

การควบคุมตำแหน่งมอเตอร์ 2 แกน
2 AXISES POSITION MOTOR CONTROL



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน...45870
วัน, เดือน, ปี 19 ก.พ. 2546

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 AXISES POSITION MOTOR CONTROL



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

2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การควบคุมตำแหน่งมอเตอร์ 2 แกน
2 AXISES POSITION MOTOR CONTROL

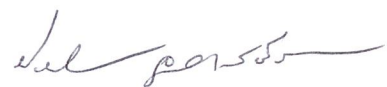
นักศึกษาผู้จัดทำ นายประวิต จิ่งสง่า รหัสประจำตัว 42015443
นายมนธิชัย ชาวกรุงเก่า รหัสประจำตัว 42015449
นายมานพ สุขสนิท รหัสประจำตัว 42015450

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม
ปีการศึกษา 2544

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
อาจารย์สาท คำมูล อาจารย์วิศรุต ศิริรัตน์	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันอังคารที่ 7 พฤษภาคม พ.ศ. 2545
สถานที่สอบ ณ ห้องสอบวิทยานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชารับรองแล้ว



(ผศ. ประสิทธิ์ จุลเสวีวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การควบคุมตำแหน่งมอเตอร์ 2 แกน	
	2 AXISES POSITION CONTROL MOTOR	
นักศึกษาจัดทำ	นายประวิต	จึงสง่า
	นายมนธิชัย	ชาวกรุงเก่า
	นายมานพ	สุขสนิท
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์สาท	คำมุล
	อาจารย์วิศรุต	ศรีรัตนะ
ปีการศึกษา	2544	

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาวิธีการควบคุมตำแหน่งของดีซีเซอร์โวมอเตอร์ 2 แกน โดยใช้การควบคุมแบบป้อนกลับและใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานทั้งหมด การจับมอเตอร์ใช้เทคนิคพีดีบีลิวเอ็ม โดยสร้างสัญญาณพีดีบีลิวเอ็มจาก IC TL494 ในส่วนของ Manual และ IC-MC34060 ในส่วนของ Auto วงจรกำลังวางตัวในลักษณะ H – Bridge ข้อดีของเทคนิคการจับและวงจรกำลังแบบนี้ คือ การใช้พีดีบีลิวเอ็มจะลดกำลังการสูญเสียบนอุปกรณ์สวิตซ์ซึ่งเป็นการป้องกันการเสียหายจากความร้อนที่เกิดบนอุปกรณ์ เมื่อเปรียบเทียบกับการจับแบบลิเนียร์แอมพลิฟายเออร์ ทำให้ประสิทธิภาพของวงจรสูงขึ้นและใช้แหล่งจ่ายเพียงแหล่งเดียว ในการทำงานส่วนป้อนกลับ สัญญาณพัลส์จากเอ็นโค้ดเดอร์จะถูกนำมาประมวลผลเพื่อควบคุมตำแหน่งและจากการทดลองได้ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจ

Thesis Title	2 Axes Position Control Motor	
Author	Mr.Prawit	jeingsanga
	Mr.Montichai	Chalkrungkao
	Mr.Manop	Sooksanit
Thesis Adviser	Mr.Sat	Kammul
	Mr.Witsarut	Sriratana
Year	2001	

ABSTRACT

This thesis present a manner to control the position of 2-Axis DC-servomotor on the principle of feedback control. The microcontrol is employed to deal with this scheme. The PWM Servo-amplifiers are used for driving motor The PWM waveform are generate by IC TL-494 with Manual and IC MC34060 with Auto. The presence of power circuit is the H-Bridge scheme. The merits of PWM technique and this power circuit are strategies to reduce the power loss in switching devices and protect them from thermal damage , when comparing to a conventional linear amplifier. Therefor it improves the efficiency and employ a power supply. The pulse from encoder is processed to control the position. The test have been perform. The results are satisfactory.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาโทฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีเพราะได้รับความเมตตาจาก อาจารย์สาท คำมูล อาจารย์วิศรุต ศรีรัตนะ และอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำแก่ผู้ทำปริญญาโทตลอดมา อีกทั้งยังเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆในการทำปริญญาโทนี้ ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณพี่ๆที่จบไปแล้ว และเพื่อนๆร่วมห้อง 3S ที่ให้คำปรึกษาและยืมอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อประโยชน์ในการทำโครงการนี้

และที่ลืมเสียมิได้คือ ขอกราบขอบพระคุณ พ่อ แม่ ย่า อา อันเป็นที่รักยิ่ง ที่สนับสนุนและเป็นแรงบันดาลใจในการทำปริญญาโทฉบับนี้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญาโทฉบับนี้ ผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน



คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII

บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของปริญญานิพนธ์.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....	1
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....	1
1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....	2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....	3
2.1 เซอร์โวมอเตอร์.....	3
2.1.1 เซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ.....	3
2.1.2 เซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง.....	5
2.2 เซนเซอร์และเอ็น โค้ดเดอร์.....	10
2.2.1 ทาโคเจนเนอร์เรเตอร์.....	10
2.2.2 เอ็น โค้ดเดอร์.....	10
2.2.3 ความละเอียดของเอ็น โค้ดเดอร์.....	11
2.2.4 เอาท์พุทของเอ็น โค้ดเดอร์.....	11
2.3 พื้นฐานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	12
2.3.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51.....	12
2.3.2 โครงสร้างภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	13
2.3.3 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	15
2.3.4 โครงสร้างและการทำงานของพอร์ต.....	16
2.3.5 จังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.....	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.3.6 หน่วยความจำโปรแกรม.....	23
2.3.7 หน่วยความจำข้อมูล.....	25
2.3.8 รีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ.....	29
2.4 กระบวนการอินเทอร์รัปต์ของ MCS-51.....	34
2.4.1 การจัดการอินเทอร์รัปต์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	34
2.4.2 การเขียนโปรแกรมย่อยอินเทอร์รัปต์.....	35
2.4.3 รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการอินเทอร์รัปต์ในไมโครคอนโทรลเลอร์.....	36
2.4.4 แหล่งกำเนิดสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอก.....	38
2.4.5 การอินเทอร์รัปต์จากไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 0 และ 1.....	39
2.4.6 การอินเทอร์รัปต์จากพอร์ตอนุกรม.....	39
2.4.7 การอินเทอร์รัปต์จากไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2.....	40
2.4.8 โครงสร้างระบบอินเทอร์รัปต์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	41
2.5 กระบวนการรีเซ็ตในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.....	41
2.5.1 การรีเซ็ตเกิดขึ้นได้อย่างไร.....	41
2.5.2 ผลของการรีเซ็ตที่มีต่อรีจิสเตอร์ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ...	43
2.5.3 เพาเวอร์อ้อนรีเซ็ต (Power-On-Reset).....	43
2.5.4 ไอซีสร้างสัญญาณรีเซ็ต.....	45
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง.....	47
3.1 วงจร Pulse width modulation	47
3.2 ชุด Supply	48
3.3 ชุดขับมอเตอร์.....	50
3.4 ชุดควบคุมความเร็วและตำแหน่งมอเตอร์.....	50
3.4.1 Manual Mode	51
3.4.2 Automatic Mode	52
3.5 ชุดควบคุมการหมุนของมอเตอร์.....	54
3.6 ชุดคีย์บอร์ด.....	55
3.6.1 Automatic Mode	55
3.6.2 Manual Mode.....	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.7 ชุดแสดงผล.....	58
บทที่ 4 การทดสอบโครงการ.....	61
4.1 การทดสอบสัญญาณพัลส์จากเอ็น โค้ดเดอร์.....	61
4.2 การทดสอบตำแหน่ง.....	62
บทที่ 5 บทวิจารณ์และบทสรุป.....	64
5.1 สรุปผลปริญญาานิพนธ์.....	64
5.2 วิจารณ์ปริญญาานิพนธ์.....	64
6.3 แนวทางในการพัฒนา.....	64
6.4 ประสิทธิภาพที่ได้รับ.....	65
บรรณานุกรม.....	66
ภาคผนวก.....	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 หน้าที่พิเศษของพอร์ต 1 ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชของ Atmel	17
2.2 การเลือกแบงก์ของหน่วยความจำส่วนล่างเพื่อติดต่อกับรีจิสเตอร์แบงก์ R0-R7	32
2.3 แสดงค่าข้อมูลที่เกิดขึ้นของรีจิสเตอร์ในไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51หลังการเกิดรีเซต	44
3.1 แสดง Function table ของ TL494.....	51
4.1 การทดสอบที่ความเร็ว 100 RPM	62
4.2 การทดสอบที่ความเร็ว 160 RPM	63



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงาน	2
2.1 เอซีเซอร์ไวโมเตอร์แบบ 2 เฟส	4
2.2 คุณลักษณะการทำงานที่เป็นลักษณะของเอซีมอเตอร์	4
2.3 คุณลักษณะระหว่างความเร็วรอบและแรงบิดมอเตอร์	5
2.4 เซอร์ไวโมเตอร์แบบ โรเตอร์เป็นแกนเหล็ก	6
2.5 เซอร์ไวโมเตอร์แบบ Drac-Cup	6
2.6 ดีซีมอเตอร์แบบอาร์มเจอร์ต่ออนุกรมกับขดลวดสนามแม่เหล็ก	7
2.7 คุณลักษณะระหว่างความเร็วและแรงบิดของดีซีซีรี่ส์มอเตอร์ภายใต้โหลดที่คงที่	7
2.8 ดีซีมอเตอร์แบบแยกสนามแม่เหล็กได้	8
2.9 คุณลักษณะระหว่างความเร็วและแรงบิดของดีซีชันท์มอเตอร์ภายใต้โหลดที่คงที่	8
2.10 ชั้้นท์มอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร	9
2.11 ดีซีมอเตอร์แบบพีดต์เป็นแม่เหล็กถาวร	9
2.12 ตัวอย่างกลไกของเอ็นโค้ดเดอร์	9
2.13 สัญญาณของเอ็นโค้ดเดอร์ 2 ช่อง มีมุมต่างเฟส 90 องศา	12
2.14 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์	13
2.15 โครงสร้างภายในของ MCS-51 แบบแฟลช	15
2.16 การจัดขามาตรฐานของ MCS-51	16
2.17 วงจรภายในของพอร์ตทุกพอร์ตใน MCS-51 แบบแฟลช	19
2.18 วงจรพูลอัพภายในของ MCS-51 แบบแฟลช	19
2.19 ไชเกิลการทำงานของ MCS-51 แบบแฟลช	21
2.20 ไดอะแกรมเวลาแสดงการติดต่อและเข้าถึงหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกของ MCS-51 แบบแฟลช	22
2.21 การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรมของ MCS-51 แบบแฟลช	25
2.22 การเชื่อมต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกของ MCS-51 แบบแฟลช	26
2.23 การเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอกของ MCS-51 แบบแฟลช	27
2.24 การจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายใน MCS-51 แบบแฟลช	28
2.25 การจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในส่วนล่างของ MCS-51 แบบแฟลช	28
2.26 โครงสร้างของหน่วยความจำข้อมูลภายในส่วนบนของ MCS-51 แบบแฟลช	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.27 การจัดสรรพื้นที่ของรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ.....	30
2.28 รายละเอียดของรีจิสเตอร์แสดงสถานะของโปรแกรมหรือ PSW	31
2.29 แสดงโครงสร้างของกลไกการเกิดอินเตอร์รัปต์จากภายนอก.....	38
2.30 แสดงเงื่อนไขในการเกิดอินเตอร์รัปต์จากพอร์ตอนุกรมด้วยการออร์กัน ของบิต RI และ TI	39
2.31 แสดงเงื่อนไขในการเกิดอินเตอร์รัปต์ของไทเมอร์/เคาน์เตอร์2 ด้วยการออร์กัน ของบิต TF2 และ EXP2.....	40
2.32 โครงสร้างของระบบอินเตอร์รัปต์ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	41
2.33 ไคอะแกรมเวลาของกระบวนการรีเซตภายใน MCS-51.....	42
2.34 การจัดขาของไอซีสร้างสัญญาณรีเซต.....	45
2.35 การต่อไอซี DS1833 เพื่อสร้างสัญญาณรีเซตให้แก่ MCS-51.....	45
3.1 วงจร Pulse Width Modulation	47
3.2 แสดงวงจร Supply	49
3.3 แสดงวงจรรีโมเตอร์.....	50
3.4 แสดงการวงจรต่อ TL-494 แบบ Manual.....	51
3.5 แสดงวงจรการต่อ MC34060 แบบ Auto	53
3.6 แสดงชุดควบคุมความเร็ว ควบคุมการหมุนและควบคุมตำแหน่งมอเตอร์	54
3.7 แสดงชุดวงจรเลือกหมุนซ้ายหรือหมุนขวา.....	55
3.8 แสดงการต่อลอจิกเกทเข้ากับคีย์บอร์ด.....	56
3.9 แสดงรูปร่างของชุดคีย์บอร์ด.....	57
3.10 แสดงชุดคีย์บอร์ด.....	57
3.11 แสดงการต่อ IC MAX7219 และ IC74138 เข้ากับ MCS-51.....	58
3.12 แสดงชุดแสดงผล.....	59
3.13 แสดงการต่อวงจร MCS-51.....	60
4.1 แสดงสัญญาณพัลส์จากเอ็นโค้ดเดอร์.....	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและเหตุจูงใจ

