื่องหยอดเหรียญและโหลดเซลล์ด้วย ซึ่งวงจรจะรับค่าจากเครื่องหยอดเหรียญ สวิตช์ปุ่มกดต่างๆ โหลดเซลล์มาประมวลผลและส่งสัญญาณออกไปควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ คือ โซลินอยด์ มอเตอร์ชุดกวาดเหรียญ และจอแสดงผล โดยวงจรของชุดไมโครคอนโทรลเลอร์แสดงดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

### 3.8.2 วงจรควบคุมไหลตเซลล์

ในการออกแบบในส่วนของวงจรควบคุมไหลตเซลล์นั้นจะรับสัญญาณมาจากไหลตเซลล์มาเข้าไอซีขยายสัญญาณซึ่งใช้ไอซีเบอร์ MCP604 มาทำการขยายสัญญาณให้ได้ระดับเดียวกับชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นจะส่งสัญญาณไปให้กับไอซีเบอร์ MCP3202 ซึ่งเป็นไอซีแปลงสัญญาณแอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลขนาด 12 บิต มาทำการแปลงสัญญาณจากนั้นก็ส่งสัญญาณไปให้กับวงจรชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผลต่อไปโดยวงจรแสดงดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 วงจรควบคุมโหนดเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การทดลองและผลการทดลอง

#### 4.1 กล่าวนำ

เนื้อหาภายในบทนี้จะกล่าวถึง การทดลองและผลการทดลองของวงจรในโครงงานเครื่องจำหน่ายข่าวสารซึ่งประกอบด้วยวงจรแสดงผล วงจรควบคุมมอเตอร์ชุดเครื่องคิดเลข และวงจรขับโซลินอยด์ วงจรควบคุมเซนเซอร์สำหรับตรวจสอบเข้าว่าพวงจำหน่ายหรือไม่ ซึ่งมีรายละเอียดของผลการทดลองดังนี้

#### 4.2 การต่อเครื่องหยุดเหรียญร่วมกับวงจรแสดงผล

ทำการต่อเครื่องหยุดเหรียญ ร่วมกับชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อทำการหยุดเหรียญใส่ในเครื่องหยุดเหรียญ เครื่องจะทำการตรวจสอบขนาดและประเภทของเหรียญหากไม่ถูกต้องจะทำการคืนเหรียญ แต่ถ้าถูกต้องเครื่องหยุดเหรียญจะทำการส่งสัญญาณพัลส์ลบออกมายังชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อประมวลผลและแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนแบบแคโทดร่วม 4 หลัก โดยในผลการทดลองได้ทำการสุ่มการหยุดเหรียญ ซึ่งสามารถหยุดได้ต่ำสุด 1 บาทจนถึง 99 บาท ดังแสดงการทดลองดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการต่อเครื่องหยุดเหรียญร่วมกับวงจรแสดงผล

ประเภท / จำนวน (เหรียญ)			การแสดงผลค่าออกทางจอแสดงผล (หลัก)				หมายเหตุ
10 บาท	5 บาท	1 บาท	ลิป	หน่วย	ทศนิยม	ทศนิยม	
0	0	0	0	0	0	0	
0	0	1	0	1	0	0	
0	1	0	0	5	0	0	
1	0	0	1	0	1	0	
0	1	1	0	6	0	0	
1	1	1	1	6	0	0	
1	1	2	1	7	0	0	
2	3	3	3	3	0	0	
5	5	5	8	0	0	0	
8	1	2	8	7	0	0	

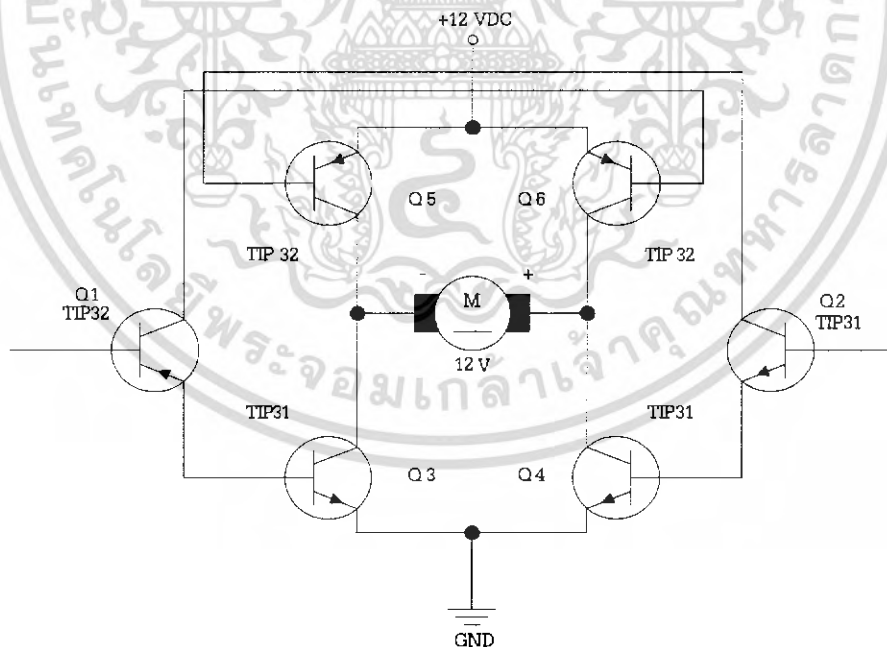
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ผลการทดลองการต่อเครื่องหยอดเหรียญร่วมกับวงจรแสดงผล

ประเภท / จำนวน (เหรียญ)			การแสดงผลค่าออกทางจอแสดงผล (หลัก)				หมายเหตุ
10 บาท	5 บาท	1 บาท	พัน	ร้อย	สิบ	หน่วย	
9	1	4	9	9	0	0	คืนเหรียญ

### 4.3 วงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงของชุดกวดเหรียญ

จากชุดทดลองที่ได้ทำการออกแบบไว้สำหรับขับชุดควบคุมมอเตอร์ของชุดกวดเหรียญเมื่อทำการจ่ายกระแสไปอัสให้กับขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q1 ทำให้ขาทรานซิสเตอร์ Q3 และ Q6 นำกระแสทำให้แรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ไหลผ่านทรานซิสเตอร์ Q6 ไปยังด้านบวกของมอเตอร์และผ่าน Q3 ไปยังกราด์ส่งผลให้มอเตอร์หมุนไปทิศทางตามเข็มนาฬิกาและเมื่อทำการกระแสไปอัสให้กับขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q2 ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q4 และ Q5 นำกระแสส่งผลให้แรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ไหลผ่านทรานซิสเตอร์ Q5 ไปยังด้านลบของมอเตอร์และผ่านทรานซิสเตอร์ Q4 ไปยังกราด์ส่งผลให้ส่งผลให้มอเตอร์หมุนไปในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาตามรูปที่ 4.1 ซึ่งสามารถสรุปผลการทดลองได้ตามตารางที่ 4.2



รูปที่ 4.1 วงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชุดกวดเหรียญ

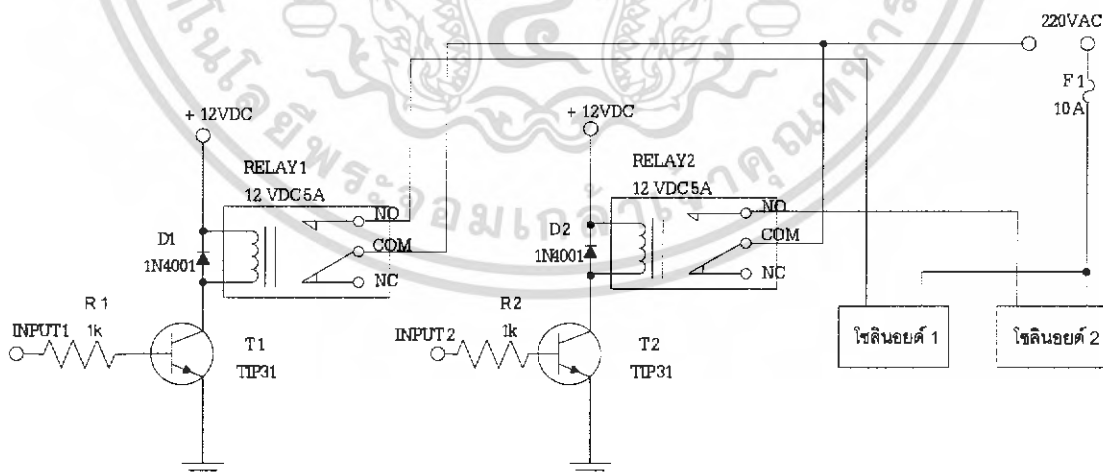
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการทำงานของวงจรควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชุดกวาดเหรียญ

อินพุต		สภาวะการทำงานของทรานซิสเตอร์						ทิศทางการหมุน
อินพุต 1	อินพุต 2	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	ของมอเตอร์
0	0	-	-	-	-	-	-	ไม่หมุน
0	1	-	ทำงาน	-	ทำงาน	ทำงาน	-	ตามเข็มนาฬิกา
1	0	ทำงาน	-	ทำงาน	-	-	ทำงาน	ทวนเข็มนาฬิกา
1	1	-	-	-	-	-	-	ไม่หมุน

#### 4.4 วงจรควบคุมโซลินอยด์

จากการออกแบบวงจรควบคุมโซลินอยด์เพื่อใช้สำหรับควบคุมการปิด-เปิดขั้ว ได้ทำการทดลองวงจรโดยต่อวงจรตามรูปที่ 4.2 ซึ่งลักษณะของวงจรคือ จะใช้ไฟเลี้ยงสำหรับจ่ายให้คอปูล์รีเลย์ 12 VDC สำหรับโซลินอยด์ที่ใช้จะใช้โซลินอยด์ขนาด 220 VAC ส่วนสัญญาณที่ใช้ควบคุมการทำงานของโซลินอยด์นั้นจะใช้สัญญาณจากตัว MCS-51 โดยลักษณะการทำงานของวงจรคือ ในสภาวะปกติเมื่อยังไม่มีสัญญาณควบคุมมาจ่ายให้กับวงจรหน้าสัมผัสของรีเลย์จะอยู่ในสภาวะปกติปิด โซลินอยด์จะอยู่ในสภาวะไม่ทำงาน แต่เมื่อ MCS-51 ส่งสัญญาณควบคุมมาให้กับวงจร รีเลย์ก็จะเปลี่ยนหน้าสัมผัสเป็นแบบปกติเปิด ซึ่งมีผลทำให้โซลินอยด์ทำงาน โดยผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.3



รูปที่ 4.2 วงจรควบคุมโซลินอยด์

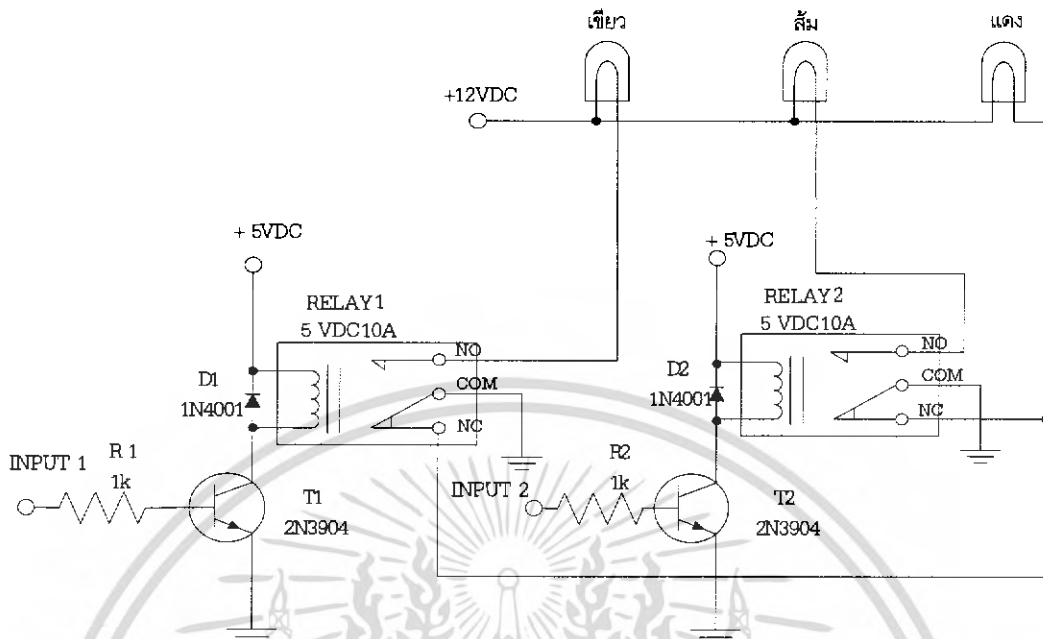
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.3** ผลการทำงานของวงจรควบคุมโซลินอยด์

อินพุต		สภาวะการทำงานของรีเลย์		ทิศทางการเคลื่อนที่	
อินพุต 1	อินพุต 2	RELAY 1	RELAY 2	โซลินอยด์1	โซลินอยด์2
0	0	ปกติปิด	ปกติปิด	ปกติ	ปกติ
0	1	ปกติปิด	ปกติเปิด	ปกติ	เลื่อนเข้า
1	0	ปกติเปิด	ปกติปิด	เลื่อนเข้า	ปกติ
1	1	ปกติเปิด	ปกติเปิด	เลื่อนเข้า	เลื่อนเข้า

#### 4.5 วงจรควบคุมเซนเซอร์สำหรับตรวจสอบปริมาณข้าว

วงจรนี้ได้ทำการออกแบบไว้สำหรับรับสัญญาณจากเซนเซอร์ชนิดอินฟาเรด และส่งสัญญาณเอาต์พุตไปควบคุมหลอดไฟให้แสดงผล โดยรูปวงจรแสดงดังรูปที่ 4.3 ซึ่งลักษณะการทำงานของวงจรคือ เมื่อยังไม่มีใส่ข้าวลงไปในถังหรือกรณีข้าวหมด ตัวเซนเซอร์จะยังไม่ส่งสัญญาณมาให้วงจรควบคุมซึ่งทำให้หน้าสัมผัสของรีเลย์อยู่ในสภาวะปกติปิดอยู่ ไฟแสดงผลสีแดงจะติดสว่าง แต่ถ้าเติมข้าวลงไปเหนือระดับที่ตัวเซนเซอร์ติดตั้ง ตัวเซนเซอร์จะส่งสัญญาณออกมาให้วงจรควบคุมโดยระดับของสัญญาณอยู่ที่ระดับประมาณ 4.3 โวลต์ ซึ่งเมื่อรับสัญญาณมาแล้ว จะทำให้รีเลย์เปลี่ยนหน้าสัมผัสเป็นแบบปกติเปิดทำให้หลอดไฟแสดงผลสีเขียวหรือสีส้มสว่าง โดยผลการทดลองดังแสดงตารางที่ 4.4



รูปที่ 4.3 วงจรควบคุมเซนเซอร์สำหรับตรวจสอบปริมาณข้าว

ตารางที่ 4.4 ผลการทำงานของวงจรถวลเซนเซอร์สำหรับตรวจสอบปริมาณข้าว

อินพุต		สภาวะการทำงานของรีเลย์		หลอดไฟแสดงผล		
อินพุต 1	อินพุต 2	RELAY 1	RELAY 2	สีเขียว	สีส้ม	สีแดง
ข้าวหมด	ข้าวหมด	ปกติปิด	ปกติปิด	ดับ	ดับ	ติด
ข้าวพอจำหน่าย	ข้าวหมด	ปกติปิด	ปกติเปิด	ติด	ดับ	ติด
ข้าวหมด	ข้าวพอจำหน่าย	ปกติเปิด	ปกติปิด	ดับ	ติด	ติด
ข้าวพอจำหน่าย	ข้าวพอจำหน่าย	ปกติเปิด	ปกติเปิด	ติด	ติด	ดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### บทสรุป

#### 5.1 สรุป

เครื่องจำหน่ายข่าวสารอัตโนมัติประกอบด้วยชุดควบคุม 6 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นวงจรหลักควบคุมการทำงาน ส่วนวงจรที่ใช้ควบคุมมอเตอร์ ส่วนวงจรควบคุมโซลินอยด์ ส่วนวงจรควบคุมเซนเซอร์ ส่วนโครงสร้างของเครื่องจำหน่ายข่าวสาร และส่วนที่เป็นภาคแสดงผล ในโครงงานเครื่องจำหน่ายข่าวสารนี้มีอินพุตเป็นเหรียญที่ได้ตั้งค่าไว้ และมีเอาต์พุตเป็นการเปิด-ปิดโซลินอยด์เพื่อนำไปใช้ในชุดควบคุมการจ่ายข่าวสารเพื่อจำหน่ายข่าวสารซึ่งโครงงานเครื่องขายข่าวสารนี้สามารถที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมต่างๆ ได้จึงเหมาะสมกับนักศึกษาและผู้สนใจทั่วไป

#### 5.2 แนวทางและการแก้ไข

จากการดำเนินการสร้างและทำการทดสอบโครงงานพบว่าปัญหาเกิดขึ้นหลายประการซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. ปัญหาเนื่องจากการตรวจเช็คข่าวสารว่ามีจำนวนพอจำหน่ายหรือไม่ ซึ่งได้ใช้ลิมิตสวิตช์ในการตรวจเช็ค ผลคือเกิดการผิดพลาดในการตรวจเช็คจำนวนข่าวสาร

**วิธีการแก้ไข** ได้ปรึกษาผู้รู้ซึ่งได้แนะนำว่าควรใช้เซนเซอร์อินฟาเรดในการตรวจเช็คข่าวสาร แทนลิมิตสวิตช์และสามารถแก้ปัญหาการตรวจเช็คข่าวสารได้เป็นผลดี

2. ปัญหาเนื่องจากตัวเปิด-ปิดช่องจ่ายข่าวสาร ซึ่งในขั้นแรกได้ใช้โซลินอยด์ขนาดแรงดัน 24 VDC ในการเปิด-ปิดข่าว แต่ไม่สามารถรับแรงดันการเปิด-ปิดข่าวสารได้

**วิธีการแก้ไข** ได้ทำการจัดหาโซลินอยด์ที่สามารถรับแรงดันได้มาแทนซึ่งได้ใช้ขนาดแรงดันไฟฟ้า 220 VAC ทำให้สามารถรับแรงดันข่าวสารได้

3. ปัญหาการทำงานของโพลด์เซลล์ไม่มีเสถียรภาพเมื่อทำการทดลองไปไ้ระยะเวลาหนึ่งจะพบว่าเกิดการคลาดเคลื่อนในการชั่งข่าวเนื่องจากติดตั้งบริเวณด้านหน้าช่องรับข่าว

**วิธีการแก้ไข** ติดตั้งตัวเซนเซอร์แบบแม่เหล็กที่บริเวณประตูเปิด-ปิดช่องรับข่าวสารซึ่งถ้าไม่ปิดประตูจะไม่มีกรจ่ายข่าวออกมา

4. ปัญหาในการกวาดเหรียญของมอเตอร์เกิดปัญหาเนื่องจากตัวมอเตอร์นั้นไม่สามารถควบคุมตำแหน่งของตัวมอเตอร์ให้หยุดตามตำแหน่งได้ ซึ่งทำให้การกวาดเหรียญลงกล่องรับเหรียญและลงช่องคืนเหรียญเกิดความคลาดเคลื่อน

**วิธีการแก้ไข** ทดลองใช้เซนเซอร์ชนิดหรือสวิตช์ติดตั้งกับชุดกวาดเหรียญทำให้สามารถควบคุมตำแหน่งของมอเตอร์ได้ ซึ่งทำให้การแก้ไขปัญหาการคลาดเคลื่อนในการเก็บเหรียญและรับเหรียญได้

### 5.3 แนวทางการพัฒนา

1. เครื่องจำหน่ายข้าวสารอัตโนมัตินี้ออกแบบให้จำหน่ายข้าวได้เพียง 2 ชนิดจึงควรพัฒนาให้สามารถจำหน่ายข้าวสารได้หลายประเภทหรือจำหน่ายผลิตภัณฑ์แบบอื่นๆ ได้
2. เครื่องจำหน่ายข้าวสารนี้ได้ออกแบบการติดตั้งโหลดเซลล์ไม่เหมาะสมซึ่งทำให้เกิดความผิดพลาดในการชั่งข้าวสารได้ โดยเฉพาะในเรื่องความไม่ปลอดภัย ซึ่งสามารถออกแบบติดตั้งภายในตัวเครื่องได้เพื่อเพิ่มความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น
3. ชุดถังเก็บข้าวมีขนาดเล็ก ซึ่งสามารถทำการขยายขนาดของถังเก็บข้าวมีขนาดใหญ่ได้
4. ในการควบคุมตำแหน่งของตัวมอเตอร์ยังไม่มีความแม่นยำเท่าที่ควร จึงควรเปลี่ยนวิธีการควบคุมมอเตอร์ โดยอาจใช้วิธีเขียนการเขียนโปรแกรมควบคุม แล้วอาจเปลี่ยนมอเตอร์มาเป็นชนิดสเต็ปมอเตอร์แทน
5. สวิตช์กดต่างๆ หรือว่าหลอดไฟแสดงผลยังไม่เป็นมาตรฐานกับเครื่องจำหน่ายต่างๆ ไปด้วยเท่าที่ควร จึงควรพัฒนาให้ได้ตามมาตรฐานตามเครื่องจำหน่ายต่างๆ ไป