ในปัจจุบันนี้ มอเตอร์ไฟฟ้าถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในวงการอุตสาหกรรมและในชีวิตประจำวัน การที่เราจะนำมอเตอร์ไปประยุกต์ใช้ในงานต่าง ๆ นั้น เราจะต้องคำนึงถึงค่าคุณลักษณะต่างๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้านั้นๆ เช่น กำลังๆไฟฟ้า แรงบิด ความเร็วรอบ เป็นต้น

ในการควบคุมระบบการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ สามารถควบคุมได้หลายแบบ ขึ้นอยู่กับการใช้ประโยชน์และวัตถุประสงค์ในการใช้งาน เช่น ควบคุมความเร็วรอบ ควบคุมแรงบิด ควบคุมตำแหน่ง ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่างๆ เช่น ตัวเซอร์โวมอเตอร์ ชุดเซ็นเซอร์ต่างๆ ชุดขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์ เป็นต้น

1.2 วัตถุประสงค์ของปริิญาานิพนธ์

1.2.1 เพื่อศึกษาถึงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 51

1.2.2 เพื่อที่สามารถที่จะแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าที่อาจจะเกิดขึ้นได้ระหว่างการปฏิบัติงาน

1.2.3 เพื่อสามารถนำโครงงานที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับงานอุตสาหกรรมอื่นๆได้ เช่น เครื่องกลึงต่างๆ

1.2.4 เพื่อเป็นการฝึกฝนตัวเองให้รู้จักการทำงานเป็นกลุ่ม หรือเป็นการจำลองการทำงานที่อาจจะพบเจอได้ในอนาคตที่จะต้องพบอุปสรรคมากมายและจะต้องมีการแก้ไขปัญหา

1.2.5 เพื่อเป็นข้อมูลให้แก่ผู้สนใจนำไปประยุกต์ใช้งานต่อไป

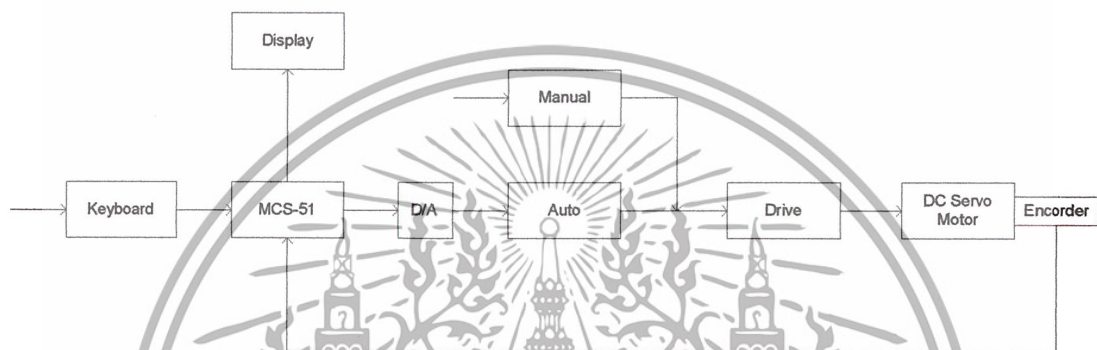
1.3 ขอบเขตปริิญาานิพนธ์

โครงงานนี้เป็นการคอนโทรลตำแหน่งจุด X และ Y ซึ่งควบคุมโดย ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 เป็นการควบคุมการหมุนของมอเตอร์ ที่จะติดตั้งไว้กับเพลาหรือแกนที่มีลักษณะเป็นเกลียวสำหรับใช้เลื่อนตำแหน่ง โดยตำแหน่งที่จะใช้ในการอ้างอิงนั้นได้จากส่วนของ อินพุต ซึ่งจะใช้คีย์บอร์ด เป็นอุปกรณ์ในการป้อนค่าโดยจะป้อนเป็นค่าเชิงตัวเลข ค่าที่ได้จะถูกนำไปประมวลผลและจะขับมอเตอร์ให้เคลื่อนไปยังตำแหน่งที่ต้องการ ซึ่งจะอาศัยรูปคลื่นพัลส์เป็นส่วนสำคัญในการประมวลผล และรูปคลื่นพัลส์นั้นได้จาก Encoder ซึ่งจะติดกับมอเตอร์และหมุนตามมอเตอร์ โดยจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีเบอร์ของมอเตอร์เป็นตัวลดแรงเฉื่อยของมอเตอร์ ทั้งนี้เพื่อบังคับให้ตำแหน่งที่ได้นั้นตรงตามความต้องการ

สำหรับการแสดงผลนั้น จะใช้ตัวเลขเป็น 7 – segments แบ่งเป็นส่วนของอินพุต X และ Y และส่วนของเอาต์พุต X และ Y ตามลำดับ โดยรับค่าของ อินพุต แล้วแสดงผล นำค่าของอินพุต ไปประมวลผลแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งค่าที่ได้ไปที่ส่วนแสดงผลของค่าเอาต์พุต ทั้งนี้รวมทั้งการแสดงผลในส่วนของ Manual และ Auto ด้วย โดยถ้าหากมีการหมุนมอเตอร์เกิดขึ้น ไม่ว่าจะอย่างไรก็ตาม ส่วนแสดงผลจะทำงานของมันโดยอิสระ ดังแสดงตามบล็อกไดอะแกรมรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงาน

ในขั้นแรกนั้นจะเป็นการคอนโทรลตำแหน่งโดยให้มอเตอร์เคลื่อนที่ไปในลักษณะแกน X หรือ แกน Y ส่วนการนำไปใช้นั้นอาจจะประยุกต์ใช้กับเครื่องกลึง เป็นต้น

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

การทำโครงการวิจัยในปริญญาโทระดับนี้ มีขั้นตอนการศึกษาโดยเริ่มจากศึกษาการทำงานของวงจร Pulse Width Modulation (PWM) การเบรคมอเตอร์ และการเขียนโปรแกรมเพื่อที่จะใช้ควบคุมและแสดงผล โดยการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 เป็นตัวส่งค่า ไปควบคุมที่วงจร และรับค่าต่างๆ จากวงจร เพื่อนำมาแสดงผลที่ส่วนแสดงผล ซึ่งใช้ 7-segments เป็นตัวแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบ

ในการควบคุมระบบการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ สามารถควบคุมได้หลายแบบ ตามแต่การใช้ประโยชน์และวัตถุประสงค์ในการใช้งาน เช่น การควบคุมแรงบิด ความเร็วรอบ ควบคุมตำแหน่งที่เพลามอเตอร์ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่างๆ เช่น ตัวเซอร์โวมอเตอร์ ชุดเซ็นเซอร์ต่างๆ ชุดขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์ เป็นต้น ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีต่างๆที่นำมาใช้ในการออกแบบ

2.1 เซอร์โวมอเตอร์(SERVOMOTOR)

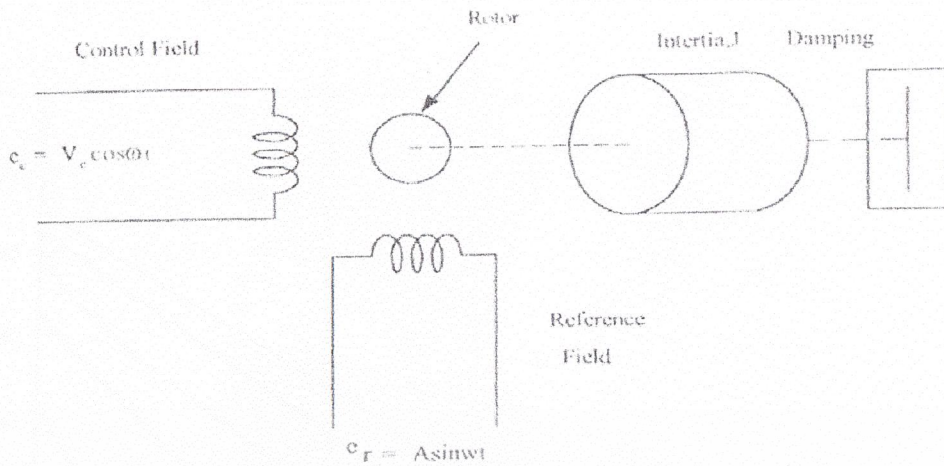
เซอร์โวมอเตอร์ส่วนใหญ่ใช้งานที่มีการควบคุมแบบลูปปิด (Close Loop) หรือแบบมีการป้อนกลับ ซึ่งสามารถควบคุมความเร็วและตำแหน่งการทำงานได้อย่างแม่นยำ จะพบได้ในงานเครื่องจักรกลอัตโนมัติ เช่น หุ่นยนต์คอมพิวเตอร์ เครื่องมือวัดคุม เป็นต้น

เซอร์โวมอเตอร์สามารถแบ่งได้ตามโครงสร้างได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ เซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Servo Motor) และเซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Servo Motor)

2.1.1 เซอร์โวมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Servo Motor)