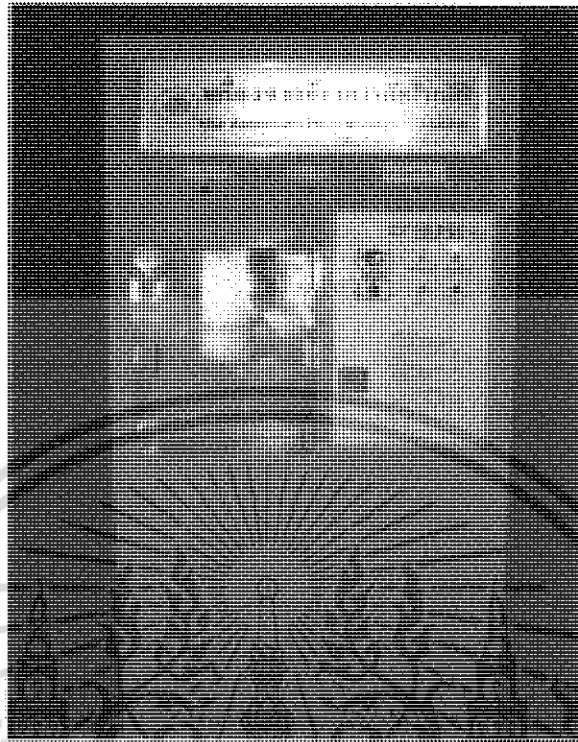
## บรรณานุกรม

- ธีรวัฒน์ ประกอบผล. 2540. **การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์**. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- สัมพันธ์ หาญชล. 2537. **เครื่องกลไฟฟ้า1 เล่ม2**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- สมยศ จุณณะปิยะ. 2546. **การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล mcs-51**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- จักรินทร์ อ๋มย๋ม และคณะ. 2545. "เครื่องจำหน่ายข้าวสารอัตโนมัติ." ปรินูญานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

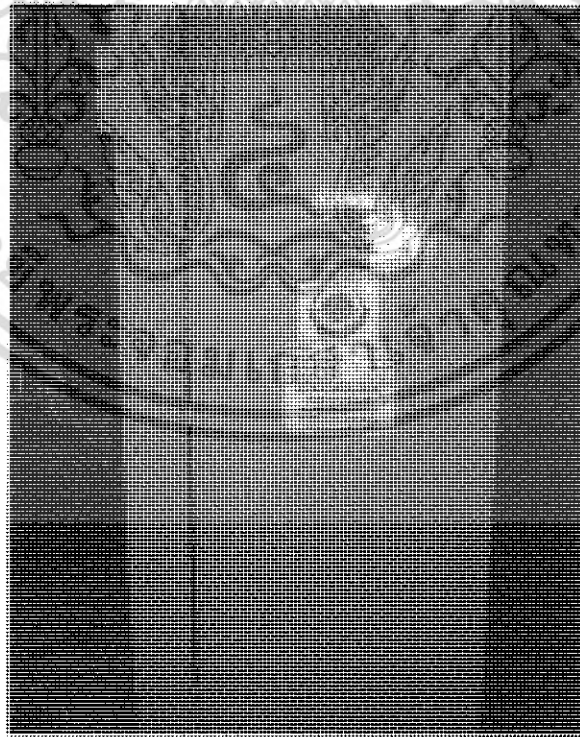
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

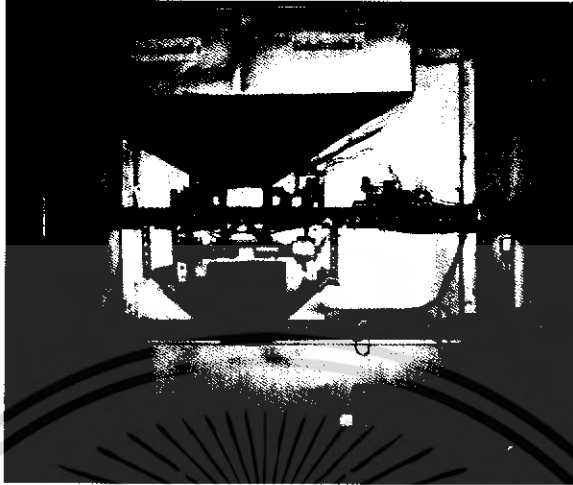


รูปที่ ก.1 ภาพด้านหน้าของเครื่องจำหน่ายข้าวสารอัตโนมัติ

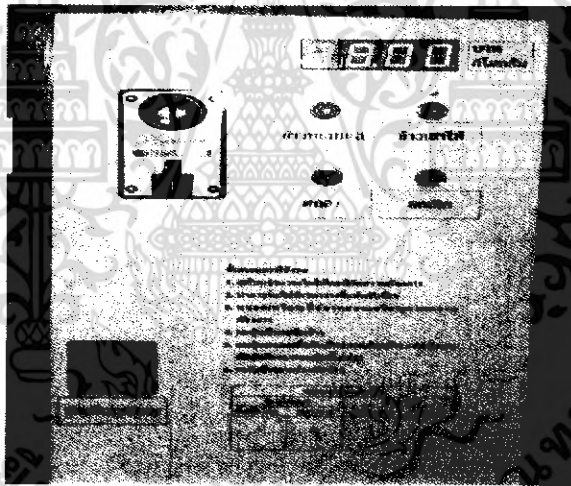


รูปที่ ก.2 ภาพด้านข้างของเครื่องจำหน่ายข้าวสารอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.3 ภาพภายในของเครื่องจำหน่ายข้าวสารอัตโนมัติ

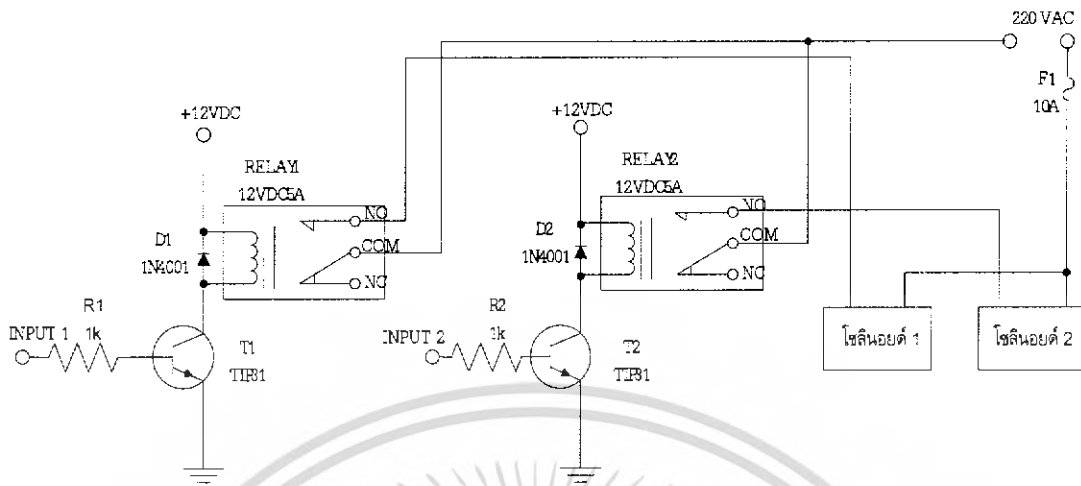


รูปที่ ก.4 แผงหน้าจอบควบคุมและแสดงผล

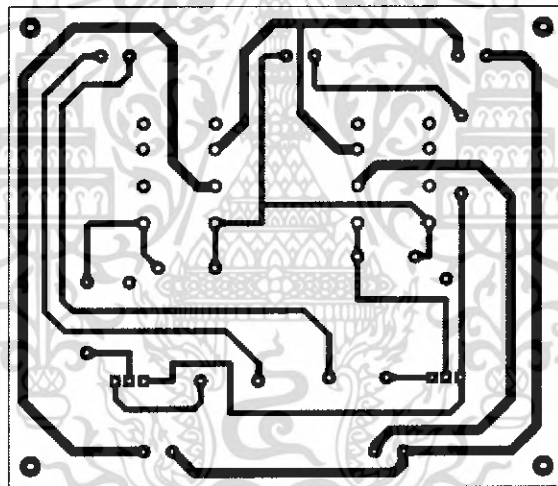
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

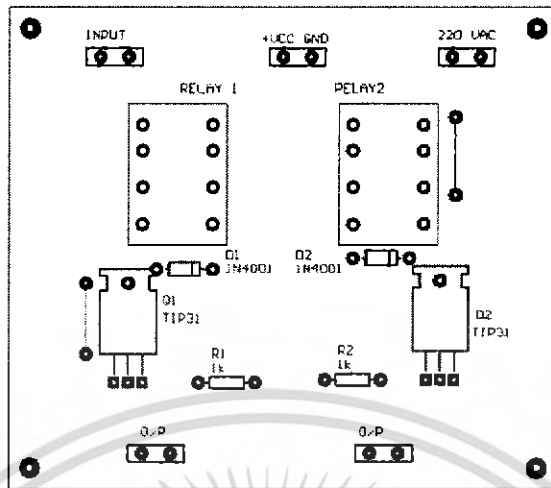


รูปที่ ข.1 วงจรควบคุมโซลินอยด์

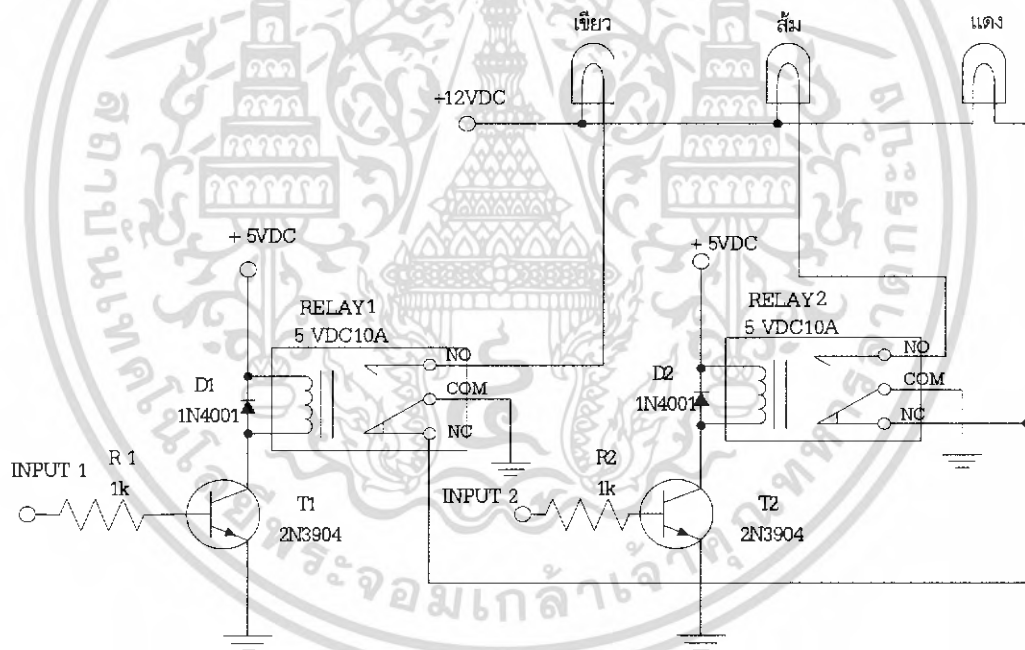


รูปที่ ข.2 แผงวงจรพิมพ์วงจรควบคุมโซลินอยด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

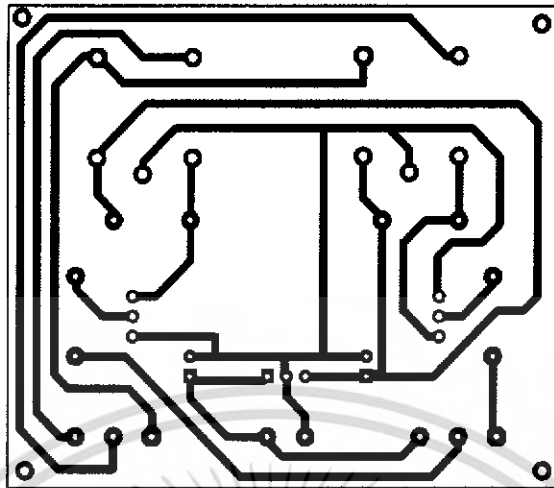


รูปที่ ๓.๓ ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์วงจรควบคุมโซลีนอยด์

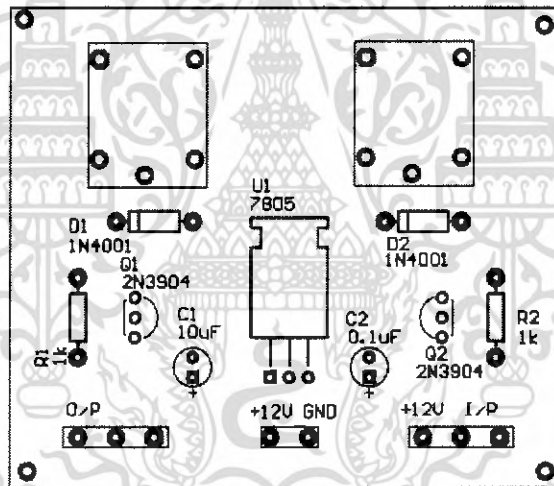


รูปที่ ๓.๔ วงจรควบคุมเซนเซอร์สำหรับตรวจสอบปริมาณข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

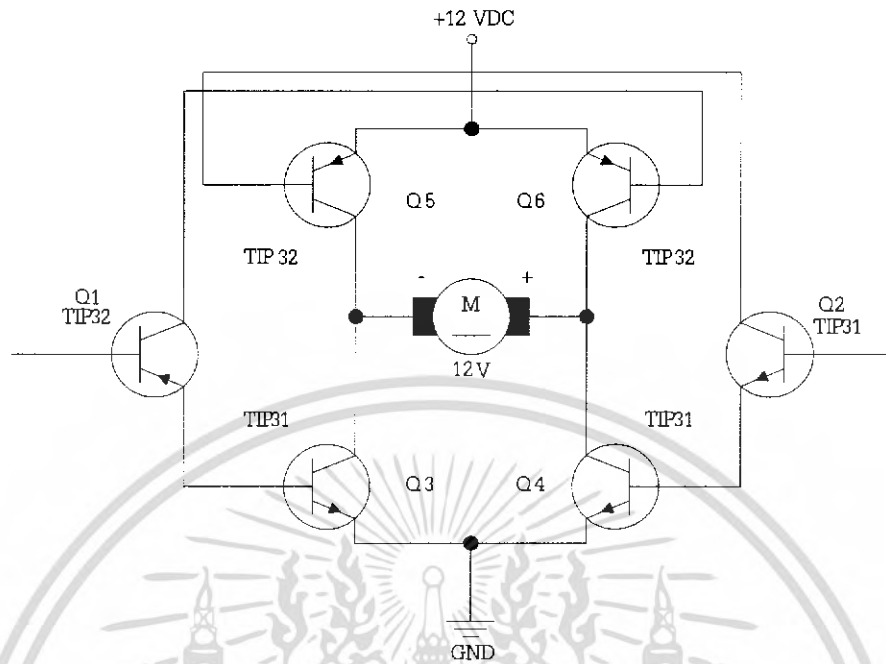


รูปที่ ๑.๕ แผงวงจรพิมพ์วงจรควบคุมเซนเซอร์สำหรับตรวจสอบปริมาณข้าว

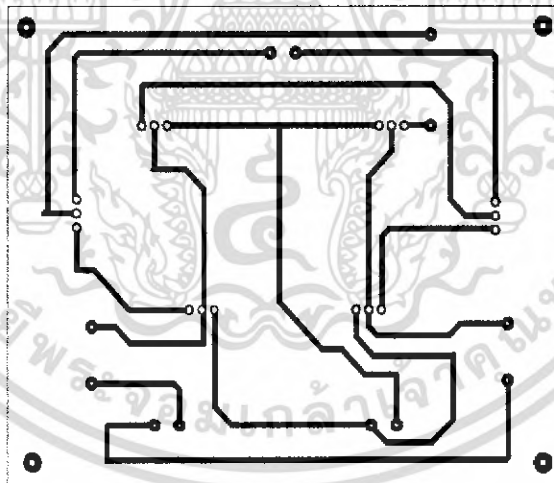


รูปที่ ๑.๖ ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผงวงจรควบคุมเซนเซอร์สำหรับตรวจสอบปริมาณข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

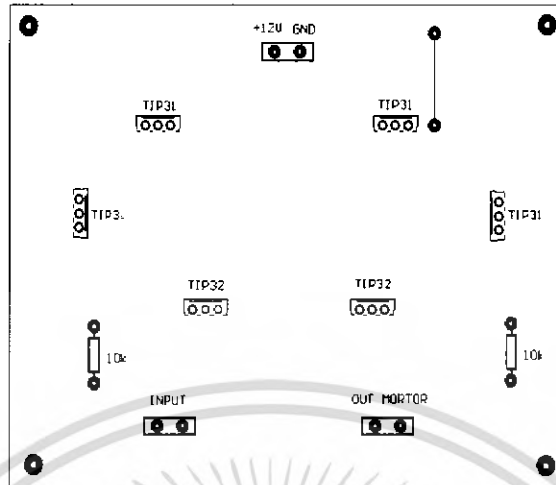


รูปที่ ๗.๗ วงจรควบคุมมอเตอร์ชุดกวดเหรีญ

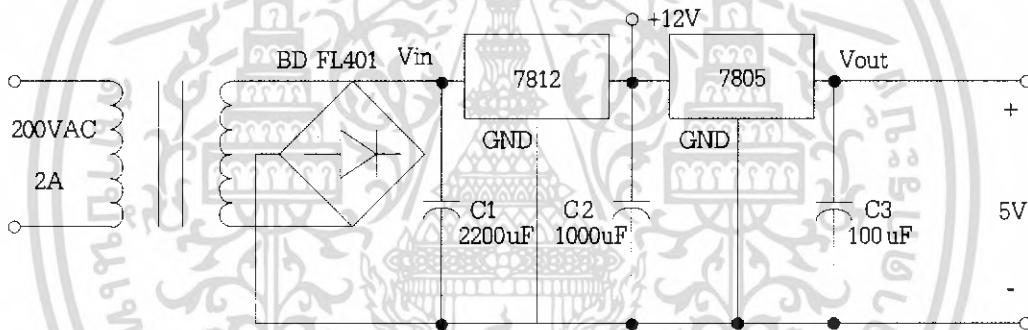


รูปที่ ๗.๘ แผ่นวงจรพิมพ์วงจรควบคุมมอเตอร์ชุดกวดเหรีญ

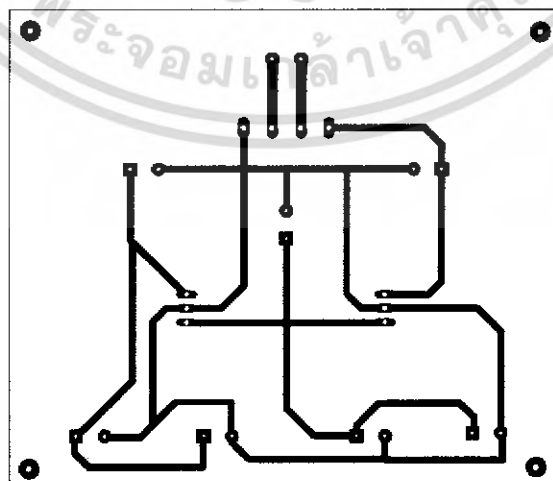
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๙.๙ ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์วงจรควบคุมมอเตอร์ชุดกวาดเหรีญ

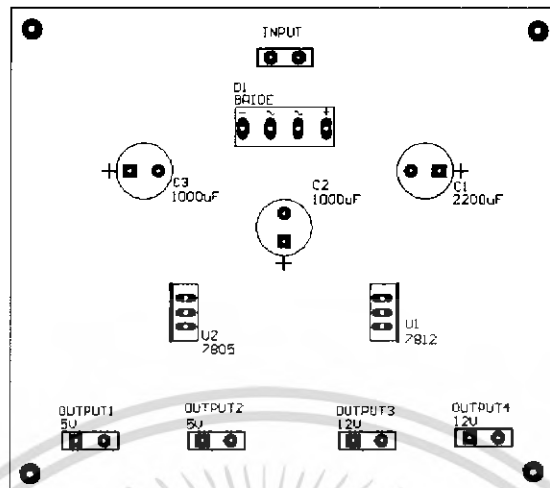


รูปที่ ๙.๑๐ วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง



รูปที่ ๙.๑๑ แผ่นวงจรพิมพ์วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้จัดทำเห็นว่าประโยชน์ด้านการค้าไม่คุ้มค่ากรณใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.12 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค  
รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุม

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
<b>วงจรรวม</b>		
IC1	MCS-51	1 ตัว
IC2	MCP604	1 ตัว
IC3	MCP3202	1 ตัว
IC4, IC5	UA7805C	2 ตัว
<b>อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ</b>		
D1	W04M	1 ตัว
<b>ตัวเก็บประจุ</b>		
C1, C4, C5	10 $\mu$ F 50 V	3 ตัว
C2, C3	22pF เซรามิก	2 ตัว
C6-C8	0.1 $\mu$ F 50 V	3 ตัว
<b>ตัวต้านทาน</b>		
RP1	10k $\Omega$ 9 Pin	1 ตัว
R1	10k $\Omega$ 1/4 Watt	1 ตัว
R2	500k $\Omega$ ชนิดปรับค่าได้	1 ตัว
R3	200k $\Omega$ 1/4 Watt	1 ตัว
R4 ,R5	200k $\Omega$ 1/4 Watt	2 ตัว
<b>อุปกรณ์ตัวอื่นๆ</b>		
SK1	Socket 40 Pin	1 ตัว
SK2, SK3	Socket 8 Pin	2 ตัว
J1	Connector 5 Pin	1 ตัว
J2	Connector 4 Pin	1 ตัว
X1	คริสตัล 11.0592 MHz	1 ตัว
S1	SW-RST	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.2 รายการอุปกรณ์ของวงจรแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
<b>วงจรรวม</b> IC1-IC4	74HCT595	4 ตัว
<b>อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ</b> LED1-LED4	7 Segment สีแดง แด้โตตรงขนาด 1 นิ้ว	4 ตัว
<b>อุปกรณ์อื่นๆ</b> J1 W1	IDE Connector 5 Pin เคเบิลสายแพชนิด 5 เส้น	1 ตัว 1 ชุด

ตารางที่ ค.3 รายการอุปกรณ์ของวงจรแหล่งไฟฟ้้ากระแสตรง

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
<b>วงจรรวม</b> IC1 IC2	UA7805C UA7812C	1 ตัว 1 ตัว
<b>ตัวเก็บประจุ</b> C1, C2, C3	2200uF 35V 1000uF 35V	1 ตัว 2 ตัว
<b>อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ</b> D1	BRIDE F1401	1 ตัว
<b>อุปกรณ์อื่นๆ</b> T1 J1-J2	หม้อแปลง 220 /18, 12, 6 V 3A IDE Connector 2 Pin	1 ตัว 4 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ ค.4** รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมมอเตอร์ชุดกวางดเห็ญ

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
<b>อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ</b>		
Q1-Q4	TIP31	4 ตัว
Q5-Q6	TIP32	2 ตัว
<b>ตัวต้านทาน</b>		
R1, R2	10k $\Omega$ 1 Watt	2 ตัว
<b>อุปกรณ์อื่นๆ</b>		
M1	มอเตอร์เกียร์ 0-12 VDC	1 ตัว
J1, J2, J3	IDE Connector 2 Pin	3 ตัว
S1	เซนเซอร์ชนิดทรานซิสเตอร์	1 ตัว

**ตารางที่ ค.5** รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมชุดขับโซลินอยด์

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
<b>อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ</b>		
D1, D2	IN4001	2 ตัว
Q1, Q2	TIP31	2 ตัว
<b>ตัวต้านทาน</b>		
R1, R2	1k $\Omega$ 1/4 Watt	2 ตัว
<b>อุปกรณ์อื่นๆ</b>		
RELAY	12 VDC 5A	2 ตัว
J1-J4	IDE Connector 2 Pin	4 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.6 รายการอุปกรณ์วงจรควบคุมเซนเซอร์สำหรับตรวจสอบปริมาณข้าว

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
D1, D2	IN4001	2 ตัว
Q1, Q2	2N3904	2 ตัว
ตัวต้านทาน		
R1, R2	1k $\Omega$ 1/4 Watt	2 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
RELAY	5 VDC 10A	2 ตัว
J1-J4	IDE Connector 2 Pin	4 ตัว
L1-L3	หลอดไฟ 12-24 VDC สี เขียว, ส้ม, แดง	3 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**ภาคผนวก ง**  
**รายการละเอียด และคุณสมบัติของอุปกรณ์**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

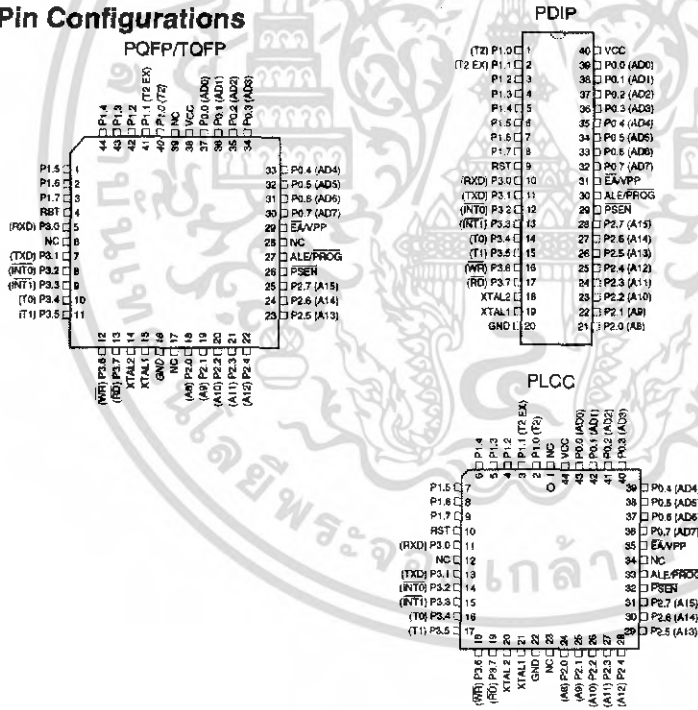
**Features**

- 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.

**Pin Configurations**



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

**AT89C52**

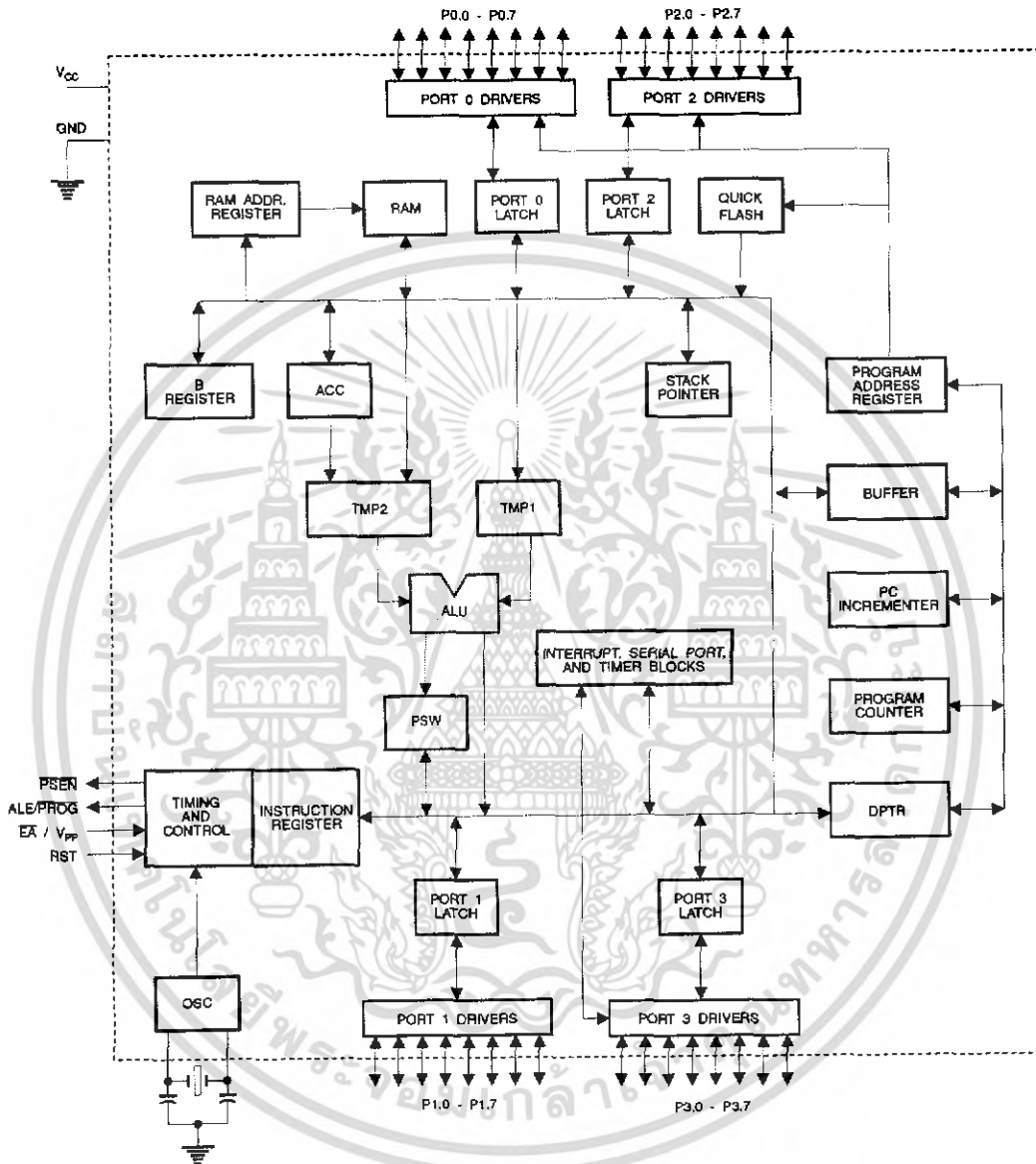
Rev. 0313H-02/00



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## AT89C52

The AT89C52 provides the following standard features: 8K bytes of Flash, 256 bytes of RAM, 32 I/O lines, three 16-bit timer/counters, a six-vector two-level interrupt architecture, a full-duplex serial port, on-chip oscillator, and clock circuitry. In addition, the AT89C52 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the RAM contents but freezes the oscillator, disabling all other chip functions until the next hardware reset.

### Pin Description

#### VCC

Supply voltage.

#### GND

Ground.

#### Port 0

Port 0 is an 8-bit open drain bi-directional I/O port. As an output port, each pin can sink eight TTL inputs. When 1s are written to port 0 pins, the pins can be used as high-impedance inputs.

Port 0 can also be configured to be the multiplexed low-order address/data bus during accesses to external program and data memory. In this mode, P0 has internal pullups.

Port 0 also receives the code bytes during Flash programming and outputs the code bytes during program verification. External pullups are required during program verification.

#### Port 1

Port 1 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 1 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 1 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current ( $I_{IL}$ ) because of the internal pullups.

In addition, P1.0 and P1.1 can be configured to be the timer/counter 2 external count input (P1.0/T2) and the timer/counter 2 trigger input (P1.1/T2EX), respectively, as shown in the following table.

Port 1 also receives the low-order address bytes during Flash programming and verification.

Port Pin	Alternate Functions
P1.0	T2 (external count input to Timer/Counter 2), clock-out
P1.1	T2EX (Timer/Counter 2 capture/reload trigger and direction control)

#### Port 2

Port 2 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally being pulled low will source current ( $I_{IL}$ ) because of the internal pullups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that use 16-bit addresses (MOVX @ DPTR). In this application, Port 2 uses strong internal pullups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOVX @ RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

Port 2 also receives the high-order address bits and some control signals during Flash programming and verification.

#### Port 3

Port 3 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 3 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 3 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current ( $I_{IL}$ ) because of the pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89C51, as shown in the following table.

Port 3 also receives some control signals for Flash programming and verification.

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	INT0 (external interrupt 0)
P3.3	INT1 (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	WR (external data memory write strobe)
P3.7	RD (external data memory read strobe)

#### RST

Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device.

#### ALE/PROG

Address Latch Enable is an output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input (PROG) during Flash programming.

In normal operation, ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency and may be used for external





timing or clocking purposes. Note, however, that one ALE pulse is skipped during each access to external data memory.

If desired, ALE operation can be disabled by setting bit 0 of SFR location 8EH. With the bit set, ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction. Otherwise, the pin is weakly pulled high. Setting the ALE-disable bit has no effect if the microcontroller is in external execution mode.

#### PSEN

Program Store Enable is the read strobe to external program memory.

When the AT89C52 is executing code from external program memory, PSEN is activated twice each machine cycle, except that two PSEN activations are skipped during each access to external data memory.

#### EA/VPP

External Access Enable. EA must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external program memory locations starting at 0000H up to FFFFH. Note, however, that if lock bit 1 is programmed, EA will be internally latched on reset.

EA should be strapped to V<sub>CC</sub> for internal program executions.

This pin also receives the 12-volt programming enable voltage (V<sub>PP</sub>) during Flash programming when 12-volt programming is selected.

#### XTAL1

Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

#### XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

Table 1. AT89C52 SFR Map and Reset Values

0F8H								0FFH
0F0H	B 00000000							0F7H
0E8H								0EFH
0E0H	ACC 00000000							0E7H
0D8H								0DFH
0D0H	PSW 00000000							0D7H
0C8H	T2CON 00000000	T2MOD XXXXXX00	RCAP2L 00000000	RCAP2H 00000000	TL2 00000000	TH2 00000000		0CFH
0C0H								0C7H
0B8H	IP XX000000							0BFH
0B0H	P3 11111111							0B7H
0A8H	IE 0X000000							0AFH
0A0H	P2 11111111							0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXX						9FH
90H	P1 11111111							97H
88H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000		8FH
80H	P0 11111111	SP 00000111	DPL 00000000	DPH 00000000			PCON 0XXX0000	87H

## Special Function Registers

A map of the on-chip memory area called the Special Function Register (SFR) space is shown in Table 1.

Note that not all of the addresses are occupied, and unoccupied addresses may not be implemented on the chip. Read accesses to these addresses will in general return random data, and write accesses will have an indeterminate effect.

User software should not write 1s to these unlisted locations, since they may be used in future products to invoke

new features. In that case, the reset or inactive values of the new bits will always be 0.

**Timer 2 Registers** Control and status bits are contained in registers T2CON (shown in Table 2) and T2MOD (shown in Table 4) for Timer 2. The register pair (RCAP2H, RCAP2L) are the Capture/Reload registers for Timer 2 in 16-bit capture mode or 16-bit auto-reload mode.

**Interrupt Registers** The individual interrupt enable bits are in the IE register. Two priorities can be set for each of the six interrupt sources in the IP register.

Table 2. T2CON – Timer/Counter 2 Control Register

T2CON Address = 0C8H				Reset Value = 0000 0000B				
Bit Addressable								
Bit	TF2	EXF2	RCLK	TCLK	EXEN2	TR2	C/T2	CP/RL2
	7	6	5	4	3	2	1	0

Symbol	Function
TF2	Timer 2 overflow flag set by a Timer 2 overflow and must be cleared by software. TF2 will not be set when either RCLK = 1 or TCLK = 1.
EXF2	Timer 2 external flag set when either a capture or reload is caused by a negative transition on T2EX and EXEN2 = 1. When Timer 2 interrupt is enabled, EXF2 = 1 will cause the CPU to vector to the Timer 2 interrupt routine. EXF2 must be cleared by software. EXF2 does not cause an interrupt in up/down counter mode (DCEN = 1).
RCLK	Receive clock enable. When set, causes the serial port to use Timer 2 overflow pulses for its receive clock in serial port Modes 1 and 3. RCLK = 0 causes Timer 1 overflow to be used for the receive clock.
TCLK	Transmit clock enable. When set, causes the serial port to use Timer 2 overflow pulses for its transmit clock in serial port Modes 1 and 3. TCLK = 0 causes Timer 1 overflows to be used for the transmit clock.
EXEN2	Timer 2 external enable. When set, allows a capture or reload to occur as a result of a negative transition on T2EX if Timer 2 is not being used to clock the serial port. EXEN2 = 0 causes Timer 2 to ignore events at T2EX.
TR2	Start/Stop control for Timer 2. TR2 = 1 starts the timer.
C/T2	Timer or counter select for Timer 2. C/T2 = 0 for timer function. C/T2 = 1 for external event counter (falling edge triggered).
CP/RL2	Capture/Reload select. CP/RL2 = 1 causes captures to occur on negative transitions at T2EX if EXEN2 = 1. CP/RL2 = 0 causes automatic reloads to occur when Timer 2 overflows or negative transitions occur at T2EX when EXEN2 = 1. When either RCLK or TCLK = 1, this bit is ignored and the timer is forced to auto-reload on Timer 2 overflow.

## Data Memory

The AT89C52 implements 256 bytes of on-chip RAM. The upper 128 bytes occupy a parallel address space to the Special Function Registers. That means the upper 128 bytes have the same addresses as the SFR space but are physically separate from SFR space.

When an instruction accesses an internal location above address 7FH, the address mode used in the instruction

specifies whether the CPU accesses the upper 128 bytes of RAM or the SFR space. Instructions that use direct addressing access SFR space.

For example, the following direct addressing instruction accesses the SFR at location 0A0H (which is P2).

```
MOV 0A0H, #data
```





Instructions that use indirect addressing access the upper 128 bytes of RAM. For example, the following indirect addressing instruction, where R0 contains 0A0H, accesses the data byte at address 0A0H, rather than P2 (whose address is 0A0H).

```
MOV @R0, #data
```

Note that stack operations are examples of indirect addressing, so the upper 128 bytes of data RAM are available as stack space.

## Timer 0 and 1

Timer 0 and Timer 1 in the AT89C52 operate the same way as Timer 0 and Timer 1 in the AT89C51.

## Timer 2

Timer 2 is a 16-bit Timer/Counter that can operate as either a timer or an event counter. The type of operation is selected by bit C/T2 in the SFR T2CON (shown in Table 2). Timer 2 has three operating modes: capture, auto-reload (up or down counting), and baud rate generator. The modes are selected by bits in T2CON, as shown in Table 3.

Timer 2 consists of two 8-bit registers, TH2 and TL2. In the Timer function, the TL2 register is incremented every machine cycle. Since a machine cycle consists of 12 oscillator periods, the count rate is 1/12 of the oscillator frequency.

Table 3. Timer 2 Operating Modes

RCLK +TCLK	CP/RL2	TR2	MODE
0	0	1	16-bit Auto-reload
0	1	1	16-bit Capture
1	X	1	Baud Rate Generator
X	X	0	(Off)

In the Counter function, the register is incremented in response to a 1-to-0 transition at its corresponding external

input pin, T2. In this function, the external input is sampled during S5P2 of every machine cycle. When the samples show a high in one cycle and a low in the next cycle, the count is incremented. The new count value appears in the register during S3P1 of the cycle following the one in which the transition was detected. Since two machine cycles (24 oscillator periods) are required to recognize a 1-to-0 transition, the maximum count rate is 1/24 of the oscillator frequency. To ensure that a given level is sampled at least once before it changes, the level should be held for at least one full machine cycle.

## Capture Mode

In the capture mode, two options are selected by bit EXEN2 in T2CON. If EXEN2 = 0, Timer 2 is a 16-bit timer or counter which upon overflow sets bit TF2 in T2CON. This bit can then be used to generate an interrupt. If EXEN2 = 1, Timer 2 performs the same operation, but a 1-to-0 transition at external input T2EX also causes the current value in TH2 and TL2 to be captured into RCAP2H and RCAP2L, respectively. In addition, the transition at T2EX causes bit EXF2 in T2CON to be set. The EXF2 bit, like TF2, can generate an interrupt. The capture mode is illustrated in Figure 1.

## Auto-reload (Up or Down Counter)

Timer 2 can be programmed to count up or down when configured in its 16-bit auto-reload mode. This feature is invoked by the DCEN (Down Counter Enable) bit located in the SFR T2MOD (see Table 4). Upon reset, the DCEN bit is set to 0 so that timer 2 will default to count up. When DCEN is set, Timer 2 can count up or down, depending on the value of the T2EX pin.



Instructions that use indirect addressing access the upper 128 bytes of RAM. For example, the following indirect addressing instruction, where R0 contains 0A0H, accesses the data byte at address 0A0H, rather than P2 (whose address is 0A0H).

```
MOV @R0, #data
```

Note that stack operations are examples of indirect addressing, so the upper 128 bytes of data RAM are available as stack space.

## Timer 0 and 1

Timer 0 and Timer 1 in the AT89C52 operate the same way as Timer 0 and Timer 1 in the AT89C51.

## Timer 2

Timer 2 is a 16-bit Timer/Counter that can operate as either a timer or an event counter. The type of operation is selected by bit  $C/\overline{T}2$  in the SFR T2CON (shown in Table 2). Timer 2 has three operating modes: capture, auto-reload (up or down counting), and baud rate generator. The modes are selected by bits in T2CON, as shown in Table 3. Timer 2 consists of two 8-bit registers, TH2 and TL2. In the Timer function, the TL2 register is incremented every machine cycle. Since a machine cycle consists of 12 oscillator periods, the count rate is 1/12 of the oscillator frequency.

Table 3. Timer 2 Operating Modes

RCLK + TCLK	CP/RL2	TR2	MODE
0	0	1	16-bit Auto-reload
0	1	1	16-bit Capture
1	X	1	Baud Rate Generator
X	X	0	(Off)

In the Counter function, the register is incremented in response to a 1-to-0 transition at its corresponding external

input pin, T2. In this function, the external input is sampled during S5P2 of every machine cycle. When the samples show a high in one cycle and a low in the next cycle, the count is incremented. The new count value appears in the register during S3P1 of the cycle following the one in which the transition was detected. Since two machine cycles (24 oscillator periods) are required to recognize a 1-to-0 transition, the maximum count rate is 1/24 of the oscillator frequency. To ensure that a given level is sampled at least once before it changes, the level should be held for at least one full machine cycle.

## Capture Mode

In the capture mode, two options are selected by bit EXEN2 in T2CON. If EXEN2 = 0, Timer 2 is a 16-bit timer or counter which upon overflow sets bit TF2 in T2CON. This bit can then be used to generate an interrupt. If EXEN2 = 1, Timer 2 performs the same operation, but a 1-to-0 transition at external input T2EX also causes the current value in TH2 and TL2 to be captured into RCAP2H and RCAP2L, respectively. In addition, the transition at T2EX causes bit EXF2 in T2CON to be set. The EXF2 bit, like TF2, can generate an interrupt. The capture mode is illustrated in Figure 1.

## Auto-reload (Up or Down Counter)

Timer 2 can be programmed to count up or down when configured in its 16-bit auto-reload mode. This feature is invoked by the DCEN (Down Counter Enable) bit located in the SFR T2MOD (see Table 4). Upon reset, the DCEN bit is set to 0 so that timer 2 will default to count up. When DCEN is set, Timer 2 can count up or down, depending on the value of the T2EX pin.

Figure 1. Timer in Capture Mode

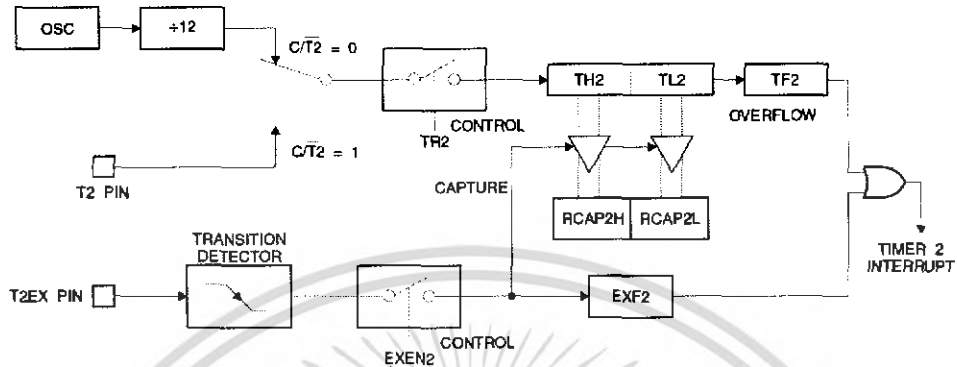


Figure 2 shows Timer 2 automatically counting up when DCEN = 0. In this mode, two options are selected by bit EXEN2 in T2CON. If EXEN2 = 0, Timer 2 counts up to 0FFFFH and then sets the TF2 bit upon overflow. The overflow also causes the timer registers to be reloaded with the 16-bit value in RCAP2H and RCAP2L. The values in Timer in Capture Mode RCAP2H and RCAP2L are preset by software. If EXEN2 = 1, a 16-bit reload can be triggered either by an overflow or by a 1-to-0 transition at external input T2EX. This transition also sets the EXF2 bit. Both the TF2 and EXF2 bits can generate an interrupt if enabled. Setting the DCEN bit enables Timer 2 to count up or down, as shown in Figure 3. In this mode, the T2EX pin controls

the direction of the count. A logic 1 at T2EX makes Timer 2 count up. The timer will overflow at 0FFFFH and set the TF2 bit. This overflow also causes the 16-bit value in RCAP2H and RCAP2L to be reloaded into the timer registers, TH2 and TL2, respectively.