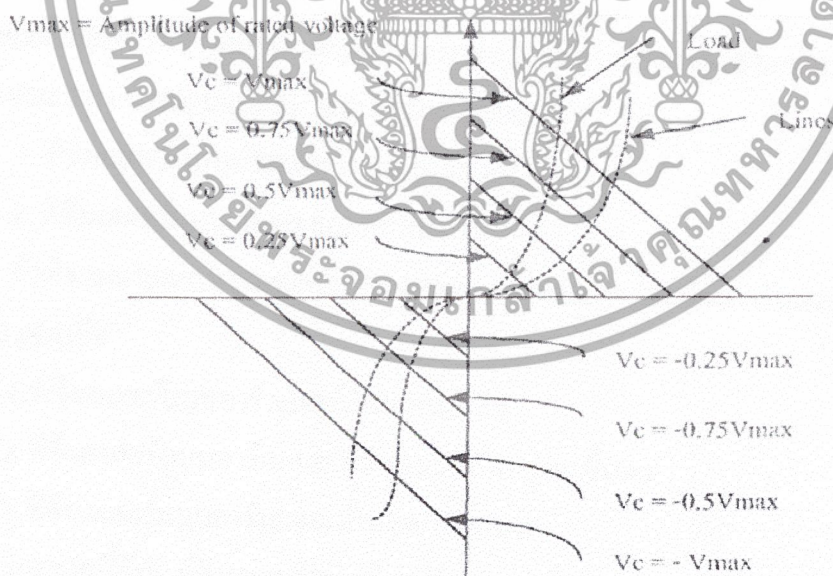
เซอร์โวมอเตอร์กระแสสลับจะใช้กันทั่วไปในระบบคอนโทรลที่ต้องการเพียงกำลังต่ำ สามารถปรับความเร็วได้ ข้อได้เปรียบเบื้องต้นของเซอร์โวมอเตอร์กระแสสลับที่เหนือกว่ามอเตอร์กระแสตรง คือ สามารถใช้ร่วมกับซิงโคร (Synchro) ได้ดีโดยไม่ต้องมีการ Demodulation สัญญาณความคลาดเคลื่อนไคอะแกรมทางไฟฟ้าของเซอร์โวมอเตอร์กระแสสลับ แสดงในรูปที่ 2.1 มอเตอร์ประกอบด้วยอินดักชันโรเตอร์และขดลวดฟิลด์จำนวน 2 ชุดวางอยู่ในตำแหน่งทำมุมกัน 90 องศา ฟิลด์ขดหนึ่งทำหน้าที่เป็นฟิลด์อ้างอิงที่มีค่าคงที่ ส่วนอีกฟิลด์หนึ่งเป็นฟิลด์คอนโทรล สัญญาณ ERROR AC ที่ได้รับการขยายแล้วจะป้อนให้กับฟิลด์คอนโทรล สัญญาณนี้จะมีขนาดของแอมพลิจูดที่แปรค่าได้ และเฟสก็จะแปรค่าอยู่ที่ศูนย์หรือ 180 องศา ฟิลด์อ้างอิงจะได้รับการป้อนกลับด้วยโวลต์เทจที่มีค่าคงที่ผ่านวงจรเลื่อนเฟสไป 90 องศา สัญญาณนี้จะมีขนาดของแอมพลิจูดคงที่และมุมเป็น -90 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



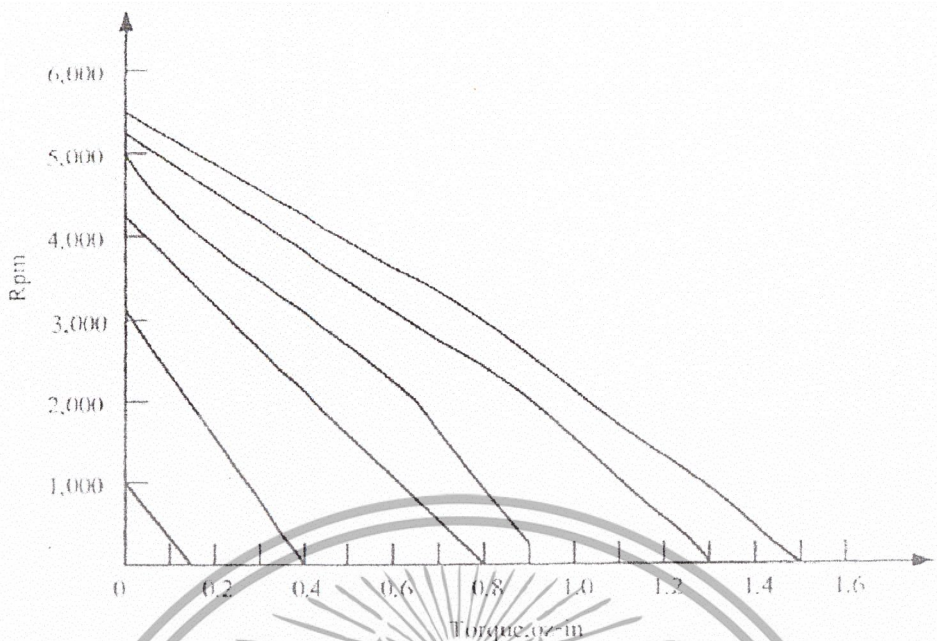
รูปที่ 2.1 เอซิงโครไวมอเตอร์แบบ 2 เฟส

คุณลักษณะการทำงานที่เป็นลิเนียร์ของเอซิงโครไวมอเตอร์แสดงในรูปที่ 2.2 และ 2.3 เส้นทางที่แสดงถึงการทำงานจริงๆ ขึ้นอยู่กับวิถีทางของคุณลักษณะระหว่างความเร็วและแรงบิดของมอเตอร์ ตัวอย่างของวิถีทางของเส้น โหลด 2 เส้น แสดงด้วยเส้นประ การเปลี่ยนแปลงจากเส้น โหลดหนึ่งไปยังอีกเส้น โหลดหนึ่งเป็นตัวอย่างของวิถีทางการเปลี่ยนแปลงของ โหลดมอเตอร์ V_c ที่เป็นลบในควอดรันตที่ 3 แสดงให้เห็นว่ามอเตอร์กลับทิศทางเมื่อ V_c เป็นลบ



รูปที่ 2.2 คุณลักษณะการทำงานที่เป็นลิเนียร์ของเอซิงโครไวมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 คุณลักษณะระหว่างความเร็วรอบและแรงบิดของมอเตอร์

2.1.2 เซอร์โวมอเตอร์กระแสตรง(DC Servo Motor)

ดีซีเซอร์โวมอเตอร์ เราสามารถแบ่งออกเป็นหลายประเภทขึ้นอยู่กับวิธีการสร้างสนามแม่เหล็กของตัวมอเตอร์และขึ้นอยู่กับพื้นฐานการออกแบบ โครงสร้างของอาร์เมเจอร์ การแบ่งประเภทตามลักษณะการจ่ายสนามแม่เหล็กได้เป็น 2 แบบ คือ

1. ดีซีมอเตอร์แบบปรับตั้งแรงแม่เหล็กได้
2. ดีซีมอเตอร์แบบเส้นแรงแม่เหล็กคงที่

ถ้าพิจารณาแยกประเภทตามลักษณะการออกแบบ โครงสร้างอาร์เมเจอร์สามารถแยกออกได้เป็น 3 แบบคือ

1. ดีซีมอเตอร์แบบอาร์เมเจอร์เป็นแกนเหล็ก
2. ดีซีมอเตอร์แบบอาร์เมเจอร์ที่มีขดลวดพันอยู่บนพื้นผิว
3. ดีซีมอเตอร์แบบอาร์เมเจอร์เป็นขดลวดหมุน

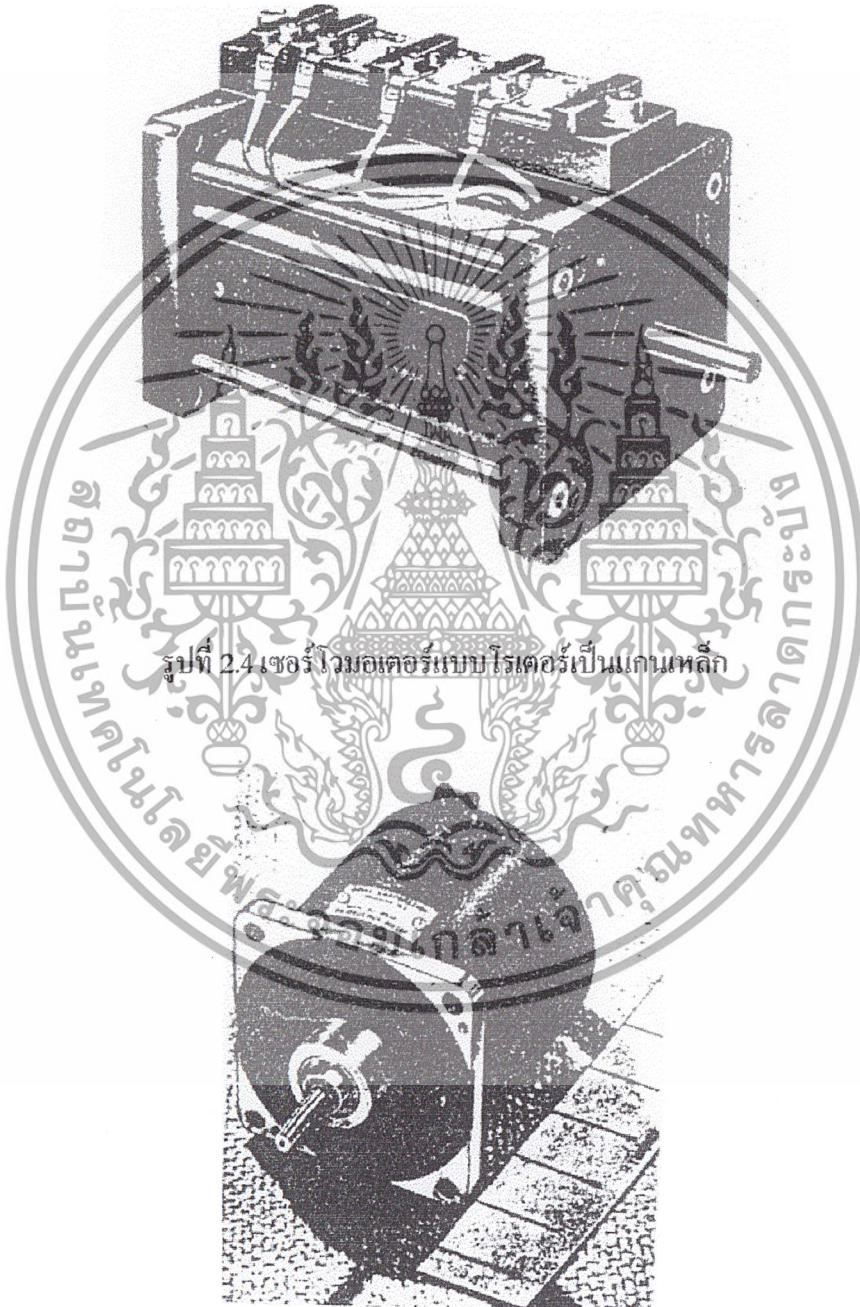
นอกจากนี้ยังมี ดีซีมอเตอร์ชนิดพิเศษอีกแบบหนึ่งคือ แบบไม่มีแปรงถ่าน (Brushless DC-Motor) ซึ่งมีหลักการทางเทคโนโลยีเหมือนกับ ดีซีมอเตอร์ชนิดแปรงถ่าน ยกเว้นการคอมมิวเตชันกระทำโดยเทคนิคทางอิเล็กทรอนิกส์แทนที่จะกระทำโดยวิธีการทางกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ดีซีมอเตอร์แบบปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้