A logic 0 at T2EX makes Timer 2 count down. The timer underflows when TH2 and TL2 equal the values stored in RCAP2H and RCAP2L. The underflow sets the TF2 bit and causes 0FFFFH to be reloaded into the timer registers.

The EXF2 bit toggles whenever Timer 2 overflows or underflows and can be used as a 17th bit of resolution. In this operating mode, EXF2 does not flag an interrupt.



Figure 2. Timer 2 Auto Reload Mode (DCEN = 0)

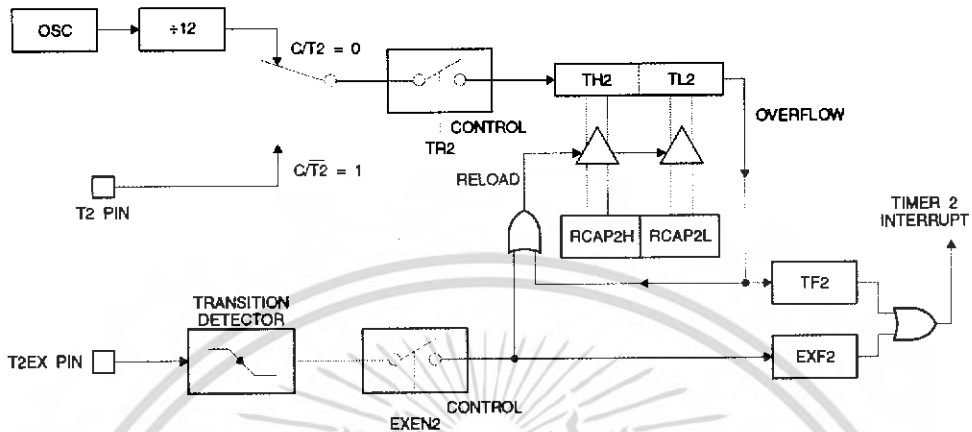


Table 4. T2MOD – Timer 2 Mode Control Register

T2MOD Address = 0C9H							Reset Value = XXXX XX00B	
Not Bit Addressable								
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	-	-	-	-	-	-	T2OE	DCEN

Symbol	Function
-	Not implemented, reserved for future
T2OE	Timer 2 Output Enable bit.
DCEN	When set, this bit allows Timer 2 to be configured as an up/down counter.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 3. Timer 2 Auto Reload Mode (DCEN = 1)

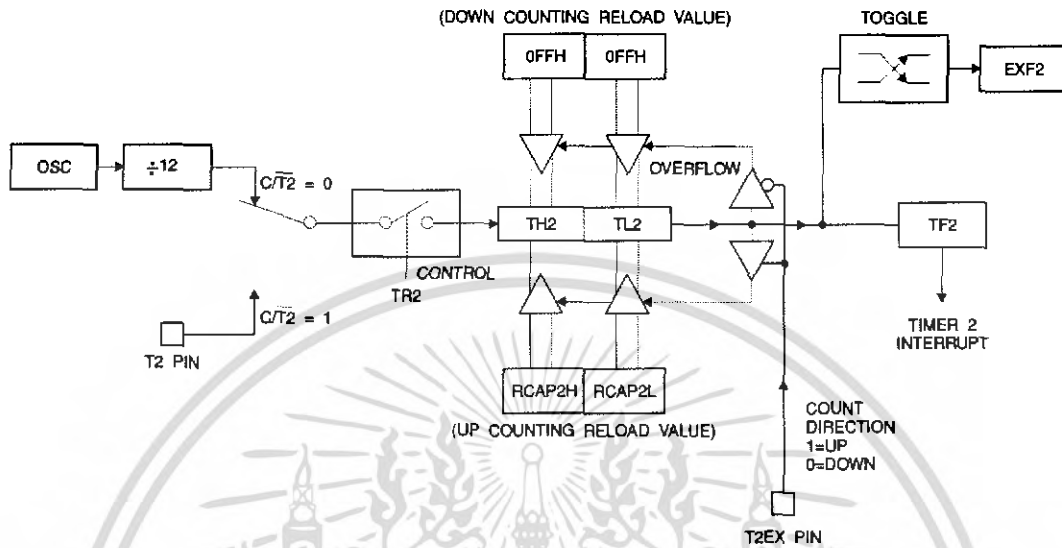
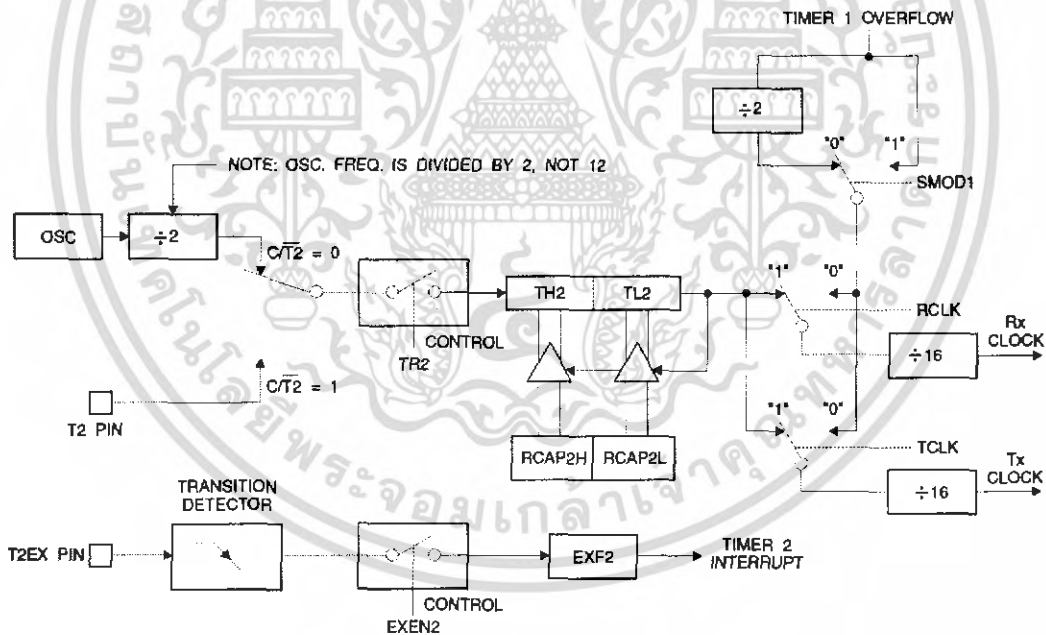


Figure 4. Timer 2 in Baud Rate Generator Mode



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**Baud Rate Generator**

Timer 2 is selected as the baud rate generator by setting TCLK and/or RCLK in T2CON (Table 2). Note that the baud rates for transmit and receive can be different if Timer 2 is used for the receiver or transmitter and Timer 1 is used for the other function. Setting RCLK and/or TCLK puts Timer 2 into its baud rate generator mode, as shown in Figure 4.

The baud rate generator mode is similar to the auto-reload mode, in that a rollover in TH2 causes the Timer 2 registers to be reloaded with the 16-bit value in registers RCAP2H and RCAP2L, which are preset by software.

The baud rates in Modes 1 and 3 are determined by Timer 2's overflow rate according to the following equation.

$$\text{Modes 1 and 3 Baud Rates} = \frac{\text{Timer 2 Overflow Rate}}{16}$$

The Timer can be configured for either timer or counter operation. In most applications, it is configured for timer operation ( $CP/T2 = 0$ ). The timer operation is different for Timer 2 when it is used as a baud rate generator. Normally, as a timer, it increments every machine cycle (at 1/12 the oscillator frequency). As a baud rate generator, however, it

increments every state time (at 1/2 the oscillator frequency). The baud rate formula is given below.

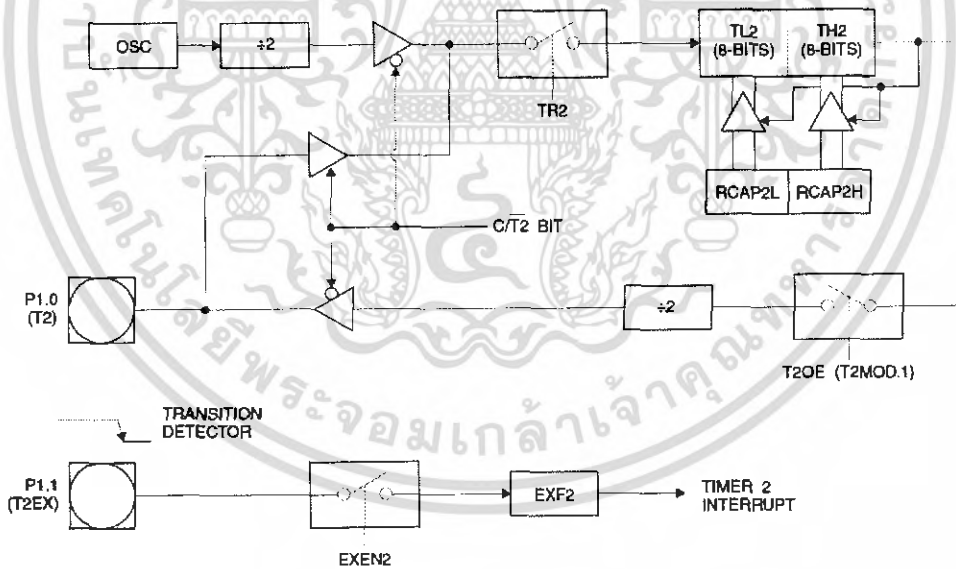
$$\frac{\text{Modes 1 and 3}}{\text{Baud Rate}} = \frac{\text{Oscillator Frequency}}{32 \times [65536 - (RCAP2H, RCAP2L)]}$$

where (RCAP2H, RCAP2L) is the content of RCAP2H and RCAP2L taken as a 16-bit unsigned integer.

Timer 2 as a baud rate generator is shown in Figure 4. This figure is valid only if RCLK or TCLK = 1 in T2CON. Note that a rollover in TH2 does not set TF2 and will not generate an interrupt. Note too, that if EXEN2 is set, a 1-to-0 transition in T2EX will set EXF2 but will not cause a reload from (RCAP2H, RCAP2L) to (TH2, TL2). Thus when Timer 2 is in use as a baud rate generator, T2EX can be used as an extra external interrupt.

Note that when Timer 2 is running ( $TR2 = 1$ ) as a timer in the baud rate generator mode, TH2 or TL2 should not be read from or written to. Under these conditions, the Timer is incremented every state time, and the results of a read or write may not be accurate. The RCAP2 registers may be read but should not be written to, because a write might overlap a reload and cause write and/or reload errors. The timer should be turned off (clear TR2) before accessing the Timer 2 or RCAP2 registers.

Figure 5. Timer 2 in Clock-out Mode



**Programmable Clock Out**

A 50% duty cycle clock can be programmed to come out on P1.0, as shown in Figure 5. This pin, besides being a regular I/O pin, has two alternate functions. It can be programmed to input the external clock for Timer/Counter 2 or to output a 50% duty cycle clock ranging from 61 Hz to 4 MHz at a 16 MHz operating frequency.

To configure the Timer/Counter 2 as a clock generator, bit C/T2 (T2CON.1) must be cleared and bit T2OE (T2MOD.1) must be set. Bit TR2 (T2CON.2) starts and stops the timer.

The clock-out frequency depends on the oscillator frequency and the reload value of Timer 2 capture registers (RCAP2H, RCAP2L), as shown in the following equation.

$$\text{Clock-Out Frequency} = \frac{\text{Oscillator Frequency}}{4 \times [65536 - (\text{RCAP2H}, \text{RCAP2L})]}$$

In the clock-out mode, Timer 2 roll-overs will not generate an interrupt. This behavior is similar to when Timer 2 is used as a baud-rate generator. It is possible to use Timer 2 as a baud-rate generator and a clock generator simultaneously. Note, however, that the baud-rate and clock-out frequencies cannot be determined independently from one another since they both use RCAP2H and RCAP2L.

**UART**

The UART in the AT89C52 operates the same way as the UART in the AT89C51.

**Interrupts**

The AT89C52 has a total of six interrupt vectors: two external interrupts (INT0 and INT1), three timer interrupts (Timers 0, 1, and 2), and the serial port interrupt. These interrupts are all shown in Figure 6.

Each of these interrupt sources can be individually enabled or disabled by setting or clearing a bit in Special Function Register IE. IE also contains a global disable bit, EA, which disables all interrupts at once.

Note that Table shows that bit position IE.6 is unimplemented. In the AT89C51, bit position IE.5 is also unimplemented. User software should not write 1s to these bit positions, since they may be used in future AT89 products.

Timer 2 interrupt is generated by the logical OR of bits TF2 and EXF2 in register T2CON. Neither of these flags is cleared by hardware when the service routine is vectored to. In fact, the service routine may have to determine whether it was TF2 or EXF2 that generated the interrupt, and that bit will have to be cleared in software.

The Timer 0 and Timer 1 flags, TF0 and TF1, are set at S5P2 of the cycle in which the timers overflow. The values are then polled by the circuitry in the next cycle. However,

the Timer 2 flag, TF2, is set at S2P2 and is polled in the same cycle in which the timer overflows.

**Table 5. Interrupt Enable (IE) Register**

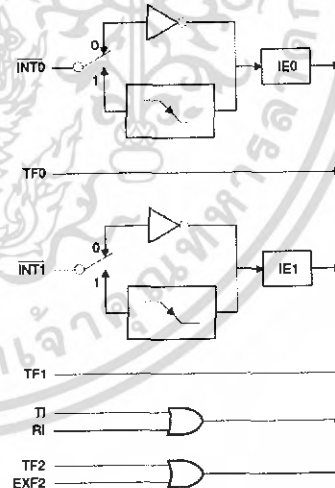
(MSB)								(LSB)	
EA	-	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0		
Enable Bit = 1 enables the interrupt.									
Enable Bit = 0 disables the interrupt.									

Symbol	Position	Function
EA	IE.7	Disables all interrupts. If EA = 0, no interrupt is acknowledged. If EA = 1, each interrupt source is individually enabled or disabled by setting or clearing its enable bit.
-	IE.6	Reserved.
ET2	IE.5	Timer 2 interrupt enable bit.
ES	IE.4	Serial Port interrupt enable bit.
ET1	IE.3	Timer 1 interrupt enable bit.
EX1	IE.2	External interrupt 1 enable bit.
ET0	IE.1	Timer 0 interrupt enable bit.
EX0	IE.0	External interrupt 0 enable bit.

User software should never write 1s to unimplemented bits, because they may be used in future AT89 products.

**Figure 6. Interrupt Sources**





**Oscillator Characteristics**

XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier that can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 7. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected while XTAL1 is driven, as shown in Figure 8. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

**Idle Mode**

In idle mode, the CPU puts itself to sleep while all the on-chip peripherals remain active. The mode is invoked by software. The content of the on-chip RAM and all the special functions registers remain unchanged during this mode. The idle mode can be terminated by any enabled interrupt or by a hardware reset.

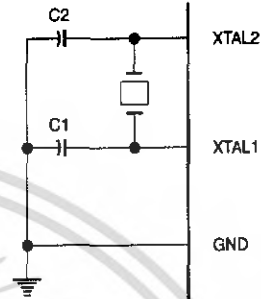
Note that when idle mode is terminated by a hardware reset, the device normally resumes program execution from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port pins is not inhibited. To eliminate the possibility of an unexpected write to a port pin when idle mode is terminated by a reset, the instruction following the one that invokes idle mode should not write to a port pin or to external memory.

**Power-down Mode**

In the power-down mode, the oscillator is stopped, and the instruction that invokes power-down is the last instruction executed. The on-chip RAM and Special Function Registers retain their values until the power-down mode is terminated. The only exit from power-down is a hardware reset. Reset redefines the SFRs but does not change the on-chip RAM. The reset should not be activated before V<sub>CC</sub>

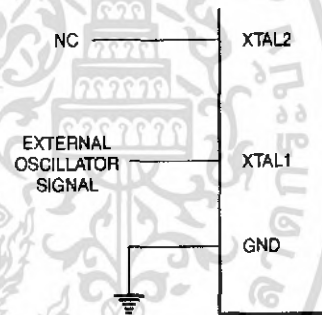
is restored to its normal operating level and must be held active long enough to allow the oscillator to restart and stabilize.

Figure 7. Oscillator Connections



Note: C1, C2 = 30 pF ± 10 pF for Crystals  
= 40 pF ± 10 pF for Ceramic Resonators

Figure 8. External Clock Drive Configuration



**Status of External Pins During Idle and Power-down Modes**

Mode	Program Memory	ALE	PSEN	PORT0	PORT1	PORT2	PORT3
Idle	Internal	1	1	Data	Data	Data	Data
Idle	External	1	1	Float	Data	Address	Data
Power-down	Internal	0	0	Data	Data	Data	Data
Power-down	External	0	0	Float	Data	Data	Data

## AT89C52

### Program Memory Lock Bits

The AT89C52 has three lock bits that can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the additional features listed in the following table.

### Lock Bit Protection Modes

Program Lock Bits				Protection Type
LB1	LB2	LB3		
1	U	U	U	No program lock features.
2	P	U	U	MCVC instructions executed from external program memory are disabled from fetching code bytes from internal memory, EA is sampled and latched on reset, and further programming of the Flash memory is disabled.
3	P	P	U	Same as mode 2, but verify is also disabled.
4	P	P	P	Same as mode 3, but external execution is also disabled.

When lock bit 1 is programmed, the logic level at the EA pin is sampled and latched during reset. If the device is powered up without a reset, the latch initializes to a random value and holds that value until reset is activated. The latched value of EA must agree with the current logic level at that pin in order for the device to function properly.

### Programming the Flash

The AT89C52 is normally shipped with the on-chip Flash memory array in the erased state (that is, contents = FFH) and ready to be programmed. The programming interface accepts either a high-voltage (12-volt) or a low-voltage (V<sub>CC</sub>) program enable signal. The Low-voltage programming mode provides a convenient way to program the AT89C52 inside the user's system, while the high-voltage programming mode is compatible with conventional third-party Flash or EPROM programmers.

The AT89C52 is shipped with either the high-voltage or low-voltage programming mode enabled. The respective top-side marking and device signature codes are listed in the following table.

	V <sub>PP</sub> = 12V	V <sub>PP</sub> = 5V
Top-side Mark	AT89C52 xxxx yyww	AT89C52 xxxx - 5 yyww

	V <sub>PP</sub> = 12V	V <sub>PP</sub> = 5V
Signature	(030H) = 1EH (031H) = 52H (032H) = FFH	(030H) = 1EH (031H) = 52H (032H) = 05H

The AT89C52 code memory array is programmed byte-by-byte in either programming mode. To program any non-blank byte in the on-chip Flash Memory, the entire memory must be erased using the Chip Erase Mode.

**Programming Algorithm** Before programming the AT89C52, the address, data and control signals should be set up according to the Flash programming mode table and Figure 9 and Figure 10. To program the AT89C52, take the following steps.

1. Input the desired memory location on the address lines.
2. Input the appropriate data byte on the data lines.
3. Activate the correct combination of control signals.
4. Raise EA/V<sub>PP</sub> to 12V for the high-voltage programming mode.
5. Pulse ALE/PROG once to program a byte in the Flash array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes no more than 1.5 ms. Repeat steps 1 through 5, changing the address and data for the entire array or until the end of the object file is reached.

**Data Polling** The AT89C52 features Data Polling to indicate the end of a write cycle. During a write cycle, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written data on PO.7. Once the write cycle has been completed, true data is valid on all outputs, and the next cycle may begin. Data Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.

**Ready/Busy** The progress of byte programming can also be monitored by the RDY/BSY output signal. P3.4 is pulled low after ALE goes high during programming to indicate BUSY. P3.4 is pulled high again when programming is done to indicate READY.

**Program Verify** If lock bits LB1 and LB2 have not been programmed, the programmed code data can be read back via the address and data lines for verification. The lock bits cannot be verified directly. Verification of the lock bits is achieved by observing that their features are enabled.

**Chip Erase** The entire Flash array is erased electrically by using the proper combination of control signals and by holding ALE/PROG low for 10 ms. The code array is written with all 1s. The chip erase operation must be executed before the code memory can be reprogrammed.





**Reading the Signature Bytes** The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 030H, 031H, and 032H, except that P3.6 and P3.7 must be pulled to a logic low. The values returned are as follows.

- (030H) = 1EH indicates manufactured by Atmel
- (031H) = 52H indicates 89C52
- (032H) = FFH indicates 12V programming
- (032H) = 05H indicates 5V programming

## Programming Interface

Every code byte in the Flash array can be written, and the entire array can be erased, by using the appropriate combination of control signals. The write operation cycle is self-timed and once initiated, will automatically time itself to completion.

All major programming vendors offer worldwide support for the Atmel microcontroller series. Please contact your local programming vendor for the appropriate software revision.

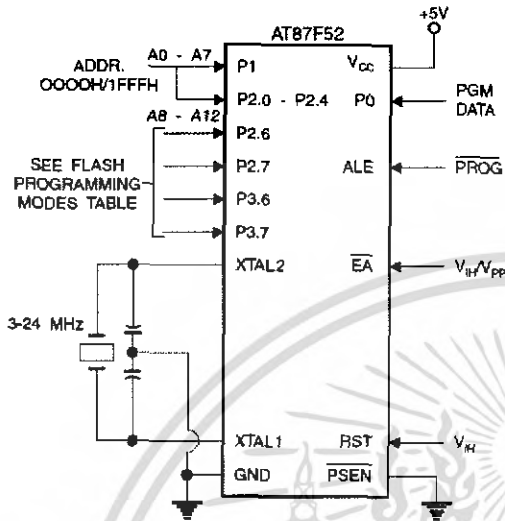
## Flash Programming Modes

Mode	RST	PSEN	ALE/PROG	EA/V <sub>pp</sub>	P2.6	P2.7	P3.6	P3.7
Write Code Data	H	L		H/12V	L	H	H	H
Read Code Data	H	L	H	H	L	L	H	H
Write Lock	Bit - 1	H	L		H/12V	H	H	H
	Bit - 2	H	L		H/12V	H	H	L
	Bit - 3	H	L		H/12V	H	L	H
Chip Erase	H	L		H/12V (1)	H	L	L	L
Read Signature Byte	H	L	H	H	L	L	L	L

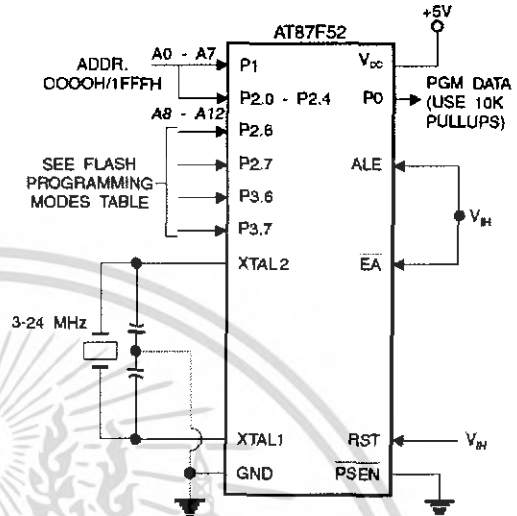
Note: 1. Chip Erase requires a 10 ms PROG pulse.

**AT89C52**

**Figure 9. Programming the Flash Memory**



**Figure 10. Verifying the Flash Memory**



**Flash Programming and Verification Characteristics**

T<sub>A</sub> = 0°C to 70°C, V<sub>CC</sub> = 5.0 ± 10%

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
V <sub>PP</sub> <sup>(1)</sup>	Programming Enable Voltage	11.5	12.5	V
I <sub>PP</sub> <sup>(1)</sup>	Programming Enable Current		1.0	mA
1/f <sub>CLCL</sub>	Oscillator Frequency	3	24	MHz
t <sub>AVGL</sub>	Address Setup to PROG Low	48t <sub>CLCL</sub>		
t <sub>GHAX</sub>	Address Hold after PROG	48t <sub>CLCL</sub>		
t <sub>DVGL</sub>	Data Setup to PROG Low	48t <sub>CLCL</sub>		
t <sub>GHDX</sub>	Data Hold After PROG	48t <sub>CLCL</sub>		
t <sub>ENSH</sub>	P2.7 (ENABLE) High to V <sub>PP</sub>	48t <sub>CLCL</sub>		
t <sub>SHGL</sub>	V <sub>PP</sub> Setup to PROG Low	10		μs
t <sub>GHSL</sub> <sup>(1)</sup>	V <sub>PP</sub> Hold after PROG	10		μs
t <sub>GLGH</sub>	PROG Width	1	110	μs
t <sub>AVQV</sub>	Address to Data Valid		48t <sub>CLCL</sub>	
t <sub>ELQV</sub>	ENABLE Low to Data Valid		48t <sub>CLCL</sub>	
t <sub>EHQZ</sub>	Data Float after ENABLE	0	48t <sub>CLCL</sub>	
t <sub>GHBL</sub>	PROG High to BUSY Low		1.0	μs
t <sub>WC</sub>	Byte Write Cycle Time		2.0	ms

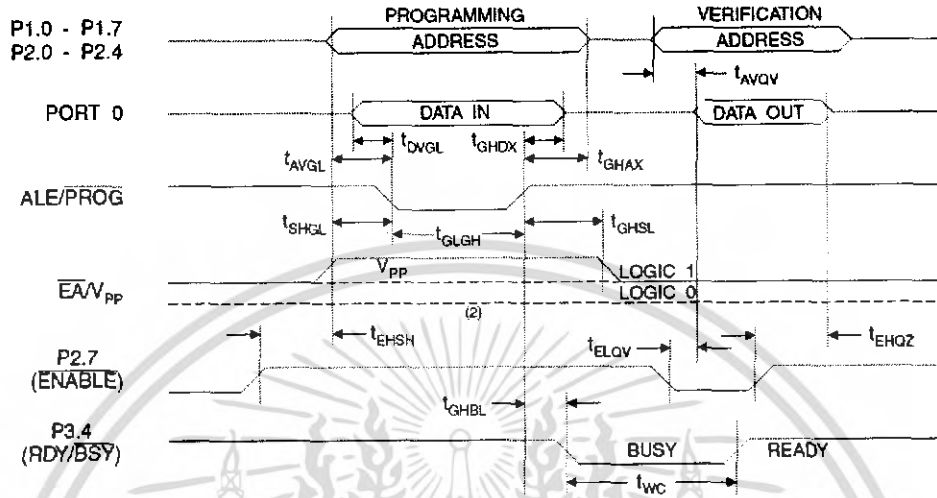
Note: 1. Only used in 12-volt programming mode.



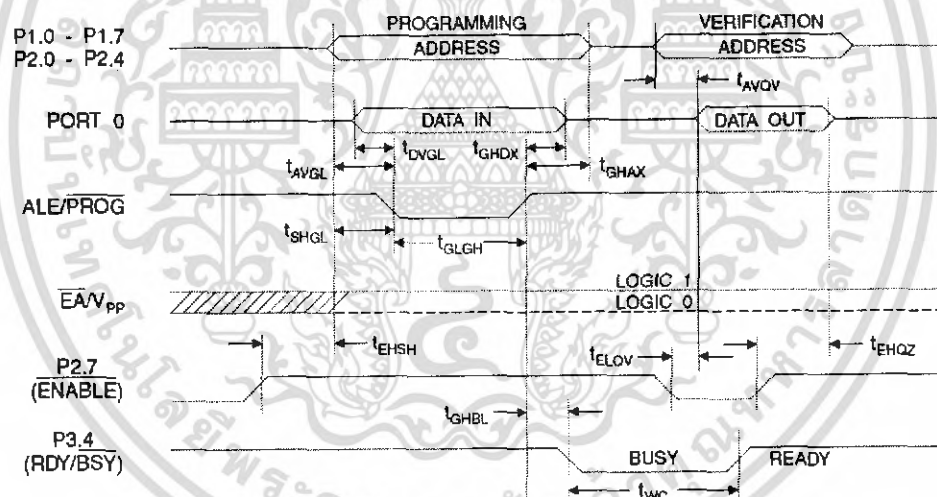
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**Flash Programming and Verification Waveforms - High-voltage Mode ( $V_{pp}=12V$ )**



**Flash Programming and Verification Waveforms - Low-voltage Mode ( $V_{pp}=5V$ )**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### Absolute Maximum Ratings\*

Operating Temperature .....	-55°C to +125°C
Storage Temperature .....	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin with Respect to Ground .....	-1.0V to +7.0V
Maximum Operating Voltage .....	6.6V
DC Output Current .....	15.0 mA

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

### DC Characteristics

The values shown in this table are valid for  $T_A = -40^\circ\text{C}$  to  $85^\circ\text{C}$  and  $V_{CC} = 5.0\text{V} \pm 20\%$ , unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
$V_{IL}$	Input Low-voltage	(Except $\bar{E}A$ )	-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.1$	V
$V_{IL1}$	Input Low-voltage ( $\bar{E}A$ )		-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.3$	V
$V_{IH}$	Input High-voltage	(Except XTAL1, RST)	$0.2 V_{CC} + 0.9$	$V_{CC} + 0.5$	V
$V_{IH1}$	Input High-voltage (XTAL1, RST)		$0.7 V_{CC}$	$V_{CC} + 0.5$	V
$V_{OL}$	Output Low-voltage <sup>(1)</sup> (Ports 1,2,3)	$I_{OL} = 1.6 \text{ mA}$		0.45	V
$V_{OL1}$	Output Low-voltage <sup>(1)</sup> (Port 0, ALE, PSEN)	$I_{OL} = 3.2 \text{ mA}$		0.45	V
$V_{OH}$	Output High-voltage (Ports 1,2,3, ALE, PSEN)	$I_{OH} = -60 \mu\text{A}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -25 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -10 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
$V_{OH1}$	Output High-voltage (Port 0 in External Bus Mode)	$I_{OH} = -600 \mu\text{A}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -300 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -80 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
$I_{IL}$	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 0.45\text{V}$		-50	$\mu\text{A}$
$I_{TL}$	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 2\text{V}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$		-550	$\mu\text{A}$
$I_{LU}$	Input Leakage Current (Port 0, $\bar{E}A$ )	$0.45 < V_{IN} < V_{CC}$		$\pm 10$	$\mu\text{A}$
RRST	Reset Pull-down Resistor		50	300	$\text{K}\Omega$
$C_{IO}$	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, $T_A = 25^\circ\text{C}$		10	pF
$I_{CC}$	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		25	mA
		Idle Mode, 12 MHz		6.5	mA
	Power-down Mode <sup>(1)</sup>	$V_{CC} = 5\text{V}$		100	$\mu\text{A}$
		$V_{CC} = 3\text{V}$		40	$\mu\text{A}$

Notes: 1. Under steady state (non-transient) conditions,  $I_{OL}$  must be externally limited as follows:

- Maximum  $I_{OL}$  per port pin: 10 mA
- Maximum  $I_{OL}$  per 8-bit port:
- Port 0: 26 mA      Ports 1, 2, 3: 15 mA
- Maximum total  $I_{OL}$  for all output pins: 71 mA
- If  $I_{OL}$  exceeds the test condition,  $V_{OL}$  may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.

- 2. Minimum  $V_{CC}$  for Power-down is 2V.





## AC Characteristics

Under operating conditions, load capacitance for Port 0, ALE/PROG, and PSEN = 100 pF; load capacitance for all other outputs = 80 pF.

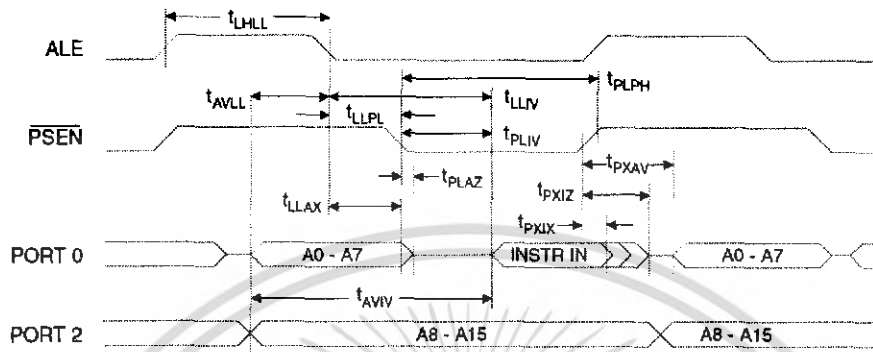
### External Program and Data Memory Characteristics

Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$f_{CLCL}$	Oscillator Frequency			0	24	MHz
$t_{LHL}$	ALE Pulse Width	127		$2t_{CLCL}-40$		ns
$t_{AVLL}$	Address Valid to ALE Low	43		$t_{CLCL}-13$		ns
$t_{LLAX}$	Address Hold After ALE Low	48		$t_{CLCL}-20$		ns
$t_{LLIV}$	ALE Low to Valid Instruction In		233		$4t_{CLCL}-65$	ns
$t_{LLPL}$	ALE Low to PSEN Low	43		$t_{CLCL}-13$		ns
$t_{PLPH}$	PSEN Pulse Width	205		$3t_{CLCL}-20$		ns
$t_{PLIV}$	PSEN Low to Valid Instruction In		145		$3t_{CLCL}-45$	ns
$t_{PXIX}$	Input Instruction Hold after PSEN	0		0		ns
$t_{PXIZ}$	Input Instruction Float after PSEN		59		$t_{CLCL}-10$	ns
$t_{PKAV}$	PSEN to Address Valid	75		$t_{CLCL}-8$		ns
$t_{AVIV}$	Address to Valid Instruction In		312		$5t_{CLCL}-55$	ns
$t_{PLAZ}$	PSEN Low to Address Float		10		10	ns
$t_{RLPH}$	RD Pulse Width	400		$6t_{CLCL}-100$		ns
$t_{WLWH}$	WR Pulse Width	400		$6t_{CLCL}-100$		ns
$t_{RLDV}$	RD Low to Valid Data In		252		$5t_{CLCL}-90$	ns
$t_{RHDX}$	Data Hold After RD	0		0		ns
$t_{RHIZ}$	Data Float After RD		97		$2t_{CLCL}-28$	ns
$t_{LLDV}$	ALE Low to Valid Data In		517		$8t_{CLCL}-150$	ns
$t_{AVDV}$	Address to Valid Data In		585		$9t_{CLCL}-165$	ns
$t_{LLWL}$	ALE Low to RD or WR Low	200	300	$3t_{CLCL}-50$	$3t_{CLCL}+50$	ns
$t_{AVWL}$	Address to RD or WR Low	203		$4t_{CLCL}-75$		ns
$t_{QVWX}$	Data Valid to WR Transition	23		$t_{CLCL}-20$		ns
$t_{QVWH}$	Data Valid to WR High	433		$7t_{CLCL}-120$		ns
$t_{WHOX}$	Data Hold After WR	33		$t_{CLCL}-20$		ns
$t_{RLAZ}$	RD Low to Address Float		0		0	ns
$t_{WLWH}$	RD or WR High to ALE High	43	123	$t_{CLCL}-20$	$t_{CLCL}+25$	ns

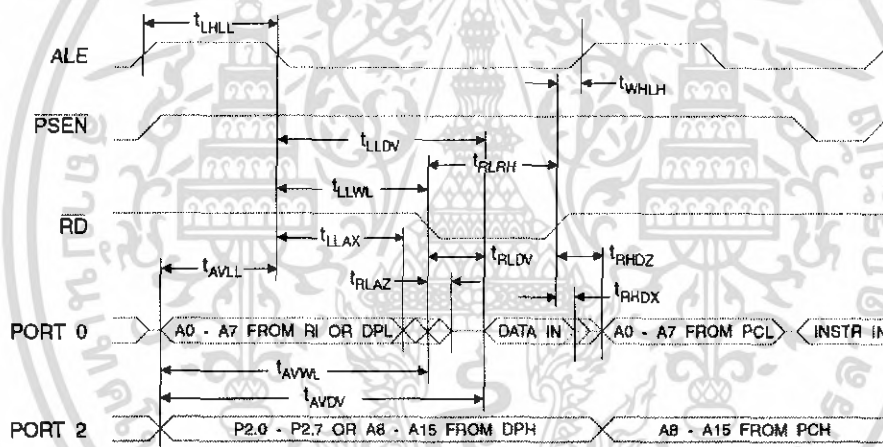
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**AT89C52**

**External Program Memory Read Cycle**



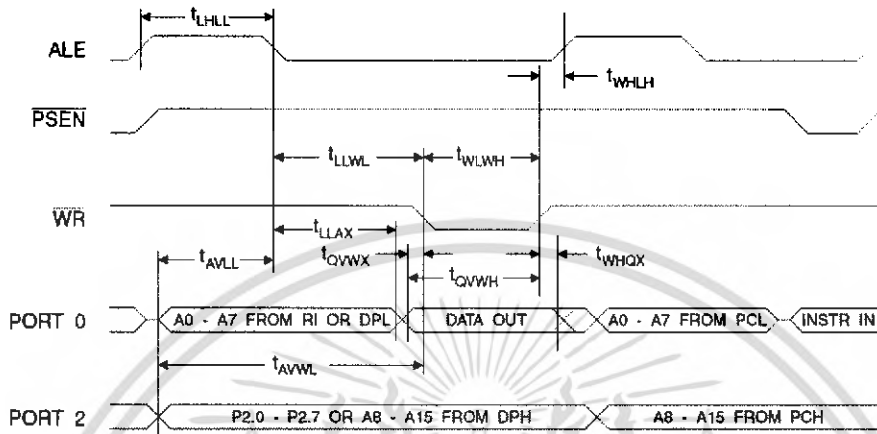
**External Data Memory Read Cycle**



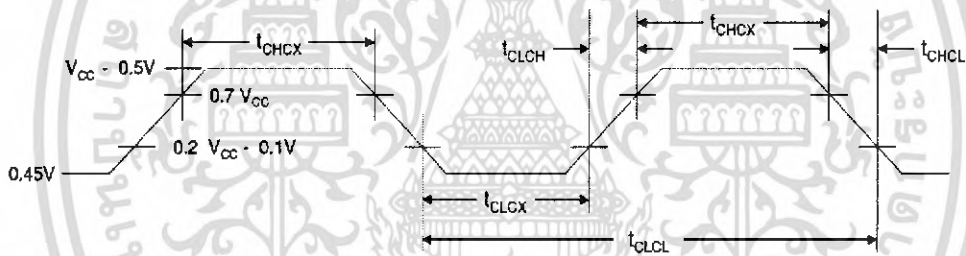
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**External Data Memory Write Cycle**



**External Clock Drive Waveforms**



**External Clock Drive**

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0	24	MHz
$t_{CLCL}$	Clock Period	41.6		ns
$t_{CHCX}$	High Time	15		ns
$t_{CLCX}$	Low Time	15		ns
$t_{CLCH}$	Rise Time		20	ns
$t_{CHCL}$	Fall Time		20	ns

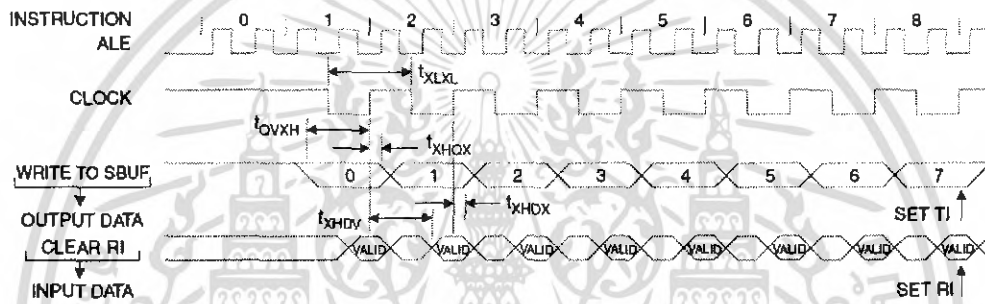
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions**

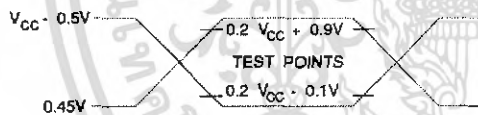
The values in this table are valid for  $V_{CC} = 5.0V \pm 20\%$  and Load Capacitance = 80 pF.

Symbol	Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$t_{XLXL}$	Serial Port Clock Cycle Time	1.0		$12t_{CLCL}$		$\mu s$
$t_{OVXH}$	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		$10t_{CLCL}-133$		ns
$t_{XHOX}$	Output Data Hold After Clock Rising Edge	50		$2t_{CLCL}-117$		ns
$t_{XHDX}$	Input Data Hold After Clock Rising Edge	0		0		ns
$t_{XHDV}$	Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		$10t_{CLCL}-133$	ns

**Shift Register Mode Timing Waveforms**

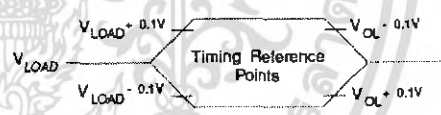


**AC Testing Input/Output Waveforms<sup>(1)</sup>**



Note: 1. AC Inputs during testing are driven at  $V_{CC} - 0.5V$  for a logic 1 and  $0.45V$  for a logic 0. Timing measurements are made at  $V_{IH}$  min. for a logic 1 and  $V_{IL}$  max. for a logic 0.

**Float Waveforms<sup>(1)</sup>**



Note: 1. For timing purposes, a port pin is no longer floating when a 100 mV change from load voltage occurs. A port pin begins to float when a 100 mV change from the loaded  $V_{OH}/V_{OL}$  level occurs.