ดีซีมอเตอร์แบบปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้แบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

- ก) แบบขดลวดสนามแม่เหล็กต่ออนุกรมกับขดลวดอาร์เมเจอร์
- ข) แบบขดลวดสนามแม่เหล็กแยกกระตุ้น

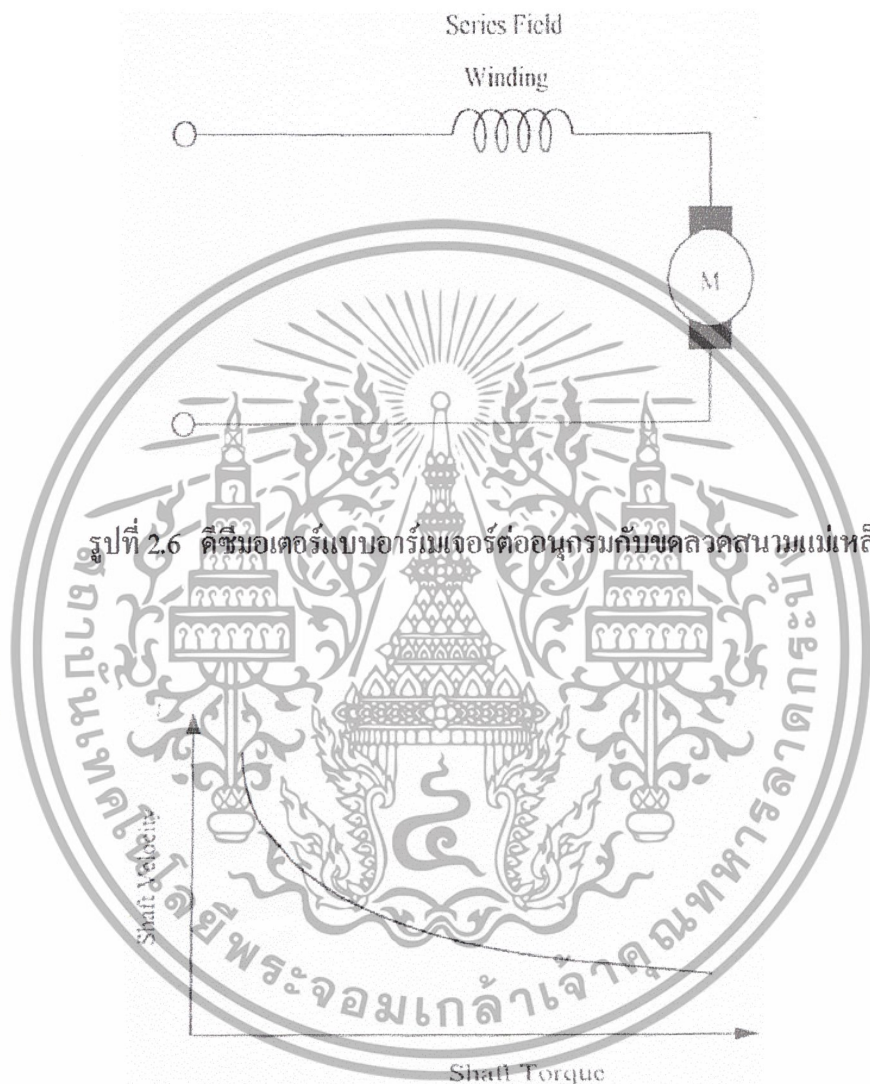


รูปที่ 2.4 เซอร์โวมอเตอร์แบบโรเตอร์เป็นแกนเหล็ก

รูปที่ 2.5 เซอร์โวมอเตอร์แบบ Drag-Cup

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มอเตอร์แบบขดลวดสนามแม่เหล็กต่ออนุกรมแสดงในรูปที่ 2.6 มอเตอร์แบบนี้จะมีเส้นแรงแม่เหล็กเป็นสัดส่วนกับกระแส ดังนั้นเส้นแรงแม่เหล็กจึงสามารถปรับค่าได้ และเราจะได้ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบและแรงบิดไม่เป็นเชิงเส้นดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.6 คือมอเตอร์แบบอาร์มเจอร์ต่ออนุกรมกับขดลวดสนามแม่เหล็ก

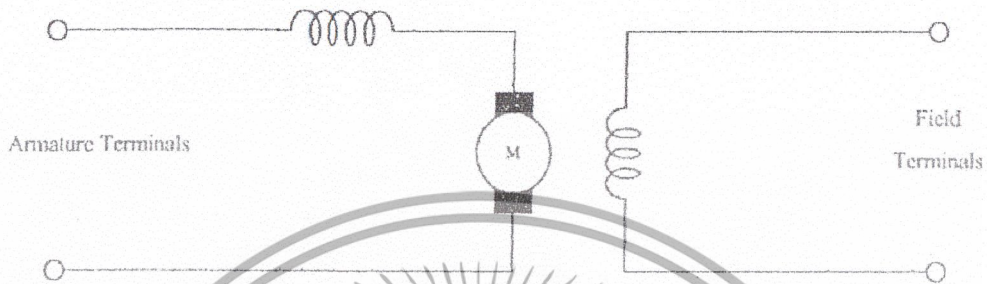
รูปที่ 2.7 คุณลักษณะระหว่างความเร็วและแรงบิดของคิซีซีรีส์มอเตอร์ ภายใต้โวลต์เตจคงที่

มอเตอร์ดังกล่าวจะใช้งานในสถานะเฉพาะเมื่อต้องการแรงบิดสูงที่มีความเร็วรอบต่ำ และแรงบิดต่ำที่มีความเร็วรอบสูง เช่น ระบบขับเคลื่อนรถลาก

มอเตอร์แบบขดลวดสนามแม่เหล็กแยกกระตุ้น แสดงในรูปที่ 2.8 คิซีมอเตอร์แบบนี้มัก

นิยมเรียกว่ามอเตอร์ชานาน (Shunt Motor) มอเตอร์แบบนี้สามารถปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้อย่าง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิสระต่อกระแสของอาร์มเจอร์ยังผลให้สามารถควบคุมพารามิเตอร์ของมอเตอร์ให้มีค่าคงที่ได้ตลอดช่วงพิสัยที่กว้าง มอเตอร์นี้มักใช้ในงานในกรณีระบบการบังคับการเคลื่อนที่ ที่ต้องการแรงบิดสูง ในรูปที่ 2.9 แสดงถึงระหว่างแรงบิดกับความเร็วของ Shunt Motor ภายใต้ภาวะการกระตุ้นสนามแม่เหล็กคงที่และอาร์มเจอร์โวลต์เตจคงที่



รูปที่ 2.8 คือมอเตอร์แบบแยกสนามแม่เหล็กได้

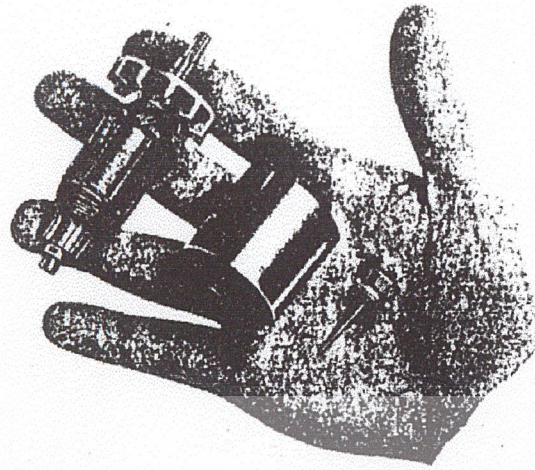


รูปที่ 2.9 แสดงคุณสมบัติระหว่างความเร็วและแรงบิดของดีซีชั้้นท์มอเตอร์ภายใต้สนามแม่เหล็กและโวลต์เตจคงที่

2. ดีซีมอเตอร์แบบเส้นแรงแม่เหล็กคงที่

ระบบการกระตุ้นฟิลด์ของมอเตอร์ โดยทั่วไปในปัจจุบันมักจะใช้เป็นแบบแม่เหล็กถาวร ดังแสดงในรูปที่ ในระบบนี้เส้นแรงแม่เหล็กของฟิลด์มีค่าคงที่ ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างกระแสอาร์มเจอร์และแรงบิดจะมีค่าคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 ชิ้นทำมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร



รูปที่ 2.11 มอเตอร์แบบฟิล์มแม่เหล็กถาวร

ข้อดีของมอเตอร์แบบฟิล์มแม่เหล็กถาวรซึ่งเหนือกว่ามอเตอร์แบบมีโครงสร้างของฟิล์มด้วยการพันขดลวดคือ ไม่มีกำลังสูญเสียในฟิล์ม มีประสิทธิภาพสูงกว่า และมีขนาดเล็กกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับมอเตอร์ที่มีขนาดของกำลังเท่ากัน นอกจากนี้ความสัมพันธ์เชิงเส้นยังให้ค่าของกระแสอาร์เมเจอร์ที่ดีกว่าดีซีมอเตอร์แบบฟิล์มเป็นขดลวด การประยุกต์ใช้งานเหมาะกับระบบที่ต้องการแรงบิดของโหลดสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เซ็นเซอร์และเอนโค้ดเดอร์ (Sensor and Encoder)

เซ็นเซอร์และเอนโค้ดเดอร์ เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในระบบควบคุมที่มีการป้อนกลับ ในระบบควบคุมแบบลูปปิด ใช้สำหรับการตรวจสอบคุณสมบัติการทำงานของระบบ เซ็นเซอร์และเอนโค้ดเดอร์ใช้เป็นตัวป้อนสัญญาณกลับเพื่อการควบคุม เซ็นเซอร์แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ แบบอนาล็อกเซ็นเซอร์และแบบดิจิทัลเซ็นเซอร์ แบบอนาล็อกได้แก่ ทาโคเจเนอเรเตอร์ และ ซิงโครซ์ ส่วนเซ็นเซอร์แบบดิจิทัลได้แก่ เอนโค้ดเดอร์

2.2.1 ทาโคเจเนอเรเตอร์ (Tacho Generator)

ทาโคเจเนอเรเตอร์ เป็นเครื่องมือที่สามารถเปลี่ยนพลังงานกลไปเป็นพลังงานไฟฟ้าและให้กำเนิดเอาต์พุตโวลต์เตจ เป็นส่วนสัดกับแมกนีจูดของความเร็วเชิงมุม ตามสมการ

$$e(t) = K \frac{d\theta(t)}{dt} = K\omega(t)$$

โดยที่

- $e(t)$ แทนค่าแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากแทคโคเจเนอเรเตอร์
- $\omega(t)$ แทนค่าความเร็วเชิงมุมของแทคโคเจเนอเรเตอร์
- K แทนค่าคงที่ของแทคโคเจเนอเรเตอร์

ในระบบการบังคับมอเตอร์ โดยทั่วไปจะใช้ทาโคเจเนอเรเตอร์เป็นตัวแสดงความเร็วของเพลลาของมอเตอร์หรือป้อนความเร็วกลับสำหรับการบังคับความเร็ว หรือสำหรับทำให้เสถียรภาพของระบบดีขึ้น