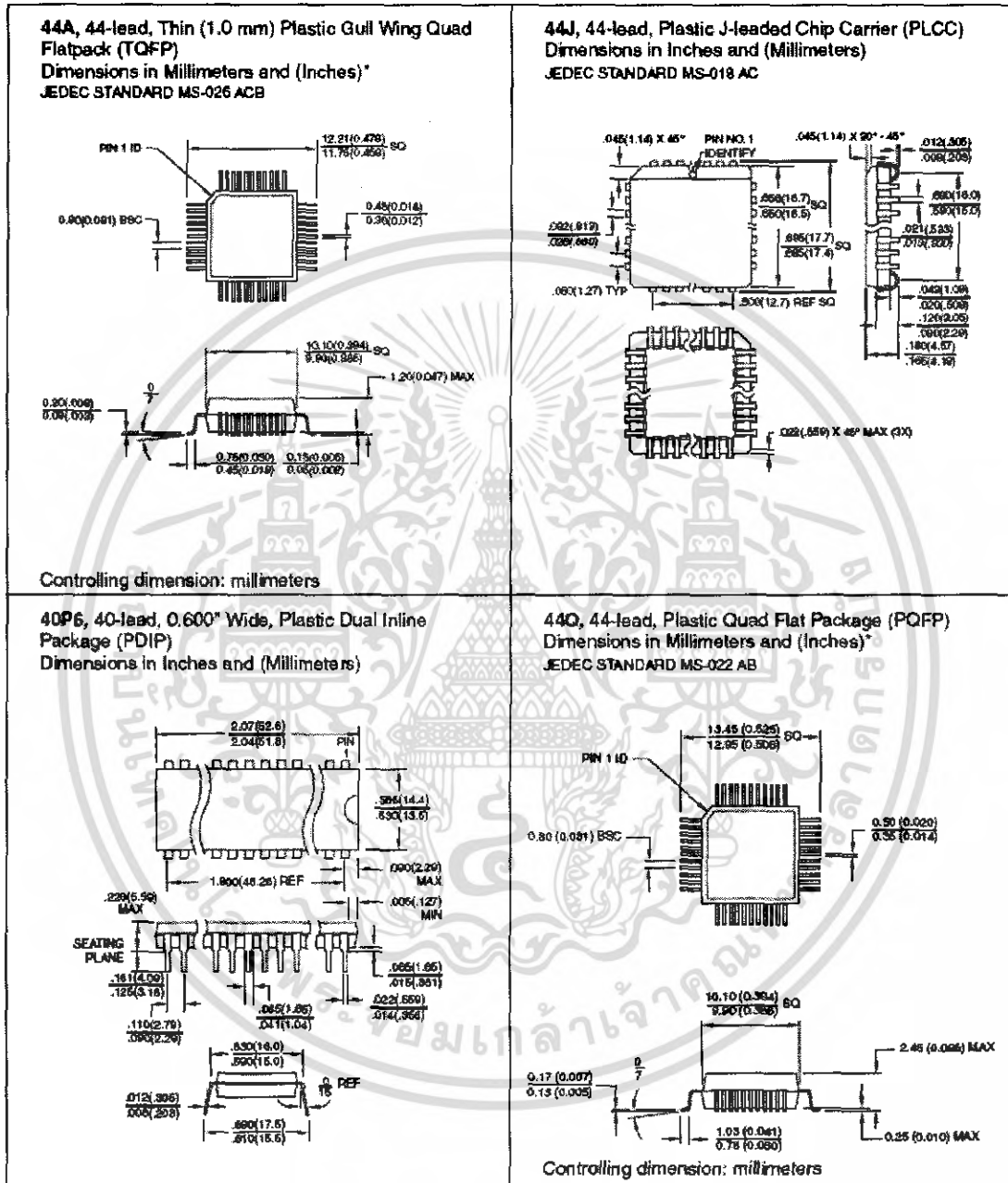
### Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
12	5V ± 20%	AT89C52-12AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C52-12JC	44J	
		AT89C52-12PC	40P6	
		AT89C52-12QC	44Q	
		AT89C52-12AJ	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C52-12JI	44J	
		AT89C52-12PI	40P6	
		AT89C52-12QI	44Q	
16	5V ± 20%	AT89C52-16AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C52-16JC	44J	
		AT89C52-16PC	40P6	
		AT89C52-16QC	44Q	
		AT89C52-16AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C52-16JI	44J	
		AT89C52-16PI	40P6	
		AT89C52-16QI	44Q	
20	5V ± 20%	AT89C52-20AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C52-20JC	44J	
		AT89C52-20PC	40P6	
		AT89C52-20QC	44Q	
		AT89C52-20AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C52-20JI	44J	
		AT89C52-20PI	40P6	
		AT89C52-20QI	44Q	
24	5V ± 20%	AT89C52-24AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C52-24JC	44J	
		AT89C52-24PC	40P6	
		AT89C52-24QC	44Q	
		AT89C52-24AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C52-24JI	44J	
		AT89C52-24PI	40P6	
		AT89C52-24QI	44Q	

Package Type	
44A	44-lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
44J	44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
40P6	40-lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
44Q	44-lead, Plastic Gull Wing Quad Flatpack (PQFP)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Packaging Information



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### Atmel Headquarters

**Corporate Headquarters**  
2325 Orchard Parkway  
San Jose, CA 95131  
TEL (408) 441-0311  
FAX (408) 487-2600

#### Europe

Atmel U.K., Ltd.  
Coliseum Business Centre  
Riverside Way  
Camberley, Surrey GU15 3YL  
England  
TEL (44) 1276-686-677  
FAX (44) 1276-686-697

#### Asia

Atmel Asia, Ltd.  
Room 1219  
Chinachem Golden Plaza  
77 Mody Road Tsimhatsui  
East Kowloon  
Hong Kong  
TEL (852) 2721-9778  
FAX (852) 2722-1369

#### Japan

Atmel Japan K.K.  
9F, Tonetsu Shinkawa Bldg.  
1-24-8 Shinkawa  
Chuo-ku, Tokyo 104-0033  
Japan  
TEL (81) 3-3523-3551  
FAX (81) 3-3523-7581

### Atmel Operations

#### Atmel Colorado Springs

1150 E. Cheyenne Mtn. Blvd.  
Colorado Springs, CO 80906  
TEL (719) 576-3300  
FAX (719) 540-1759

#### Atmel Rousset

Zone Industrielle  
13106 Rousset Cedex  
France  
TEL (33) 4-4253-6000  
FAX (33) 4-4253-6001

#### Fax-on-Demand

North America:  
1-(800) 292-8635  
International:  
1-(408) 441-0732

*e-mail*  
literature@atmel.com

*Web Site*  
<http://www.atmel.com>

*BBS*  
1-(408) 436-4309

#### © Atmel Corporation 1999.

Atmel Corporation makes no warranty for the use of its products, other than those expressly contained in the Company's standard warranty which is detailed in Atmel's Terms and Conditions located on the Company's web site. The Company assumes no responsibility for any errors which may appear in this document, reserves the right to change devices or specifications detailed herein at any time without notice, and does not make any commitment to update the information contained herein. No licenses to patents or other intellectual property of Atmel are granted by the Company in connection with the sale of Atmel products, expressly or by implication. Atmel's products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems.

Marks bearing ® and/or ™ are registered trademarks and trademarks of Atmel Corporation.

Terms and product names in this document may be trademarks of others.



Printed on recycled paper.

0319H-02/00/AM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



# MCP601/2/3/4

## 2.7V to 5.5V Single-Supply CMOS Op Amps

### Features

- Single-Supply: 2.7V to 5.5V
- Rail-to-Rail Output
- Input Range Includes Ground
- Gain Bandwidth Product: 2.8 MHz (typ.)
- Unity-Gain Stable
- Low Quiescent Current: 230  $\mu$ A/amplifier (typ.)
- Chip Select ( $\overline{CS}$ ): MCP603 only
- Temperature Ranges:
  - Industrial:  $-40^{\circ}\text{C}$  to  $+85^{\circ}\text{C}$
  - Extended:  $-40^{\circ}\text{C}$  to  $+125^{\circ}\text{C}$
- Available in Single, Dual and Quad

### Typical Applications

- Portable Equipment
- A/D Converter Driver
- Photo Diode Pre-amp
- Analog Filters
- Data Acquisition
- Notebooks and PDAs
- Sensor Interface

### Available Tools

- SPICE Macro Models at [www.microchip.com](http://www.microchip.com)
- FilterLab<sup>®</sup> Software at [www.microchip.com](http://www.microchip.com)

### Description

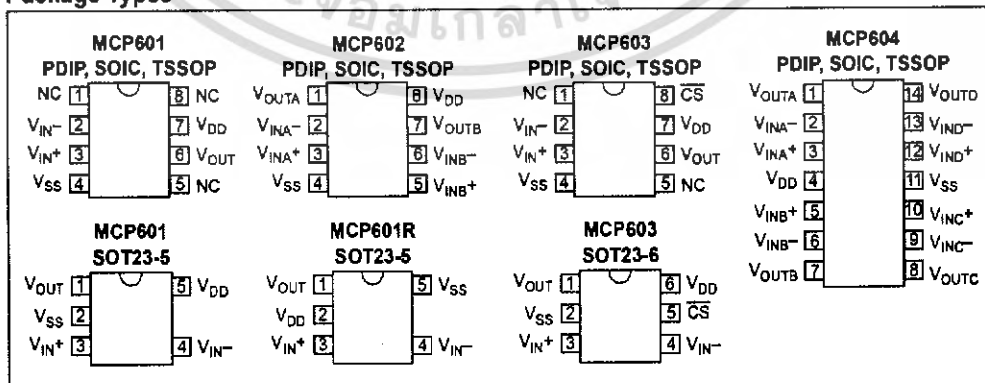
The Microchip Technology Inc. MCP601/2/3/4 family of low-power operational amplifiers (op amps) are offered in single (MCP601), single with Chip Select ( $\overline{CS}$ ) (MCP603), dual (MCP602) and quad (MCP604) configurations. These op amps utilize an advanced CMOS technology that provides low bias current, high-speed operation, high open-loop gain and rail-to-rail output swing. This product offering operates with a single supply voltage that can be as low as 2.7V, while drawing 230  $\mu$ A (typ.) of quiescent current per amplifier. In addition, the common mode input voltage range goes 0.3V below ground, making these amplifiers ideal for single-supply operation.

These devices are appropriate for low-power, battery-operated circuits due to the low quiescent current, for A/D convert driver amplifiers because of their wide bandwidth or for anti-aliasing filters by virtue of their low input bias current.

The MCP601, MCP602 and MCP603 are available in standard 8-lead PDIP, SOIC and TSSOP packages. The MCP601 and MCP601R are also available in a standard 5-lead SOT-23 package, while the MCP603 is available in a standard 6-lead SOT-23 package. The MCP604 is offered in standard 14-lead PDIP, SOIC and TSSOP packages.

The MCP601/2/3/4 family is available in the Industrial and Extended temperature ranges and has a power supply range of 2.7V to 5.5V.

### Package Types



# MCP601/2/3/4

## 1.0 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

### Absolute Maximum Ratings †

$V_{DD} - V_{SS}$ .....	7.0V
All inputs and outputs .....	$V_{SS} - 0.3V$ to $V_{DD} + 0.3V$
Difference input voltage .....	$ V_{DD} - V_{SS} $
Output Short Circuit Current .....	continuous
Current at Input Pin .....	$\pm 2$ mA
Current at Output and Supply Pins .....	$\pm 30$ mA
Storage temperature .....	$-65^{\circ}\text{C}$ to $+150^{\circ}\text{C}$
Junction temperature .....	$+150^{\circ}\text{C}$
ESD protection on all pins (HBM; MM) .....	$\geq 3$ kV; 200V

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

## PIN FUNCTION TABLE

Name	Function
$V_{IN+}$ , $V_{INA+}$ , $V_{INB+}$ , $V_{INC+}$ , $V_{IND+}$	Non-inverting Inputs
$V_{IN-}$ , $V_{INA-}$ , $V_{INB-}$ , $V_{INC-}$ , $V_{IND-}$	Inverting Inputs
$V_{DD}$	Positive Power Supply
$V_{SS}$	Negative Power Supply
$V_{OUT}$ , $V_{OUTA}$ , $V_{OUTB}$ , $V_{OUTC}$ , $V_{OUTD}$	Outputs
$\overline{CS}$	Chip Select
NC	No Internal Connection

## DC CHARACTERISTICS

Electrical Specifications: Unless otherwise specified,  $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{DD} = +2.7V$  to  $+5.5V$ ,  $V_{SS} = \text{GND}$ ,  $V_{CM} = V_{DD}/2$ ,  $V_{OUT} = V_{DD}/2$  and  $R_L = 100\text{ k}\Omega$  to  $V_{DD}/2$ .

Parameters	Sym	Min	Typ	Max	Units	Conditions
<b>Input Offset</b>						
Input Offset Voltage	$V_{OS}$	-2	$\pm 0.7$	+2	mV	
Industrial Temperature	$V_{OS}$	-3	$\pm 1$	+3	mV	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to $+85^{\circ}\text{C}$ (Note 1)
Extended Temperature	$V_{OS}$	-4.5	$\pm 1$	+4.5	mV	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to $+125^{\circ}\text{C}$ (Note 1)
Input Offset Temperature Drift	$\Delta V_{OS}/\Delta T_A$	—	$\pm 2.5$	—	$\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to $+125^{\circ}\text{C}$
Power Supply Rejection	PSRR	80	88	—	dB	$V_{DD} = 2.7V$ to $5.5V$
<b>Input Current and Impedance</b>						
Input Bias Current	$I_B$	—	1	—	pA	
Industrial Temperature	$I_B$	—	20	60	pA	$T_A = +85^{\circ}\text{C}$ (Note 1)
Extended Temperature	$I_B$	—	450	5000	pA	$T_A = +125^{\circ}\text{C}$ (Note 1)
Input Offset Current	$I_{OS}$	—	$\pm 1$	—	pA	
Common Mode Input Impedance	$Z_{CM}$	—	$10^{13}  6$	—	$\Omega  \text{pF}$	
Differential Input Impedance	$Z_{DIFF}$	—	$10^{13}  3$	—	$\Omega  \text{pF}$	
<b>Common Mode</b>						
Common Mode Input Range	$V_{CMR}$	$V_{SS} - 0.3$	—	$V_{DD} - 1.2$	V	
Common Mode Rejection Ratio	CMRR	75	90	—	dB	$V_{DD} = 5.0V$ , $V_{CM} = -0.3V$ to $3.8V$
<b>Open-loop Gain</b>						
DC Open-loop Gain (large signal)	$A_{OL}$	100	115	—	dB	$R_L = 25\text{ k}\Omega$ to $V_{DD}/2$ , $V_{OUT} = 100\text{ mV}$ to $V_{DD} - 100\text{ mV}$
	$A_{OL}$	95	110	—	dB	$R_L = 5\text{ k}\Omega$ to $V_{DD}/2$ , $V_{OUT} = 100\text{ mV}$ to $V_{DD} - 100\text{ mV}$
<b>Output</b>						
Maximum Output Voltage Swing	$V_{OL}, V_{OH}$	$V_{SS} + 15$	—	$V_{DD} - 20$	mV	$R_L = 25\text{ k}\Omega$ to $V_{DD}/2$ , Output overdrive = $0.5V$
	$V_{OL}, V_{OH}$	$V_{SS} + 45$	—	$V_{DD} - 60$	mV	$R_L = 5\text{ k}\Omega$ to $V_{DD}/2$ , Output overdrive = $0.5V$
Linear Output Voltage Swing	$V_{OUT}$	$V_{SS} + 100$	—	$V_{DD} - 100$	mV	$R_L = 25\text{ k}\Omega$ to $V_{DD}/2$ , $A_{OL} \geq 100\text{ dB}$
	$V_{OUT}$	$V_{SS} + 100$	—	$V_{DD} - 100$	mV	$R_L = 5\text{ k}\Omega$ to $V_{DD}/2$ , $A_{OL} \geq 95\text{ dB}$
Output Short Circuit Current	$I_{SC}$	—	$\pm 22$	—	mA	$V_{DD} = 5.5V$
	$I_{SC}$	—	$\pm 12$	—	mA	$V_{DD} = 2.7V$
<b>Power Supply</b>						
Supply Voltage	$V_{DD}$	2.7	—	5.5	V	
Quiescent Current per Amplifier	$I_Q$	—	230	325	$\mu\text{A}$	$I_O = 0$

Note 1: These specifications are not tested in either the SOT-23 or TSSOP packages with date codes older than YYWW = 0408. In these cases, the minimum and maximum values are by design and characterization only.

## MCP601/2/3/4

## AC CHARACTERISTICS

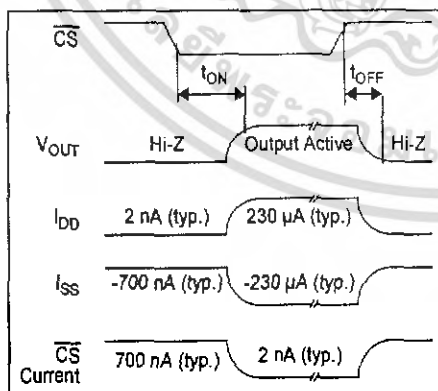
**Electrical Specifications:** Unless otherwise indicated,  $T_A = +25^\circ\text{C}$ ,  $V_{DD} = +2.7\text{V to } +5.5\text{V}$ ,  $V_{SS} = \text{GND}$ ,  $V_{CM} = V_{DD}/2$ ,  $V_{OUT} \approx V_{DD}/2$ ,  $R_L = 100\text{ k}\Omega$  to  $V_{DD}/2$  and  $C_L = 50\text{ pF}$ .

Parameters	Sym	Min	Typ	Max	Units	Conditions
<b>Frequency Response</b>						
Gain Bandwidth Product	GBWP	—	2.8	—	MHz	
Phase Margin	PM	—	50	—	°	$G = +1\text{ V/V}$
<b>Step Response</b>						
Slew Rate	SR	—	2.3	—	V/ $\mu\text{s}$	$G = +1\text{ V/V}$
Settling Time (0.01%)	$t_{\text{settle}}$	—	4.5	—	$\mu\text{s}$	$G = +1\text{ V/V}$ , 3.8V step
<b>Noise</b>						
Input Noise Voltage	$E_{ni}$	—	7	—	$\mu\text{V}_{p-p}$	$f = 0.1\text{ Hz to } 10\text{ Hz}$
Input Noise Voltage Density	$e_{ni}$	—	29	—	nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$	$f = 1\text{ kHz}$
	$e_{ni}$	—	21	—	nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$	$f = 10\text{ kHz}$
Input Noise Current Density	$i_{ni}$	—	0.6	—	fA/ $\sqrt{\text{Hz}}$	$f = 1\text{ kHz}$

## MCP603 CHIP SELECT CHARACTERISTICS

**Electrical Specifications:** Unless otherwise indicated,  $T_A = +25^\circ\text{C}$ ,  $V_{DD} = +2.7\text{V to } +5.5\text{V}$ ,  $V_{SS} = \text{GND}$ ,  $V_{CM} = V_{DD}/2$ ,  $V_{OUT} \approx V_{DD}/2$ ,  $R_L = 100\text{ k}\Omega$  to  $V_{DD}/2$  and  $C_L = 50\text{ pF}$ .

Parameters	Sym	Min	Typ	Max	Units	Conditions
<b>DC Characteristics</b>						
CS Logic Threshold, Low	$V_{IL}$	$V_{SS}$	—	$0.2 V_{DD}$	V	
CS Input Current, Low	$I_{CSL}$	-1.0	—	—	$\mu\text{A}$	$\overline{\text{CS}} = 0.2V_{DD}$
CS Logic Threshold, High	$V_{IH}$	$0.8 V_{DD}$	—	$V_{DD}$	V	
CS Input Current, High	$I_{CSH}$	—	0.7	2.0	$\mu\text{A}$	$\overline{\text{CS}} = V_{DD}$
Shutdown $V_{SS}$ current	$I_{Q\_SHDN}$	-2.0	-0.7	—	$\mu\text{A}$	$\overline{\text{CS}} = V_{DD}$
Amplifier Output Leakage in Shutdown	$I_{O\_SHDN}$	—	1	—	nA	
CS Threshold Hysteresis	HYST	—	0.3	—	V	Internal switch
<b>Timing</b>						
$\overline{\text{CS}}$ Low to Amplifier Output Turn-on Time	$t_{ON}$	—	3.1	10	$\mu\text{s}$	$\overline{\text{CS}} \leq 0.2V_{DD}$ , $G = +1\text{ V/V}$
$\overline{\text{CS}}$ High to Amplifier Output High-Z Time	$t_{OFF}$	—	100	—	ns	$\overline{\text{CS}} \geq 0.8V_{DD}$ , $G = +1\text{ V/V}$ , No load.



**FIGURE 1-1:** MCP603 Chip Select ( $\overline{\text{CS}}$ ) Timing Diagram.

# MCP601/2/3/4

## 3.0 APPLICATIONS INFORMATION

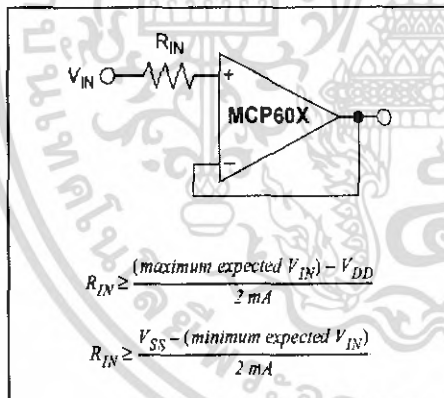
The MCP601/2/3/4 family of op amps are fabricated on Microchip's state-of-the-art CMOS process. They are unity-gain stable and suitable for a wide range of general purpose applications.

### 3.1 Input

The MCP601/2/3/4 amplifier family is designed to not exhibit phase reversal when the input pins exceed the supply rails. Figure 2-33 shows an input voltage that exceeds both supplies with no resulting phase inversion.

The Common Mode Input Voltage Range ( $V_{CMR}$ ) includes ground in single-supply systems ( $V_{SS}$ ), but does not include  $V_{DD}$ . This means that the amplifier input behaves linearly as long as the Common Mode Input Voltage ( $V_{CM}$ ) is kept within the specified  $V_{CMR}$  limits ( $V_{SS} - 0.3V$  to  $V_{DD} - 1.2V$  at  $+25^\circ C$ ).

Input voltages that exceed the input voltage range ( $V_{SS} - 0.3V$  to  $V_{DD} - 1.2V$  at  $+25^\circ C$ ) can cause excessive current to flow into or out of the input pins. Current beyond  $\pm 2 mA$  may cause reliability problems. Applications that exceed this rating must externally limit the input current with a resistor ( $R_{IN}$ ), as shown in Figure 3-1.



**FIGURE 3-1:**  $R_{IN}$  limits the current flow into an input pin.

### 3.2 Rail-to-Rail Output

There are two specifications that describe the output swing capability of the MCP601/2/3/4 family of op amps. The first specification (Maximum Output Voltage Swing) defines the absolute maximum swing that can be achieved under the specified load conditions. For instance, the output voltage swings to within 15 mV of the negative rail with a 25 k $\Omega$  load to  $V_{DD}/2$ . Figure 2-33 shows how the output voltage is limited when the input goes beyond the linear region of operation.

The second specification that describes the output swing capability of these amplifiers is the Linear Output Voltage Swing. This specification defines the maximum output swing that can be achieved while the amplifier is still operating in its linear region. To verify linear operation in this range, the large signal (DC Open-Loop Gain ( $A_{OL}$ )) is measured at points 100 mV inside the supply rails. The measurement must exceed the specified gains in the specification table.

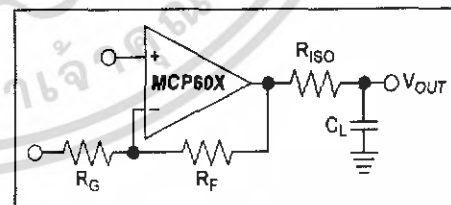
### 3.3 MCP603 Chip Select ( $\overline{CS}$ )

The MCP603 is a single amplifier with Chip Select ( $\overline{CS}$ ). When  $\overline{CS}$  is pulled high, the supply current drops to  $-0.7 \mu A$  (typ.), which is pulled through the  $\overline{CS}$  pin to  $V_{SS}$ . When this happens, the amplifier output is put into a high-impedance state. Pulling  $\overline{CS}$  low enables the amplifier and, if the  $\overline{CS}$  pin is left floating, the amplifier may not operate properly. Figure 1-1 is the Chip Select timing diagram and shows the output voltage, supply currents and  $\overline{CS}$  current in response to a  $\overline{CS}$  pulse. Figure 2-27 shows the measured output voltage response to a  $\overline{CS}$  pulse.

### 3.4 Capacitive Loads

Driving large capacitive loads can cause stability problems for voltage feedback op amps. As the load capacitance increases, the feedback loop's phase margin decreases and the closed-loop bandwidth is reduced. This produces gain peaking in the frequency response with overshoot and ringing in the step response.