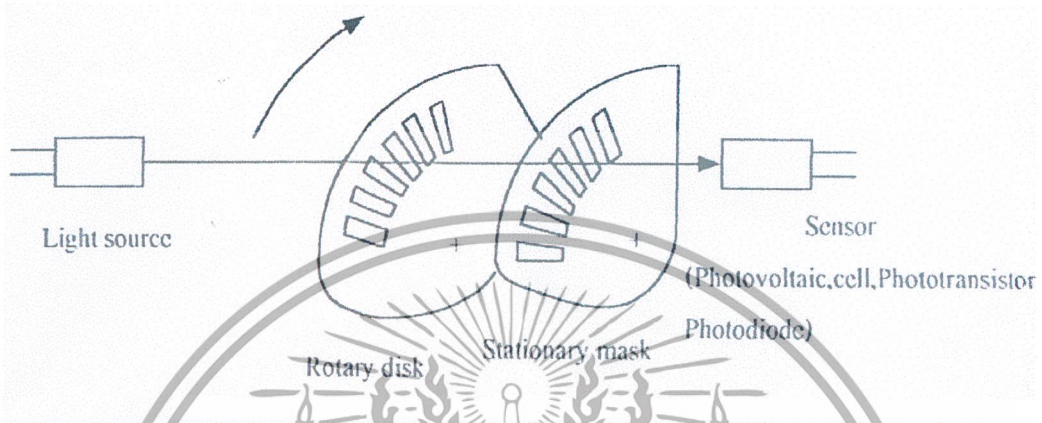
2.2.2 เอนโค้ดเดอร์ (Encoder)

ระบบการบังคับตำแหน่งของเพลลามอเตอร์ ต้องใช้เอนโค้ดเดอร์สำหรับรักษาตำแหน่งและสร้างสัญญาณป้อนกลับ โดยที่ตัวเอนโค้ดเดอร์จะสร้างสัญญาณพัลซ์ที่แปรผันตรงกับการหมุนของเพลลา ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการรับรู้ความเร็วและตำแหน่งเพลลาของมอเตอร์ในรูปของอัตราจำนวนพัลซ์ได้

เอนโค้ดเดอร์ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญคือตัวกำเนิดแสง จานหมุน (rotary disk) บนแผ่นจานหมุนทำเป็นช่องโดยรอบตั้งแสดงในรูป ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปมีด้วยกัน 2 ชนิดคือ แบบสมบูรณ์ในตัวเอง และแบบไม่สมบูรณ์ในตัวเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอ็นโค้ดเดอร์แบบสมบูรณ์ในตัวเองรูปที่ 2.12 และบนแผ่นจานหมุนจะมีช่องสำหรับให้แสงผ่านเข้าไปตัวเซนเซอร์ ส่วนตัวตัวกำเนิดแสงจะใช้เป็นหลอดไฟหรือแอลซีดี



รูปที่ 2.12 ตัวอย่างกลไกของเอ็นโค้ดเดอร์

2.2.3 ความละเอียดของเอ็นโค้ดเดอร์

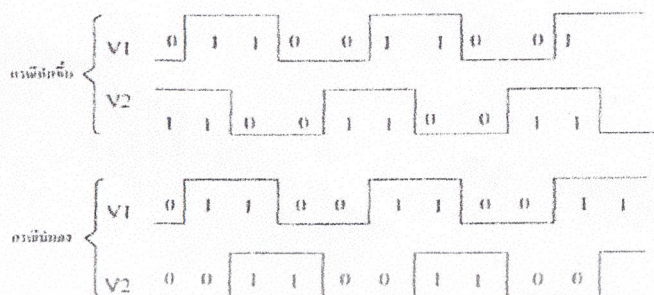
ความละเอียดของเอ็นโค้ดเดอร์ คือ จำนวนคาบเวลาของสัญญาณเอาต์พุตต่อการหมุนของเพลา 1 รอบ ซึ่งบอกเป็นจำนวนพัลส์ต่อรอบ หรือจำนวนไซเคิลต่อองศา เอ็นโค้ดเดอร์ที่ใช้กันโดยทั่วไปจะมีค่าความละเอียดตั้งแต่ 15 ถึง 10000 พัลส์ต่อรอบ จำนวนพัลส์ต่อ 1 รอบ ของสัญญาณที่เอ็นโค้ดเดอร์สร้างออกมาจะเท่ากับจำนวนช่องว่างบนแผ่นจานหมุน

2.2.4 เอาต์พุตของเอ็นโค้ดเดอร์

โดยทั่วไปแล้วสัญญาณเอาต์พุตของเอ็นโค้ดเดอร์ที่ออกมาจากเอ็นโค้ดเดอร์จะมีระดับไม่เพียงพอในการควบคุม หรือสำหรับการประมวลสัญญาณ ดังนั้นจึงต้องมีวงจรขยายและแปลงรูปร่างลูกคลื่นสัญญาณต่อไว้ในตัวเอ็นโค้ดเดอร์ด้วยเสมอ สัญญาณลูกคลื่นที่ได้จากตัวเซนเซอร์ปกติแล้วจะเป็นรูปสัญญาณสามเหลี่ยม หรือรูปสัญญาณไซน์ขึ้นอยู่กับความละเอียดที่ต้องการ รูปสัญญาณเหล่านี้สามารถทำให้เป็นรูปสามเหลี่ยมได้โดยการต่อคอมพาราเตอร์เข้ากับลิเนียร์แอมพลิฟายเออร์ของเอ็นโค้ดเดอร์ก็จะได้อาต์พุตเป็นรูปสี่เหลี่ยมที่ต้องการ

สัญญาณ 2 ชุดที่ได้จากเอ็นโค้ดเดอร์ชนิด 2 ช่องเฟสของสัญญาณ 2 ช่องนี้จะต่างกัน 90 องศาทางไฟฟ้า เราเรียกสัญญาณ 2 ช่องนี้ว่าเป็นควอดราเจอร์ (quadrature) กันซึ่งเหมาะที่จะใช้ในการรับรู้ทิศทางการหมุนของเพลาหรือใช้ควบคุมระบบที่ซับซ้อนอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



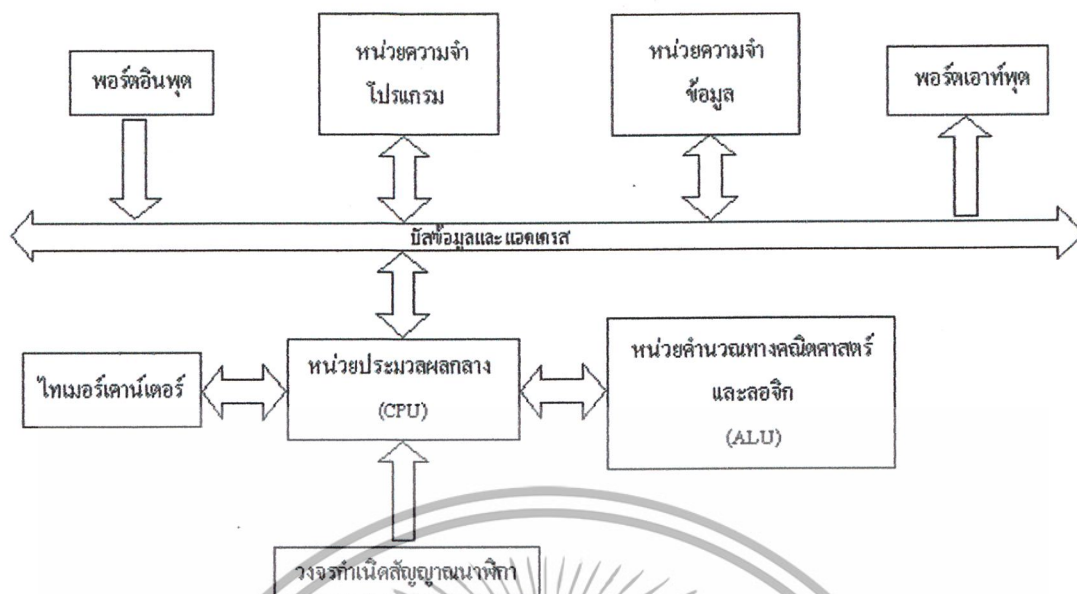
รูปที่ 2.13 สัญญาณเอ็นโค้ดเดอร์ 2 ช่อง มีมุมต่างเฟส 90 องศา

2.3 พื้นฐานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

2.3.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

- เป็น ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ซีพียูขนาด 8 บิต
- ภายในมีหน่วยความจำเป็นแบบแฟลชสามารถลบและเขียนได้นับพันครั้ง
- หน่วยความจำพื้นฐานเป็นหน่วยความจำแบบแรม ในบางเบอร์จะมีหน่วยความจำเป็นแบบอีอีพรอมเพิ่มเติม
- ขาพอร์ตเป็นแบบสองทิศทาง สามารถใช้งานเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต
- มีวงจรมุขกรแบบฟูลดูเพล็กซ์
- ไทเมอร์เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิตอย่างน้อย 2 ตัว
- สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเทอร์รัปต์ได้ 6 ประเภท
- สามารถขยายหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเติมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
- มีวงจรถ่ายโอนข้อมูลภายในชิป
- มีวงจรถ่ายโอนข้อมูลแบบ SPI สำหรับในอนุกรม AT89xx
- มีวอชต์ดีค็อก ไทเมอร์ในตัว สำหรับในอนุกรม AT89Sxx

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์

2.3.2 โครงสร้างภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทุกเบอร์จะมีสถาปัตยกรรมและขาใช้งานพื้นฐานเหมือนกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.16 โดยมีรายละเอียดขั้นต้น ดังนี้

ขา Vcc ใช้สำหรับต่อไฟเลี้ยง +5 V

ขา GND เป็นขากาวด์ สำหรับต่อกับกราวด์ของระบบ

ขาพอร์ต 0 (P0.0 - P0.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อกับขั้ว ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนี้ขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก (A0-A7) และขาข้อมูล (D0-D7) โดยใช้กระบวนการมัลติเพล็กซ์เข้าช่วย เพื่อสลับการทำงานเป็นได้ทั้งขาติดต่อกับแอดเดรสและขาข้อมูล

ขาพอร์ต 1 (P1.0-P1.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล "1" ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อกับขั้ว นอกจากนั้นในอนุกรม AT89Sxx จะใช้ขา P1.0 เป็นขาอินพุตสำหรับนับค่าของไทมเมอร์ 2 และ P1.1 เป็นขาอินพุตทริกเกอร์ของไทมเมอร์ 2

ในขณะที่ขา P1.4 ถึง P1.7 เป็นขาสำหรับเชื่อมต่อแบบ SPI เพื่อทำการโปรแกรมข้อมูลในระบบ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาพอร์ต 2 (P2.0-P2.7) มี 8 ขาแต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูงของหน่วยความจำภายนอก (A8 - A15)

ขาพอร์ต 3 (P3.0-3.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ตใดเป็นอินพุตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ต 3 ยังเป็นขาที่มีหน้าที่การใช้งานพิเศษ ดังมีรายละเอียดขั้นต้นดังนี้

P3.0 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา RxD

P3.1 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับส่งข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา TxD

P3.2 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 0 หรือ $\overline{INT0}$

P3.3 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 หรือ $\overline{INT1}$

P3.4 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณไทม์เออร์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา T0

P3.5 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา T1

P3.6 ใช้เป็นขา \overline{WR} ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

P3.7 ใช้เป็นขา \overline{RD} ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

ขารีเซ็ต (Reset) ใช้ในการรีเซ็ตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในการป้อนสัญญาณเพื่อรีเซ็ต สถานะที่ขานี้ต้องอยู่ในระดับรีเซ็ตอย่างน้อย 2 แมกซีนไซเคิล โดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานต่อเนื่องไปอย่างปกติ