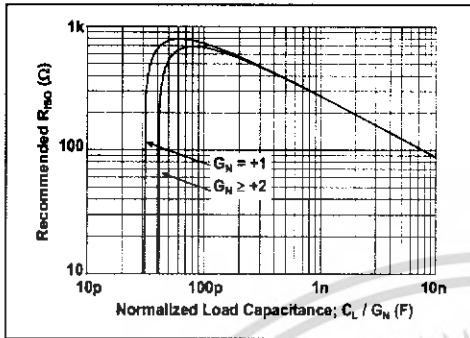
When driving large capacitive loads with these op amps (e.g.,  $> 40 pF$  when  $G = +1$ ), a small series resistor at the output ( $R_{ISO}$  in Figure 3-2) improves the feedback loop's phase margin (stability) by making the output load resistive at higher frequencies. The bandwidth will be generally lower than the bandwidth with no capacitive load.



**FIGURE 3-2:** Output resistor  $R_{ISO}$  stabilizes large capacitive loads.

Figure 3-3 gives recommended  $R_{ISO}$  values for different capacitive loads and gains. The x-axis is the normalized load capacitance ( $C_L/G_N$ ) in order to make it easier to interpret the plot for arbitrary gains.  $G_N$  is the circuit's noise gain. For non-inverting gains,  $G_N$  and the gain are equal. For inverting gains,  $G_N = 1 + |\text{Gain}|$  (e.g.,  $-1 V/V$  gives  $G_N = +2 V/V$ ).

# MCP601/2/3/4



**FIGURE 3-3:** Recommended  $R_{ISO}$  values for capacitive loads.

Once you've selected  $R_{ISO}$  for your circuit, double-check the resulting frequency response peaking and step response overshoot in your circuit. Evaluation on the bench and simulations with the MCP601/2/3/4 SPICE macro model are very helpful. Modify  $R_{ISO}$ 's value until the response is reasonable.

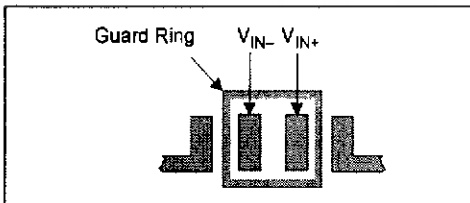
### 3.5 Supply Bypass

With this family of op amps, the power supply pin ( $V_{DD}$  for single-supply) should have a local bypass capacitor (i.e., 0.01  $\mu\text{F}$  to 0.1  $\mu\text{F}$ ) within 2 mm for good high-frequency performance. It also needs a bulk capacitor (i.e., 1  $\mu\text{F}$  or larger) within 100 mm to provide large, slow currents. This bulk capacitor can be shared with other parts.

### 3.6 PCB Surface Leakage

In applications where low input bias current is critical, printed circuit board (PCB) surface leakage effects need to be considered. Surface leakage is caused by humidity, dust or other contamination on the board. Under low humidity conditions, a typical resistance between nearby traces is  $10^{12}\Omega$ . A 5V difference would cause 5 pA of current to flow. This is greater than the MCP601/2/3/4 family's bias current at +25°C (1 pA, typ.).

The easiest way to reduce surface leakage is to use a guard ring around sensitive pins (or traces). The guard ring is biased at the same voltage as the sensitive pin. An example of this type of layout is shown in Figure 3-4.



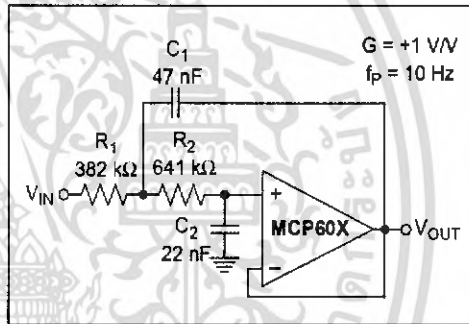
**FIGURE 3-4:** Example Guard Ring layout.

1. Connect the guard ring to the inverting input pin ( $V_{IN-}$ ) for non-inverting gain amplifiers, including unity-gain buffers. This biases the guard ring to the common mode input voltage.
2. Connect the guard ring to the non-inverting input pin ( $V_{IN+}$ ) for inverting gain amplifiers and transimpedance amplifiers (converts current to voltage, such as photo detectors). This biases the guard ring to the same reference voltage as the op amp (e.g.,  $V_{DD}/2$  or ground).

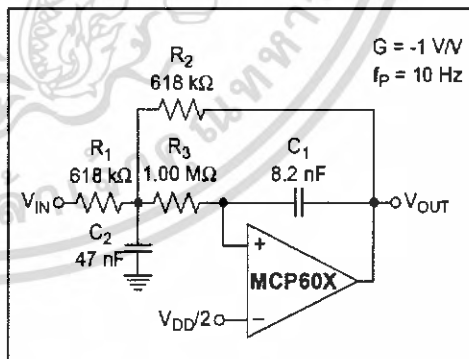
## 3.7 Typical Applications

### 3.7.1 ANALOG FILTERS

Figure 3-5 and Figure 3-6 show low-pass, second-order, Butterworth filters with a cutoff frequency of 10 Hz. The filter in Figure 3-5 has a non-inverting gain of +1 V/V, and the filter in Figure 3-6 has an inverting gain of -1 V/V.



**FIGURE 3-5:** Second-Order, Low-Pass Sallen-Key Filter.



**FIGURE 3-6:** Second-Order, Low-Pass Multiple-Feedback Filter.

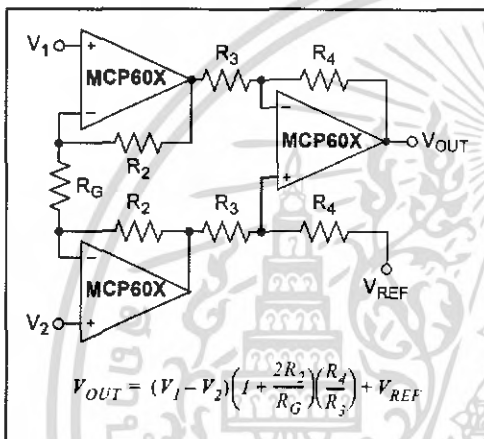
The MCP601/2/3/4 family of op amps have low input bias current, which allows the designer to select larger resistor values and smaller capacitor values for these filters. This helps produce a compact PCB layout. These filters, and others, can be designed using Microchip's FilterLab® software.

# MCP601/2/3/4

## 3.7.2 INSTRUMENTATION AMPLIFIER CIRCUITS

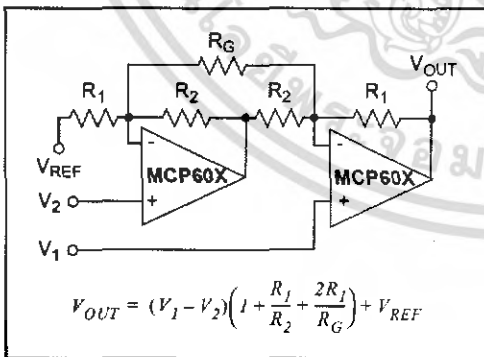
Instrumentation amplifiers have a differential input that subtracts one input voltage from another and rejects common mode signals. These amplifiers also provide a single-ended output voltage.

The three-op amp instrumentation amplifier is illustrated in Figure 3-7. One advantage of this approach is unity-gain operation, while one disadvantage is that the common mode input range is reduced as  $R_2/R_G$  gets larger.



**FIGURE 3-7:** Three-Op Amp Instrumentation Amplifier.

The two-op amp instrumentation amplifier is shown in Figure 3-8. While its power consumption is lower than the three-op amp version, its main drawbacks are that the common mode range is reduced with higher gains and it must be configured in gains of two or higher.



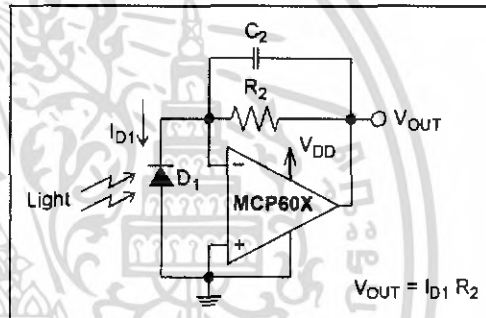
**FIGURE 3-8:** Two-Op Amp Instrumentation Amplifier.

Both instrumentation amplifiers should use a bulk bypass capacitor of at least 1  $\mu$ F. The CMRR of these amplifiers will be set by both the op amp CMRR and resistor matching.

## 3.7.3 PHOTO DETECTION

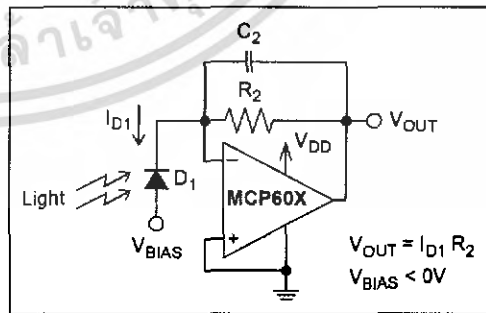
The MCP601/2/3/4 op amps can be used to easily convert the signal from a sensor that produces an output current (such as a photo diode) into a voltage (a transimpedance amplifier). This is implemented with a single resistor ( $R_2$ ) in the feedback loop of the amplifiers shown in Figure 3-9 and Figure 3-10. The optional capacitor ( $C_2$ ) sometimes provides stability for these circuits.

A photodiode configured in the Photovoltaic mode has zero voltage potential placed across it (Figure 3-9). In this mode, the light sensitivity and linearity is maximized, making it best suited for precision applications. The key amplifier specifications for this application are: low input bias current, low noise, common mode input voltage range (including ground) and rail-to-rail output.



**FIGURE 3-9:** Photovoltaic Mode Detector.

In contrast, a photodiode that is configured in the Photoconductive mode has a reverse bias voltage across the photo-sensing element (Figure 3-10). This decreases the diode capacitance, which facilitates high-speed operation (e.g., high-speed digital communications). The design trade-off is increased diode leakage current and linearity errors. The op amp needs to have a wide Gain Bandwidth Product (GBWP).



**FIGURE 3-10:** Photoconductive Mode Detector.



# MCP3202

## 2.7V Dual Channel 12-Bit A/D Converter with SPI™ Serial Interface

### Features

- 12-bit resolution
- $\pm 1$  LSB max DNL
- $\pm 1$  LSB max INL (MCP3202-B)
- $\pm 2$  LSB max INL (MCP3202-C)
- Analog inputs programmable as single-ended or pseudo-differential pairs
- On-chip sample and hold
- SPI™ serial interface (modes 0,0 and 1,1)
- Single supply operation: 2.7V - 5.5V
- 100 kbps max. sampling rate at  $V_{DD} = 5V$
- 50 kbps max. sampling rate at  $V_{DD} = 2.7V$
- Low power CMOS technology
  - 500 nA typical standby current, 5  $\mu A$  max.
  - 550  $\mu A$  max. active current at 5V
- Industrial temp range:  $-40^{\circ}C$  to  $+85^{\circ}C$
- 8-pin MSOP, PDIP, SOIC and TSSOP packages

### Applications

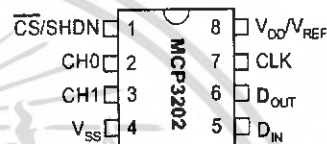
- Sensor Interface
- Process Control
- Data Acquisition
- Battery Operated Systems

### Description

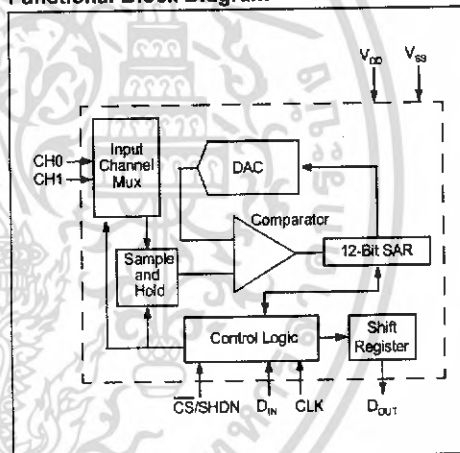
The Microchip Technology Inc. MCP3202 is a successive approximation 12-bit Analog-to-Digital (A/D) Converter with on-board sample and hold circuitry. The MCP3202 is programmable to provide a single pseudo-differential input pair or dual single-ended inputs. Differential Nonlinearity (DNL) is specified at  $\pm 1$  LSB, and Integral Nonlinearity (INL) is offered in  $\pm 1$  LSB (MCP3202-B) and  $\pm 2$  LSB (MCP3202-C) versions. Communication with the device is done using a simple serial interface compatible with the SPI protocol. The device is capable of conversion rates of up to 100 kbps at 5V and 50 kbps at 2.7V. The MCP3202 device operates over a broad voltage range (2.7V - 5.5V). Low current design permits operation with typical standby and active currents of only 500 nA and 375  $\mu A$ , respectively. The MCP3202 is offered in 8-pin MSOP, PDIP, TSSOP and 150 mil SOIC packages.

### Package Types

#### PDIP, MSOP, SOIC, TSSOP



### Functional Block Diagram



# MCP3202

## 1.0 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

### 1.1 Maximum Ratings\*

$V_{DD}$ .....7.0V  
 All inputs and outputs w.r.t.  $V_{SS}$ ..... -0.6V to  $V_{DD}$  +0.6V  
 Storage temperature ..... -65°C to +150°C  
 Ambient temp. with power applied ..... -65°C to +125°C  
 ESD protection on all pins (HBM)..... > 4 kV

\*Notice: Stresses above those listed under "Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at those or any other conditions above those indicated in the operational listings of this specification is not implied. Exposure to maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

## PIN FUNCTION TABLE

Name	Function
$V_{DD}/V_{REF}$	+2.7V to 5.5V Power Supply and Reference Voltage Input
CH0	Channel 0 Analog Input
CH1	Channel 1 Analog Input
CLK	Serial Clock
$D_{IN}$	Serial Data In
$D_{OUT}$	Serial Data Out
CS/SHDN	Chip Select/Shutdown Input

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

All parameters apply at  $V_{DD} = 5.5V$ ,  $V_{SS} = 0V$ ,  $T_{AMB} = -40^{\circ}C$  to  $+85^{\circ}C$ ,  $f_{SAMPLE} = 100$  ksps and  $f_{CLK} = 18 \cdot f_{SAMPLE}$  unless otherwise noted.

Parameter	Sym	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
<b>Conversion Rate:</b>						
Conversion Time	$t_{CONV}$	—	—	12	clock cycles	
Analog Input Sample Time	$t_{SAMPLE}$	—	1.5	—	clock cycles	
Throughput Rate	$f_{SAMPLE}$	—	—	100	ksps	$V_{DD} = V_{REF} = 5V$ $V_{DD} = V_{REF} = 2.7V$
		—	—	50	ksps	
<b>DC Accuracy:</b>						
Resolution			12		bits	
Integral Nonlinearity	INL	—	$\pm 0.75$	$\pm 1$	LSB	MCP3202-B MCP3202-C
		—	$\pm 1$	$\pm 2$	LSB	
Differential Nonlinearity	DNL	—	$\pm 0.5$	$\pm 1$	LSB	No missing codes over temperature
Offset Error		—	$\pm 1.25$	$\pm 3$	LSB	
Gain Error		—	$\pm 1.25$	$\pm 5$	LSB	
<b>Dynamic Performance:</b>						
Total Harmonic Distortion	THD	—	-82	—	dB	$V_{IN} = 0.1V$ to $4.9V$ @1 kHz
Signal to Noise and Distortion (SINAD)	SINAD	—	72	—	dB	$V_{IN} = 0.1V$ to $4.9V$ @1 kHz
Spurious Free Dynamic Range	SFDR	—	86	—	dB	$V_{IN} = 0.1V$ to $4.9V$ @1 kHz
<b>Analog Inputs:</b>						
Input Voltage Range for CH0 or CH1 in Single-Ended Mode		$V_{SS}$	—	$V_{DD}$	V	
Input Voltage Range for IN+ in Pseudo-Differential Mode	IN+	IN-	—	$V_{DD} + IN-$		See Sections 3.1 and 4.1
Input Voltage Range for IN- in Pseudo-Differential Mode	IN-	$V_{SS} - 100$	—	$V_{SS} + 100$	mV	See Sections 3.1 and 4.1
Leakage Current		—	.001	$\pm 1$	$\mu A$	
Switch Resistance	$R_{SS}$	—	1 k	—	$\Omega$	See Figure 4-1

**Note 1:** This parameter is established by characterization and not 100% tested.

**2:** Because the sample cap will eventually lose charge, effective clock rates below 10 kHz can affect linearity performance, especially at elevated temperatures. See Section 6.2 for more information.

# MCP3202

## 3.0 PIN DESCRIPTIONS

### 3.1 CH0/CH1

Analog inputs for channels 0 and 1 respectively. These channels can be programmed to be used as two independent channels in single-ended mode or as a single pseudo-differential input where one channel is IN+ and one channel is IN-. See Section 5.0 for information on programming the channel configuration.

### 3.2 Chip Select/Shutdown (CS/SHDN)

The CS/SHDN pin is used to initiate communication with the device when pulled low and will end a conversion and put the device in low power standby when pulled high. The CS/SHDN pin must be pulled high between conversions.

### 3.3 Serial Clock (CLK)

The SPI clock pin is used to initiate a conversion and to clock out each bit of the conversion as it takes place. See Section 6.2 for constraints on clock speed.

### 3.4 Serial Data Input (DIN)

The SPI port serial data input pin is used to clock in input channel configuration data.

### 3.5 Serial Data Output (DOUT)

The SPI serial data output pin is used to shift out the results of the A/D conversion. Data will always change on the falling edge of each clock as the conversion takes place.

## 4.0 DEVICE OPERATION

The MCP3202 A/D Converter employs a conventional SAR architecture. With this architecture, a sample is acquired on an internal sample/hold capacitor for 1.5 clock cycles starting on the second rising edge of the serial clock after the start bit has been received. Following this sample time, the input switch of the converter opens and the device uses the collected charge on the internal sample and hold capacitor to produce a serial 12-bit digital output code. Conversion rates of 100 ksps are possible on the MCP3202. See Section 6.2 for information on minimum clock rates. Communication with the device is done using a 3-wire SPI-compatible interface.

## 4.1 Analog Inputs

The MCP3202 device offers the choice of using the analog input channels configured as two single-ended inputs or a single pseudo-differential input. Configuration is done as part of the serial command before each conversion begins. When used in the pseudo-differential mode, CH0 and CH1 are programmed as the IN+ and IN- inputs as part of the command string transmitted to the device. The IN+ input can range from IN- to  $V_{REF}$  ( $V_{DD} + IN-$ ). The IN- input is limited to  $\pm 100$  mV from the  $V_{SS}$  rail. The IN- input can be used to cancel small signal common-mode noise which is present on both the IN+ and IN- inputs.

For the A/D Converter to meet specification, the charge holding capacitor ( $C_{SAMPLE}$ ) must be given enough time to acquire a 12-bit accurate voltage level during the 1.5 clock cycle sampling period. The analog input model is shown in Figure 4-1.

In this diagram, it is shown that the source impedance ( $R_S$ ) adds to the internal sampling switch ( $R_{SS}$ ) impedance, directly affecting the time that is required to charge the capacitor,  $C_{SAMPLE}$ . Consequently, larger source impedances increase the offset, gain, and integral linearity errors of the conversion.

Ideally, the impedance of the signal source should be near zero. This is achievable with an operational amplifier such as the MCP601 which has a closed loop output impedance of tens of ohms. The adverse effects of higher source impedances are shown in Figure 4-2.

When operating in the pseudo-differential mode, if the voltage level of IN+ is equal to or less than IN-, the resultant code will be 000h. If the voltage at IN+ is equal to or greater than  $(V_{DD} + (IN-)) - 1$  LSB, then the output code will be FFFh. If the voltage level at IN- is more than 1 LSB below  $V_{SS}$ , then the voltage level at the IN+ input will have to go below  $V_{SS}$  to see the 000h output code. Conversely, if IN- is more than 1 LSB above  $V_{SS}$ , then the FFFh code will not be seen unless the IN+ input level goes above  $V_{DD}$  level.

## 4.2 Digital Output Code

The digital output code produced by an A/D Converter is a function of the input signal and the reference voltage. For the MCP3202,  $V_{DD}$  is used as the reference voltage. As the  $V_{DD}$  level is reduced, the LSB size is reduced accordingly. The theoretical digital output code produced by the A/D Converter is shown below.

$$\text{Digital Output Code} = \frac{4096 \cdot V_{IN}}{V_{DD}}$$

where:

$V_{IN}$  = analog input voltage

$V_{DD}$  = supply voltage

## MCP3202

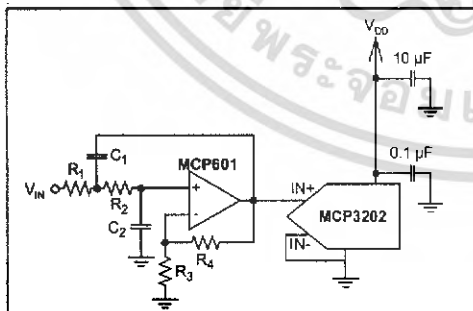
### 6.2 Maintaining Minimum Clock Speed

When the MCP3202 initiates the sample period, charge is stored on the sample capacitor. When the sample period is complete, the device converts one bit for each clock that is received. It is important for the user to note that a slow clock rate will allow charge to bleed off the sample cap while the conversion is taking place. At 85°C (worst case condition), the part will maintain proper charge on the sample capacitor for at least 1.2 ms after the sample period has ended. This means that the time between the end of the sample period and the time that all 12 data bits have been clocked out must not exceed 1.2 ms (effective clock frequency of 10 kHz). Failure to meet this criteria may induce linearity errors into the conversion outside the rated specifications. It should be noted that during the entire conversion cycle, the A/D Converter does not require a constant clock speed or duty cycle, as long as all timing specifications are met.

### 6.3 Buffering/Filtering the Analog Inputs

If the signal source for the A/D Converter is not a low impedance source, it will have to be buffered or inaccurate conversion results may occur. It is also recommended that a filter be used to eliminate any signals that may be aliased back into the conversion results. This is illustrated in Figure 6-3 below where an op amp is used to drive the analog input of the MCP3202. This amplifier provides a low impedance output for the converter input and a low pass filter, which eliminates unwanted high frequency noise.

Low pass (anti-aliasing) filters can be designed using Microchip's interactive FilterLab™ software. FilterLab will calculate capacitor and resistor values, as well as, determine the number of poles that are required for the application. For more information on filtering signals, see the application note AN699 "Anti-Aliasing Analog Filters for Data Acquisition Systems".