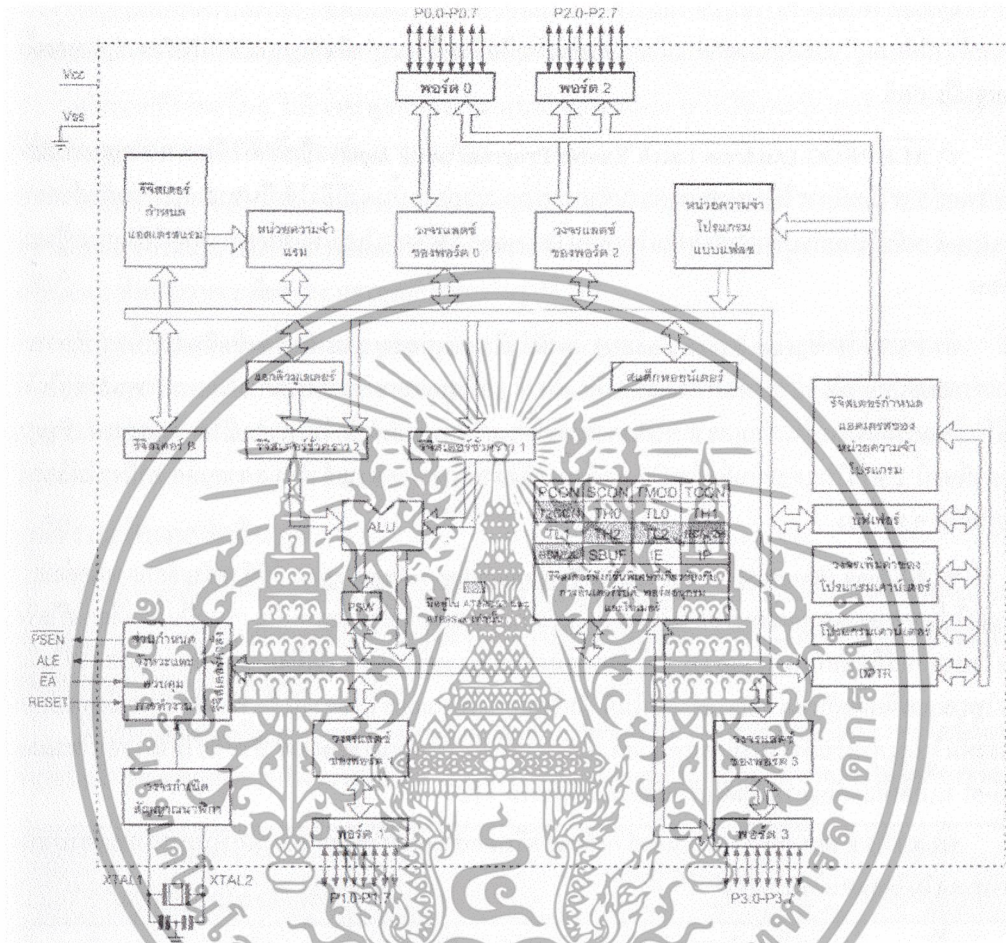
ขา \overline{ALE} / PROG (Address Latch Enable/ Program pulse input) เป็นขาที่ใช้ในการควบคุมการแลตช์ของขาพอร์ต 0 เมื่อมีการใช้งานหน่วยความจำภายนอก นอกจากนั้นขาเรี่ยังใช้เป็นขาสำหรับรับพัลส์ของการ โปรแกรมสำหรับ โปรแกรมข้อมูลใน ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในรุ่นที่มีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบอีพรอม

ขา \overline{PSEN} (Program Store Enable) ขานี้ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อ ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอกตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จะส่งสัญญาณออกมาที่ขานี้ 2 แมกซีนไซเคิล แต่ถ้าหากติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ขานี้จะ ไม่มีการส่งสัญญาณใดๆออกมา

ขา XTAL1 และ XTAL2 เป็นขาสำหรับต่อคริสตอลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

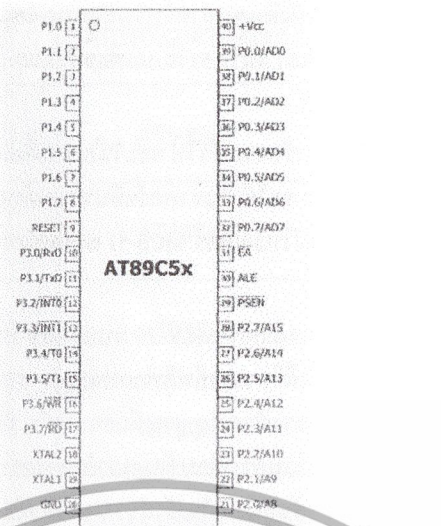
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51



รูปที่ 2.15 โครงสร้างภายในของ MCS-51 แบบแฟลช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 การจัดขามมาตรฐานของ MCS-51

2.3.4 โครงสร้างและการทำงานของพอร์ต

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชมีพอร์ตให้ใช้งานทั้งสิ้น 4 พอร์ต คือ พอร์ต 0 ถึงพอร์ต 3 แต่ละพอร์ตมีขนาด 8 บิต เป็นพอร์ตแบบ 2 ทิศทาง กล่าวคือ สามารถเป็นได้ทั้งอินพุตสำหรับรับสัญญาณข้อมูลเข้าและเอาต์พุตสำหรับส่งสัญญาณข้อมูลออก ทุกพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชมีวงแลตช์และวงจรจับตลอคจนบัฟเฟอร์อินพุต ดังแสดงให้เห็นในสถาปัตยกรรมรูปที่ 2.15

ที่พอร์ต 0 และพอร์ต 2 จะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป และใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก สำหรับพอร์ต 3 ทั้งพอร์ตและพอร์ต 1 บางขาจะใช้เป็นขาอินพุตเอาต์พุตตามปกติแล้ว ยังสามารถใช้งานในหน้าที่พิเศษได้อีก ขึ้นอยู่กับว่าเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ใด ดังสรุปได้ดังตารางที่ 2.1

ในรูปที่ 2.17 แสดงวงจรภายในของแต่ละพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช โดยในรูปที่ 2.17(ก) เป็นวงจรของพอร์ต 0 วงจรแลตช์ของแต่ละบิตในแต่ละพอร์ตก็คือวงจรดีฟลิปฟลอปนั่นเอง การอ่านค่าของสถานะสามารถกระทำได้อย่างอิสระด้วยสัญญาณที่แยกออกจากกัน นั่นคือสัญญาณอ่านข้อมูลจากขาพอร์ต และสัญญาณอ่านข้อมูลจากวงจรถ่ายแลตช์ ส่วนการเขียนข้อมูลมายังพอร์ตต้องส่งสัญญาณมายังขา CLK ของดีฟลิปฟลอปในขณะที่ข้อมูลจะผ่านมายังขาบัฟเฟอร์ข้อมูลภายในเข้าสู่ขา D ของดีฟลิปฟลอป

ที่พอร์ตนี้มีวงจรมัลติเพล็กซ์สำหรับกำหนดลักษณะการทำงานของพอร์ตว่า ต้องการให้ใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตปกติหรือใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกหน่วยความจำ

ไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากที่ขาพอร์ต 0 ไม่มีวงจรพูลอัพภายใน หากมีการนำพอร์ต 0 ไปใช้งานเป็นพอร์ต อินพุตจะต้องต่อตัวต้านทานพูลอัพภายนอกเข้าที่ขาพอร์ต 0 ทุกขาด้วย

ในรูปที่ 2.17(ข) เป็นวงจรของพอร์ต 1 ซึ่งมีลักษณะโดยทั่วไปคล้ายกับพอร์ต 0 หากแต่ไม่มีวงจรมัลติเพล็กซ์ เนื่องจากพอร์ตนี้จะไม่ใช้ติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก แต่จะมีวงจรพูลอัพภายในที่แต่ละบิตของพอร์ตนี้แทน สำหรับรายละเอียดของวงจรพูลอัพแสดงในรูปที่ 2.18

ในรูปที่ 2.17(ค) เป็นวงจรภายในของพอร์ต 2 จะคล้ายกับพอร์ต 0 มาก ต่างกันเพียงมีวงจรพูลอัพเพิ่มเติมเข้ามา ส่วนในรูปที่ 2.17(ง) เป็นวงจรภายในของพอร์ต 3 จะเห็นได้ว่าคล้ายกับพอร์ต 1 มีการเพิ่มเติมวงจรบัฟเฟอร์และวงจรอินพุตเอาต์พุตเมื่อทำงานในฟังก์ชันพิเศษเข้ามา เนื่องจากพอร์ต 3 สามารถนำไปใช้งานในหน้าที่พิเศษได้ทุกสาขา

- การใช้งานเป็นพอร์ตอินพุต

เนื่องจากพอร์ตทั้งหมดของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชสามารถเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะทำความเข้าใจถึงการกำหนดลักษณะการทำงานให้แก่พอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

ตารางที่ 2.1 หน้าที่พิเศษของพอร์ต 1 ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชของ Atmel

ขา	เบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์	หน้าที่พิเศษ
P1.0	AT89C52/AT89Sxx	ขา T2 เป็นขาอินพุตนับค่าของไทเมอร์/ เคาน์เตอร์ 2 และเป็นขา
P1.1	AT89C52/AT89Sxx	และควบคุมสัญญาณทางของทิศทาง
P1.4	AT89Sxx	ขา SS (Slave Select) เป็นขาเลือกการติดต่อในกรณีที่ไม่โครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์สเลฟในระบบการติดต่อแบบ SPI
P1.5	AT89Sxx	ขา MOSI (Master data output , Slave data input) ใช้ในการติดต่อกับพอร์ต SPI
P1.6	AT89Sxx	ขา MISO (Master data input , Slave data output) ใช้ในการติดต่อกับพอร์ต SPI
P1.7	AT89Sxx	ขา SCK (Master clock output) เป็นขาสัญญาณนาฬิกาของการติดต่อกับพอร์ต SPI

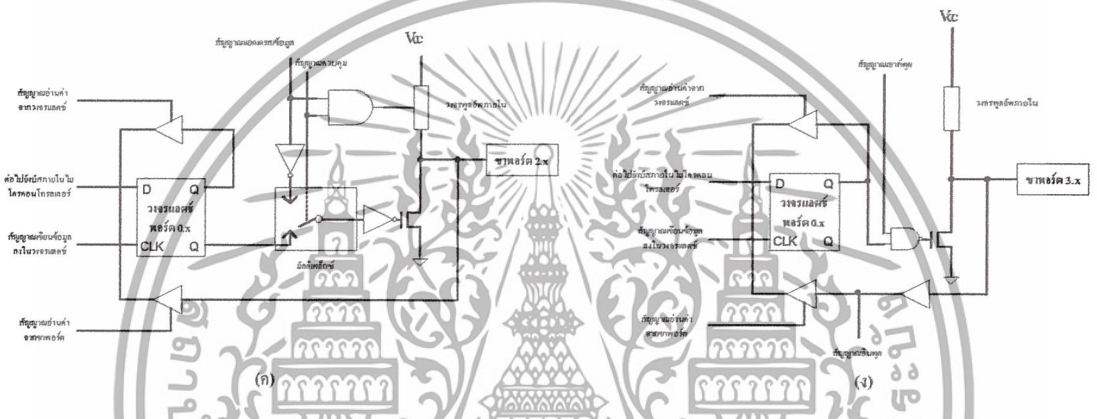
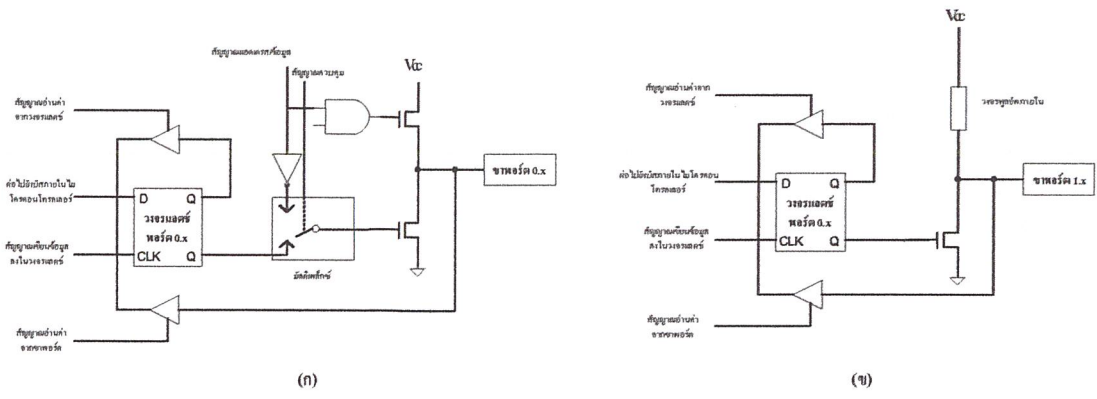
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต ต้องเริ่มต้นด้วยการเขียนข้อมูล “1” มาที่แต่ละบิตที่ต้องการใช้งานเป็นอินพุต เพื่อหยุดการทำงานของเฟลทที่ใช้ในการขับสัญญาณเอาต์พุตของบิตนั้นๆ ทำให้ขาสัญญาณของพอร์ตเชื่อมต่อเข้ากับวงจรพูลอัปภายใน โดยตรง ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีลอจิกเป็น “1” สามารถรับสัญญาณลอจิก “0” จากอุปกรณ์ภายนอกได้ง่าย สัญญาณข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกจะถูกส่งเข้ามาแล้วถูกเก็บไว้ในวงจรบัฟเฟอร์ภายในพอร์ต แล้วรอให้ซีพียูมาอ่านค่าเข้าไป เมื่อเป็นเช่นนี้ อุปกรณ์ภายนอกที่เชื่อมต่อพอร์ตอินพุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชควรรกำหนดให้ทำงานในสถานะลอจิก “0” จะดีและสะดวกที่สุดและ (ซึ่งในปัจจุบัน อุปกรณ์อินพุตที่เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์แทบทั้งหมดทำงานที่ลอจิก “0” แล้ว)

- การใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุต

โดยปกติแล้วขาพอร์ตจะกำหนดให้มีลักษณะเป็นเอาต์พุตอยู่แล้ว ดังนั้นจึงสามารถส่งข้อมูลออกไปได้อย่างง่ายดายและตรงไปตรงมา กล่าวคือเมื่อต้องการส่งข้อมูล “0” ออกไปทางเอาต์พุตก็ให้เขียนข้อมูล “0” ไปยังวงจรแลตช์ ซึ่งก็จะส่งต่อไปขับเฟลท ทำให้เฟลทงานที่ขาพอร์ตที่กำหนดให้ทำงานก็จะเกิดลอจิก “0” ขึ้น ในทางตรงข้ามหากต้องการส่งข้อมูล “1” ออกไปก็ให้เขียนข้อมูล “1” ไปยังวงจรแลตช์ วงจรขับก็จะหยุดทำงานทำให้ที่ขาพอร์ตเชื่อมต่อกับวงจรพูลอัปภายในเกิดเป็นลอจิก “1” ที่ขาพอร์ตนั้น ซึ่งจะคล้ายกับการกำหนดให้เป็นขาอินพุตมาก เพียงแต่แตกต่างกันที่กระบวนการเคลื่อนย้ายข้อมูล โดยถ้าเป็นอินพุตจะมีสัญญาณมาอ่านข้อมูลที่บัฟเฟอร์ แต่ถ้าเป็นเอาต์พุตจะไม่มีกรอ่านข้อมูลที่บัฟเฟอร์แต่อย่างใด เว้นแต่ในกรณีที่ต้องการตรวจสอบข้อมูลที่ส่งออกมาทางเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 วงจรภายในของพอร์ตทุกพอร์ตใน MCS-51 แบบแฟลช



รูปที่ 2.18 วงจรพูล์อัปภายในพอร์ตของ MCS-51 แบบแฟลช

เมื่อใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุต แต่ละขา(หรือแต่ละบิต) ของแต่ละพอร์ตมีความสามารถในการจ่ายกระแสหรือที่เรียกว่า กระแสซอร์ส (source current) ได้สูงสุด 10 mA และทุกขารวมกันในแต่ละพอร์ต(ทั้ง 8 บิต) สูงสุด 26 mA สำหรับพอร์ต 0 และ 15 mA สำหรับพอร์ต 1 ถึง 7 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ต 3 ในกรณีที่ใช้งานทุกพอร์ตเอาท์พุทจะสามารถจ่ายกระแสได้รวมกันสูงสุด 71 mA ดังนั้นในการใช้งานเป็นพอร์ตเอาท์พุทเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาในการจ่ายกระแสจึงควรต่อวงจรบัฟเฟอร์ทางเอาท์พุทเพื่อช่วยในทางขับกระแสอีกทางหนึ่ง

- การอ่านค่าลอจิกพอร์ต

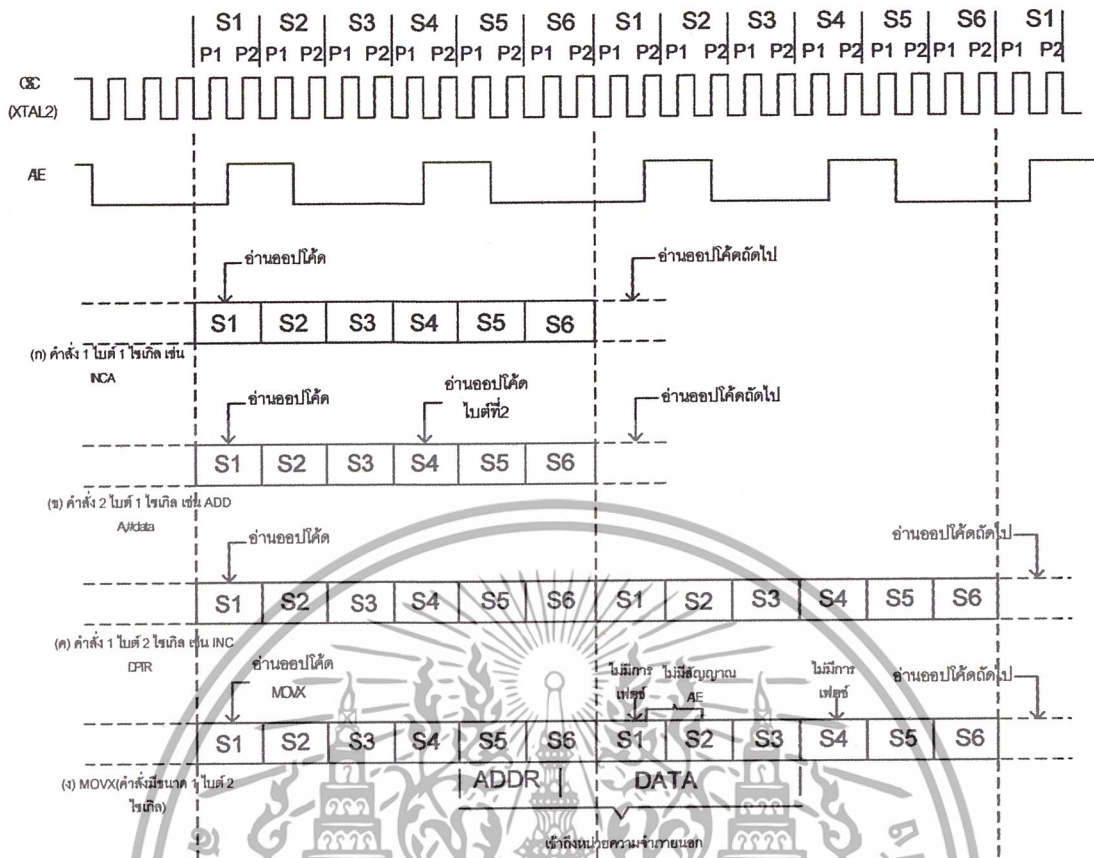
ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชสามารถอ่านค่าลอจิกจากพอร์ตได้ 2 ลักษณะคือ อ่านจากขาพอร์ตโดยตรงและอ่านจากวงจรแลตช์ของแต่ละพอร์ต

ในกรณีที่ขาพอร์ตต่อกับขาเบสทรานซิสเตอร์ชนิด NPN และขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ตัวนั้นต่อลงกราวด์ หากมีการส่งข้อมูล “1” ไปยังทรานซิสเตอร์ จะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานสถานะลอจิกที่ขาพอร์ตจะเป็น “0” เนื่องจากเมื่อทรานซิสเตอร์ทำงาน จะเสมือนว่าขาพอร์ตนี้ถูกต่อลงกราวด์ ทำให้หากอ่านค่าลอจิกที่ขาพอร์ตจะได้ผลตรงข้ามกับที่ส่งออกมา แต่ถ้าหากทำงานอ่านค่าลอจิกที่วงจรแลตช์ จะได้ค่าที่ต้องการกับค่าที่ต้องการส่งจริง ดังนั้นในการอ่านค่าลอจิกจากพอร์ตจึงต้องเลือกวิธีการที่เหมาะสมกับกับอุปกรณ์ที่ต้องการนำมาต่อด้วย

2.3.5 จังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ในการใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะต้องทำความเข้าใจถึงจังหวะการทำงานของซีพียูและลำดับขั้นตอนการประมวลผลคำสั่ง ในการประมวลผลคำสั่งของซีพียูจะมีขั้นตอนหลักๆ 2 ขั้นตอน คือ กระบวนการเฟตช์ (fetch) เป็นการเรียกคำสั่งออกจากหน่วยความจำโปรแกรมแล้วทำการแปลรหัสคำสั่งนั้นเป็นภาษาเครื่องเพื่อเตรียมการประมวลผล ขั้นตอนต่อมาก็คือ กระบวนการเอ็กซีคิวต์ (execute) เป็นการกระทำตามคำสั่งที่กำหนดหรือตามที่เฟตช์ขึ้นมาโดยกระบวนการก่อนหน้า เมื่อทำการเอ็กซีคิวต์คำสั่งเรียบร้อยแล้ว ก็จะไปเริ่มกระบวนการเฟตช์คำสั่งใหม่ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