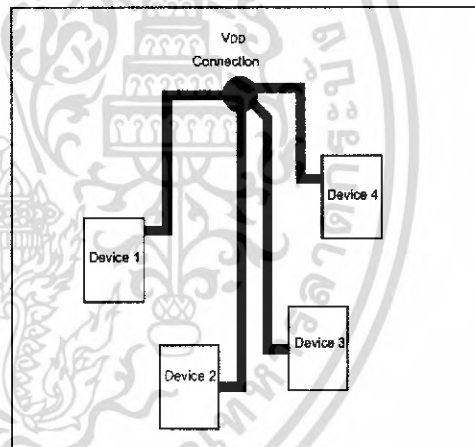
**FIGURE 6-3:** The MCP601 Operational Amplifier is used to implement a 2nd order anti-aliasing filter for the signal being converted by the MCP3202.

### 6.4 Layout Considerations

When laying out a printed circuit board for use with analog components, care should be taken to reduce noise wherever possible. A bypass capacitor should always be used with this device and should be placed as close as possible to the device pin. A bypass capacitor value of 0.1 µF is recommended.

Digital and analog traces should be separated as much as possible on the board and no traces should run underneath the device or the bypass capacitor. Extra precautions should be taken to keep traces with high frequency signals (such as clock lines) as far as possible from analog traces.

Use of an analog ground plane is recommended in order to keep the ground potential the same for all devices on the board. Providing V<sub>DD</sub> connections to devices in a "star" configuration can also reduce noise by eliminating current return paths and associated errors. See Figure 6-4. For more information on layout tips when using A/D Converters, refer to AN688 "Layout Tips for 12-Bit A/D Converter Applications".



**FIGURE 6-4:** V<sub>DD</sub> traces arranged in a 'Star' configuration in order to reduce errors caused by current return paths.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คู่มือการใช้งาน เครื่องจำหน่ายข่าวสารอัตโนมัติ 2



ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม  
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1. คำแนะนำเบื้องต้น

ก่อนที่จะใช้งานเครื่องจำหน่ายข่าวสารอัตโนมัติควรทำการศึกษาใช้งานจากคู่มือให้เข้าใจก่อนเพื่อป้องกันการใช้งานและเป็นการป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับตัวเครื่องจำหน่ายข่าวสาร

## 2. ส่วนประกอบและควบคุม



รูปที่ จ.1 ส่วนประกอบและปุ่มควบคุมเครื่องของเครื่องจำหน่ายข่าวสารอัตโนมัติ

จากรูปที่ จ.1 มีรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

1. จุดใส่ข่าวสาร
2. ช่องรับข่าวสาร
3. ช่องหยอดเหรียญ
4. ช่องคืนเหรียญ
5. จอแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ปุ่มเลือกชนิดข่าวสารชนิดที่1
7. ปุ่มเลือกชนิดข่าวสารชนิดที่2
8. ปุ่มตกลงการทำงาน
9. ปุ่มยกเลิกการทำงาน
10. หลอดไฟแสดงผลข่าวสารชนิดที่ 1 พอจำหน่าย
11. หลอดไฟแสดงผลข่าวสารชนิดที่ 2 พอจำหน่าย
12. หลอดไฟแสดงว่าข่าวไม่พอจำหน่าย

### 3. การติดตั้งและการทำงาน

- 3.1 เลียบปลั๊กจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์
- 3.2 เปิดสวิตช์ให้กับเครื่อง
- 3.3 สังเกตไฟแสดงผล

หากสัญญาณไฟสีแดงสว่าง (หมายเลข 12) แสดงว่าเครื่องจำหน่ายข่าวสารไม่เพียงพอต่อการจัดจำหน่ายในอัตราขั้นต่ำสุด จึงควรทำการเติมข่าวสาร

หากสัญญาณไฟสีเขียว (หมายเลข 10) หรือสีส้ม (หมายเลข 11) สว่างแสดงว่าเครื่องจำหน่ายข่าวสารอัตโนมัติพร้อมที่จะทำงานและมีจำนวนข่าวสารพร้อมที่จะจำหน่าย

หากไฟจอแสดงผลติดแสดงว่าเครื่องพร้อมใช้งาน

3.4 หยอดเหรียญ 1, 5, 10 บาท ที่ช่องหยอดเหรียญตามจำนวนที่ต้องการ จากนั้นทำการสังเกตไฟหน้าจอแสดงผลจำนวนเงิน

3.5 กดปุ่มเลือกชนิดข่าวตามต้องการ

3.6 นำถุงหรือภาชนะที่เตรียมไว้มารองรับข่าวสารจากช่องจ่ายข่าวสาร จากนั้นกดปุ่มตกลงเครื่องก็จะจ่ายข่าวตามจำนวนที่ผู้ซื้อต้องการ หรือกดปุ่มยกเลิก ในกรณีที่ไม่ต้องการที่จะซื้อข่าวสาร

### 4. การแก้ปัญหาเบื้องต้น

เมื่อท่านประสบปัญหาในการใช้งานเครื่องจำหน่ายข่าวสารอัตโนมัติ สามารถตรวจสอบแนวทางการแก้ปัญหาเบื้องต้นได้จากตารางข้างล่างนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ตารางที่ จ.1 การแก้ไขเบื้องต้น

อาการ	สาเหตุและ/หรือวิธีการแก้ไข
เครื่องไม่ทำงานไฟแสดงผลต่างๆ ไม่ติด	ตรวจสอบแหล่งจ่ายไฟและสวิตช์หลักถ้าไม่ได้ผลให้ติดต่อเจ้าหน้าที่
จอแสดงผลตัวเลขเจ็ดส่วนไม่ทำงาน	ให้ทำการปิด-เปิดเครื่องใหม่ถ้าไม่ได้ผลให้ติดต่อเจ้าหน้าที่
ไฟแสดงผลข่าวสารไม่เพียงพอติดเครื่องหรือขัดข้อง	ข่าวในเครื่องอาจจะหมด ให้ทำการตรวจสอบปริมาณข่าวสารในถังว่าเพียงพอต่อการจำหน่ายขั้นต่ำหรือไม่ ถ้าหากข่าวสารไม่เพียงพอให้ทำการเติมข่าวสาร ถ้าไม่ได้ผลให้ติดต่อเจ้าหน้าที่

## 5. การดูแลรักษา

### 5.1 การดูแลรักษา

1. เช็ดทำความสะอาดถังเก็บข่าวสารด้วยผ้าสะอาด
2. เช็ดทำความสะอาดช่องจ่ายข่าวสารด้วยผ้าสะอาด
3. ตรวจสอบปลั๊กเสียบให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานอยู่เสมอ

### 5.2 ข้อควรระวัง

1. ควรศึกษาคู่มือการใช้งานตัวเครื่องก่อนใช้งานเครื่อง
2. ควรวางตัวเครื่องไว้ที่อากาศถ่ายเทสะดวก
3. ควรระวังในการเคลื่อนย้ายตัวเคลื่อน เพราะอาจทำให้ระบบกลไกในตัวเครื่องเสียหายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6. ข้อมูลจำเพาะ

ตารางที่ จ.2 ข้อมูลจำเพาะ

คุณสมบัติ	รายละเอียด
การกำหนดปริมาณ	ใช้โพลดเซลล์ในการชั่งน้ำหนักให้ได้ตามความต้องการ
ส่วนแสดงผล	จอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน
การปิด-เปิดการจ่ายข้าว	ใช้โซลินอยด์ในการปิด-เปิดข้าว
แหล่งจ่ายพลังงาน	ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิร์ตซ์

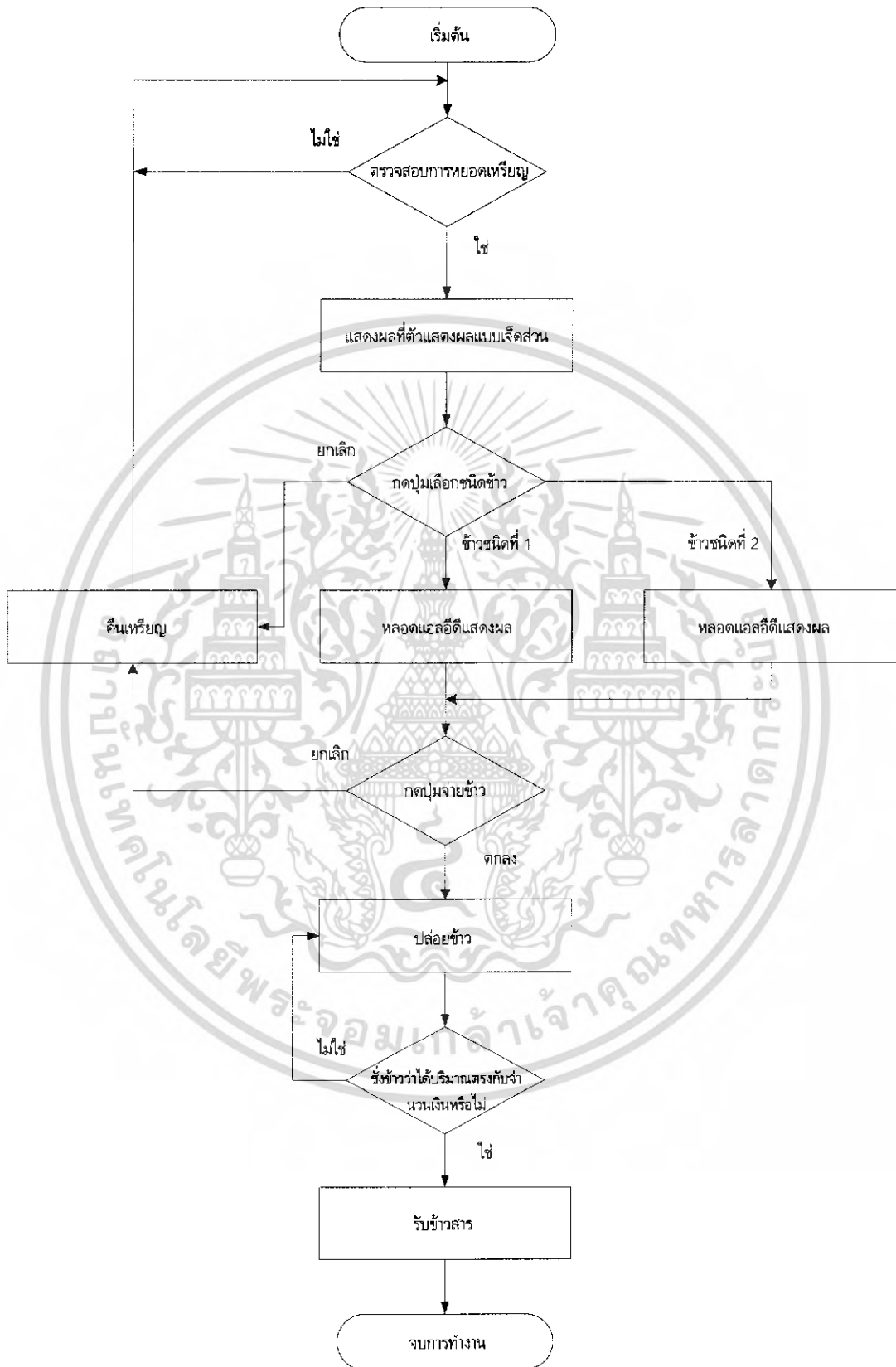
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ฉ

ผังงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๑.1 ผังงานการทำงานของเครื่องจำหน่ายข้าวสารอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**ภาคผนวก ช**  
**รหัสต้นฉบับของโปรแกรม**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## โปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่อง

```
// Header: load_shell 1.0
// File Name: load_shell.c
// Author: chawalit meekhom and Parinya Singhngarm
// Date: 22-02-2006
// Include Function For Keil51          // R opa 20 k
#include <REGX52.H>
//#include <at89x51.h>
#include <intrins.h>
#include <STDLIB.H>
#include <stdio.h>
//-----595 display-----

sbit CLOCK = P1^1;
sbit STOBE = P1^2;
sbit DATA = P1^0;
bit f9;
bit f3,f2;
unsigned int Pric1,Pric2,couter;

//-----

sbit BEEP = P1^6;
sbit zero = P2^0;

sbit ok = P2^4;
sbit cancel = P2^5;

sbit up1 = P2^0;
sbit dow1 = P2^1;
sbit up2 = P2^2;
sbit dow2 = P2^3;
sbit ch1 = P2^6;
sbit ch2 = P2^7;
sbit led1 = P0^7;
sbit led2 = P0^6;

sbit V1 = P0^0;
sbit V2 = P0^1;

sbit sensor = P0^4;

sbit M1 = P0^2;
sbit M2 = P0^3;

//-----load shell-----

float v;
long float out1,out;
unsigned int ADCBUF[8];

unsigned int ddl,cari,bs,num;
unsigned char id,ld,cou;
bit dl,d2;
unsigned int d;
```

```

/***** I/O PORT *****/

sbit   ADCS      = P3^5;
sbit   ADCK      = P3^4;
sbit   ADDO      = P3^3;
sbit   ADDI      = P3^2;

/***** RAM WORKING *****/
unsigned int   ADCBUF[8];
/***** SUB FUNCTION *****/
unsigned int mcp3202r0 (void) { // read mcp3202 a/d channel 0
    unsigned char i;
    unsigned int x;
    x = 0;
    ADCK = 0; // clk low first
    ADCS = 0; // chip select
    ADDI = 1; ADCK = 1; ADCK = 0; // start bit
    ADDI = 1; ADCK = 1; ADCK = 0; // SGL/DIFF = 1
    ADDI = 0; ADCK = 1; ADCK = 0; // ODD/SIGN = 0
    ADDI = 1; ADCK = 1; ADCK = 0; // MSBF = 1
    _nop_ ();
    _nop_ ();
    for (i=0;i<=11;i++) { // 12 bit data
        ADCK = 1; ADCK = 0;
        x <<= 1;
        x = x | ADDO;
    }
    ADCS = 1;
    return (x);
}
unsigned int mcp3202a0 (void) { // read a/d (ave buffer)
    unsigned char i;
    unsigned long x;
    ADCBUF[7] = ADCBUF[6];
    ADCBUF[6] = ADCBUF[5];
    ADCBUF[5] = ADCBUF[4];
    ADCBUF[4] = ADCBUF[3];
    ADCBUF[3] = ADCBUF[2];
    ADCBUF[2] = ADCBUF[1];
    ADCBUF[1] = ADCBUF[0];
    ADCBUF[0] = mcp3202r0 ();
    x = 0;
    for (i=0;i<=7;i++) x += ADCBUF[i];
    x = x / 8;
    return (x);
}
/***** MAIN FUNCTION *****/

void start (void) { // speed x 1
    SCON = 0x52; // set RS232 parameter
    TMOD = 0x20;
    TH1 = 0xfd; PCON |= 0x80; // 19200
    TR1 = 1;
}
unsigned char gt;
//bit bed = P3^3;

```

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void bed (void)
{
  BEEP=0;

  BEEP=1;

  if(gt < 20){gt=10;}else{ gt=gt-20;}
  dmsec(gt);

}
//-----
code unsigned char
  segment[11]={0x40,0xf4,0x82,0x90,0x34,0x18,0x08,0xf0,0x00,0x10
,0xff};
code unsigned char
  patt_1[8]={0x01,0x02,0x04,0x08,0x10,0x20,0x40,0x80};

bit lok;
void dis_sub(unsigned char dat)
{ char j;

  for(j=7;j>=0;j--)
  {
if((segment[dat] & patt_1[j]) == patt_1[j]) { DATA=1; }
else{ if(j==0){DATA=1;if((f3==1)&(f2==1)){DATA=0;}}else{DATA=0;}
}

  _nop_();_nop_();_nop_();_nop_();_nop_();_nop_();_nop_();
  _nop_();_nop_();

  CLOCK=1;_nop_();_nop_();_nop_();_nop_();_nop_();_nop_();
  _nop_();_nop_();_nop_();_nop_();
  CLOCK=0;_nop_();_nop_();_nop_();_nop_();
  _nop_();_nop_();_nop_();_nop_();_nop_();_nop_();
  _nop_();_nop_();_nop_();_nop_();_nop_();_nop_();

}

//-----
enddis2
void display4(unsigned int dat)
{
//-----Kg-----
  dis_sub((dat/1000)%10);
f3=1;  dis_sub((dat/100)%10); f3=0;
  dis_sub((dat/10)%10);
  dis_sub((dat/1)%10);

  _nop_();_nop_();_nop_();_nop_();_nop_();_nop_();
  _nop_();_nop_();_nop_();_nop_();_nop_();_nop_();
  _nop_();_nop_();_nop_();_nop_();

}

//-----
void Read (void)
{
d      = mcp3202a0 ();
out    =(d/1.39);
if(d1==0)

```

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
    if(d2==1){cari=4000-dd1; d1=1;}
}

//-----
void ok_cancel (void)
{
    dmsec(800);
    while(sensor==1);
    dmsec(300); M1=0;M2=0;
}
//-----
unsigned int out_run;
void run (void)
{Read(); cari=4000-dd1;couter=0;
  dmsec(200);

  if(led1==0){out_run=(num*(100/Pr1c1));
    V1=1;
}
  if(led2==0){out_run=(num*(100/Pr1c2));
    V2=1;
}
  while(1)
    {Read(); display4(out);
      if(out > out_run){V1=0;V2=0; couter=800;break;}
      if(out > 700)
    {
      V1=0;V2=0;break;
    }
      couter++; dmsec(10);if(couter > 60000){break;}
    }
      dmsec(200);
      num=0;
      display4(out_run);
      dmsec(3000);
    }
//-----
void main (void)
{
M1=0;
M2=0;

V1=0;
V2=0;

//-----Int set start timer0-----

  TH0=0x47; // 100 usec 11.059 * 1
  TL0=0x47;
  TR0=1;
  ET0=1;
//-----Run interup all-----
  EA=0;
// printf("\n Print Start Power ON");

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

delay(65000);
//-----
d1=0;d2=0;

//-----sys seting-----
    Pric1=10;
    Pric2=20;

led1=0;
led2=1;

M1=1;

ok_cancel();

num=0;

while(1)
{
    cout++;
    if(couter > 300){couter=60000;}

    f2=1; //display4(out);
    f3=0; // R opa 20 k

    if(up1==0) { Pric1++;dmsec(100);couter=0;f9=1;}
    if(dow1==0){ Pric1--;dmsec(100);couter=0;f9=1;}

    if(up2==0) { Pric2++;dmsec(100);couter=0;f9=0;}
    if(dow2==0){ Pric2--;dmsec(100);couter=0;f9=0;}

//----- sys -----control
    if(num > 0)
    {if(ch1==0){led1=1;led2=0;}
    if(ch2==0){led2=1;led1=0;}

    display4(num*100);    couter=700;

    if(ok==0)
    {
        run(); M1=1;ok_cancel();
        led1=1;led2=1;num=0;led1=1;
        led2=1;
    }

    if(cancel==0){ M2=1;ok_cancel();
    led1=0;led2=1;num=0;}

    }

    else{Read();

if(couter>300){ display4(out);}else{if(f9==1){ display4(Pric1);
}

if(f9==0){ display4(Pric2);}

}

//----- sys end -----

```

```
sbit in_put = P3^0;

void timer0(void) interrupt 1
{
    TL0=0x7f;
    TH0=0xff; //1.054 khz //11.059
    if(in_put==1){lock=0;}
    if(lock==0){if(in_put==0){num++;lock=1;}}
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้แต่ง



ชื่อ-นามสกุล	นายชวลิต มีขำ
วัน เดือน ปีเกิด	31 กรกฎาคม พ.ศ. 2525
ภูมิลำเนา	3138/65 หมู่10 ตำบลลำโรงเหนือ อำเภอเมือง จังหวัด สมุทรปราการ รหัสไปรษณีย์ 10270
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนทรงวิทยุ จังหวัดสมุทรปราการ
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนหนองฉางวิทยา จังหวัดอุทัยธานี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคอุทัยธานี จังหวัดอุทัยธานี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	โรงเรียนเทคโนโลยีกรุงเทพ จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
ความสนใจพิเศษ	-
คติพจน์	อย่าคิดท้อถอย ก่อนยังไม่ได้ลงมือทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้แต่ง



ชื่อ-นามสกุล	นายปริญญา สิงห์งาม
วัน เดือน ปีเกิด	3 มิถุนายน พ.ศ. 2527
ภูมิลำเนา	50/4 หมู่ - ซอยลาดพร้าว 114 แขวงวังทองหลาง เขตวังทองหลาง จังหวัดกรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10310
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนสุเหร่าดอนสะแก จังหวัดกรุงเทพมหานคร
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนบางกะปิ จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
ความสนใจพิเศษ	-
คติพจน์	สู้เพื่อแม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

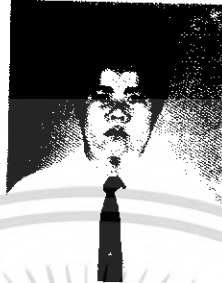
## ประวัติผู้แต่ง



ชื่อ-นามสกุล	นายวัชรพงษ์ มีนา
วัน เดือน ปีเกิด	15 มีนาคม พ.ศ. 2525
ภูมิลำเนา	2 หมู่ 5 แขวงสามวาตะวันออก เขตคลองสามวา จังหวัด กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10510
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดสุขใจ จังหวัดกรุงเทพมหานคร
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนเศรษฐบุตรีบำเพ็ญ จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ จังหวัด กรุงเทพมหานคร
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
ความสนใจพิเศษ	-
คติพจน์	ทุกอย่างมีความพอดีในตัวของมันเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้แต่ง



ชื่อ-นามสกุล	นายอนุวัตร นคร
วัน เดือน ปีเกิด	18 กรกฎาคม พ.ศ. 2525
ภูมิลำเนา	8/6 หมู่ 4 แขวงบางชัน เขตคลองสามวา จังหวัด กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10510
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนถนนอมพิศวิทยา จังหวัดกรุงเทพมหานคร
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนนวมินทราชินูทิศ บดินเดชา จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคมีนบุรี จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ปริญญาตรี	สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
ความสนใจพิเศษ	-
คติพจน์	จงอย่าคิดว่าตนเองเก่ง แต่จงรู้ว่าตนเองเก่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้