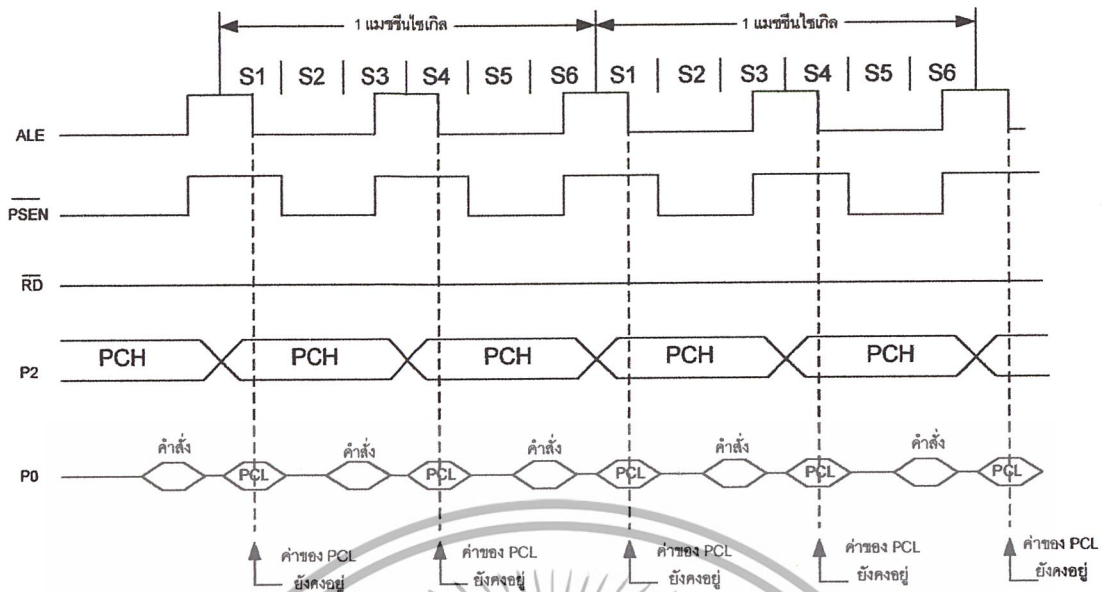


รูปที่ 2.19 ไซเคิลการทำงานของ MCS-51 แบบเฟลซ

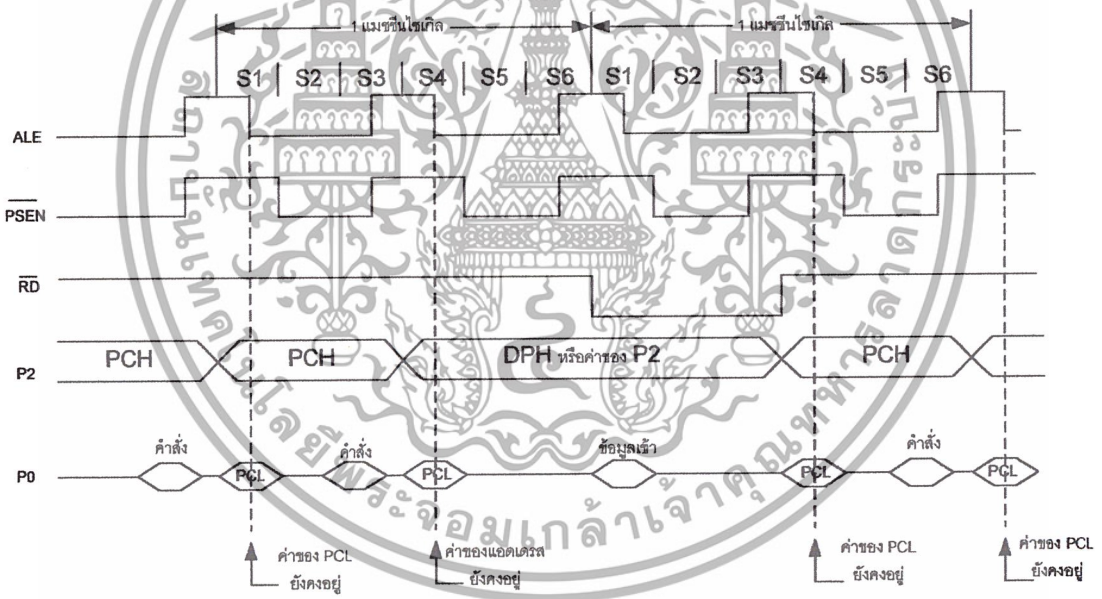
เมื่อเริ่มจ่ายไฟให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเกิดการรีเซ็ตในลักษณะที่เรียกว่า เพาเวอร์-ออนรีเซ็ต(power on reset) ซีพียูเริ่มต้นการทำงานที่แอดเดรส 0000H ของหน่วยความจำโปรแกรม จังหวะการทำงานของซีพียูจะเป็นไปตามรูปแบบ โดยได้รับการกำหนดมาจากกรอบการทำงานหรือแมชชีนไซเคิล (machine cycle) ในรูปที่ เป็นไคอะแกรมเวลาแสดงจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 โดยใน 1 รอบการทำงานหรือแมชชีนไซเคิลจะแบ่งย่อยออกเป็น 6 สเตต (state) กำหนดชื่อเป็น S1-S6 ในแต่ละสเตตมีค่าเวลาเท่ากับ 2 คาบเวลาของสัญญาณนาฬิกา ถ้าสัญญาณนาฬิกาที่มีความถี่ 12 MHz จะมีคาบเวลาเท่ากับ 1 ms คาบเวลาทั้งสองภายในหนึ่งสเตตจะเรียกว่า เฟส 1 (phase 1) และ (phase 2)

ในรูปที่ 2.19(ก) และ (ข) จะเป็นการเอ็กซิคิวค้ำสั่งที่ใช้เวลา 1 ไซเคิล เริ่มต้นที่สเตต 1 จะเป็นการอ่านค่าออปโค้ด อันเป็นกระบวนการแลตซ์ค่าของออปโค้ดส่งไปให้รีจิสเตอร์ค้ำสั่ง (Instruction Register : IR) การเฟตซ์ครั้งที่สองจะเกิดขึ้นที่สเตต 4 ภายในแมชชีนไซเคิลเดียวกัน ในกรณีที่เป็นค้ำสั่งไบต์เดียว การเฟตซ์ครั้งที่ 2 ภายในแมชชีนไซเคิลเดียวกันจะถูกค้ำทิ้งไป ในค้ำสั่งที่มีใช้เวลา 1 ไซเคิล จะสิ้นสุดการทำงานลงในสเตต 6 ของแมชชีนไซเคิลเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) เมื่อไม่กระทำคำสั่ง MOVX



(ข) เมื่อไม่กระทำคำสั่ง MOVX

รูปที่ 2.20 ไคอะแกรมเวลาแสดงการติดต่อและเข้าถึงหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกของ MCS-51 แบบแฟลช

ในกรณีที่คำสั่งใช้เวลา 2 ไชเกิล การทำงานคำสั่งนั้นจะสิ้นสุดลงในสแตต 6 ของแมชชีน ไชเกิลที่ 2 ดังในไคอะแกรมรูปที่ 2.19(ค) สำหรับในการกระทำคำสั่ง MOVX ซึ่งเป็นคำสั่งขนาด 1 ไชเกิล 2 ไชเกิล จะไม่มีการเฟลชเกิดขึ้นที่สองของคำสั่ง MOVX นี้ เนื่องจากชิพจะไปทำการคิดเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญตาดำเนินไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อกับหน่วยความจำภายนอกดังแสดงในไดอะแกรมรูปที่ 2.19 (ง) จะเห็นได้ว่าเวลาในการเอ็ค-ซิวต์จะไม่ได้ขึ้นอยู่กับว่าทำการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายในหรือภายนอก

ในรูปที่ 2.20 แสดงสัญญาณและไดอะแกรมเวลาของการเข้าถึงหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก โดยในรูปที่ 2.20(ก) เป็นไดอะแกรมเวลาในขณะที่ยังไม่ได้กระทำคำสั่ง MOVX สัญญาณที่ขา ALE และ $\overline{\text{PSEN}}$ จะเกิดการแอกตีฟ 2 ครั้งภายใน 1 แมกซ์ซีไจกิล ในทุกครั้งที่ ALE เกิดการแอกตีฟที่พอร์ต 0 (P0) จะมีค่าของรีจิสเตอร์ PC ในไบต์ต่ำออกมา ในขณะที่พอร์ต 2 (P2) ก็จะมีค่า PC ในไบต์สูงเพื่อชี้ไปยังแอดเดรสต่อไปที่ต้องไปดำเนินการ สำหรับ $\overline{\text{PSEN}}$ ก็จะเกิดการแอกตีฟเมื่อมีการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ในกรณีที่กระทำคำสั่ง MOVX เพื่อเข้าถึงหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ที่ขา $\overline{\text{PSEN}}$ จะไม่เกิดการแอกตีฟ 2 ครั้งภายใน 1 แมกซ์ซีไจกิล เนื่องจากบััสแอดเดรสและบััสข้อมูลจะถูกใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกแทน แต่สำหรับสัญญาณ ALE ยังคงแอกตีฟตามจังหวะการทำงานเหมือนเดิม

จากไดอะแกรมเวลาสามารถสรุปได้ว่า ในการทำงาน 1 รอบหรือ 1 แมกซ์ซีไจกิล ซีพียูในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะใช้เวลา 12 คาบเวลาของสัญญาณนาฬิกา นั่นคือเวลาในการทำงาน 1 ไจกิลมีค่าเท่ากับ 1 μs หรือมีความเร็วในการทำงานภายใน 1 MHz ในกรณีที่ใช้ความถี่ของสัญญาณนาฬิกา 12 MHz ดังนั้นถ้าต้องการทราบความเร็วในการทำงานภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถหาได้จาก ค่าความถี่ของสัญญาณนาฬิกาหารด้วย 12 และถ้าต้องการหาค่าเวลาของ 1 รอบการทำงานหรือ 1 แมกซ์ซีไจกิล สามารถทำได้โดยการหาส่วนกลับของความเร็วในการทำงานภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถสรุปเป็นสูตรทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$\text{ความเร็วในการทำงานภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์เท่ากับ} \\ \text{ความถี่ของสัญญาณนาฬิกา (ค่าคริสตอลที่ต่ออยู่ที่ขา XTAL1 และ XTAL2)} / 12 \\ \text{เวลา 1 แมกซ์ซีไจกิล} = \frac{1}{\text{ความเร็วในการทำงานภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์}}$$

2.3.6 หน่วยความจำโปรแกรม (Program memory)

ในรูปที่ 2.21 แสดงการจัดหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในเบอร์ต่างๆที่นิยมกัน ใช้งาน อันประกอบด้วยเบอร์ AT89C51 และ AT89C52 จะเห็นได้ว่าทั้งสองเบอร์สามารถติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์ โดยสามารถเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายในอย่างเดียวหรือรวมกับภายนอกหรือเลือกใช้หน่วยความจำภายนอกอย่างเดียวก็ได้ ดังในรูปที่ 2.21(ก) โดยภายใน AT89C51 จะมีหน่วยความจำโปรแกรมภายใน 4 กิโลไบต์ ในขณะที่ AT89C52 จะมีขนาด 8 กิโลไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่ใช้หน่วยความจำภายในและภายนอกรวมกัน หากใช้ AT89C51 ก็จะสามารถติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกได้ 60 กิโลไบต์ และถ้าใช้เบอร์ AT89C52 จะสามารถติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้ 56 กิโลไบต์

หน่วยความจำโปรแกรมใช้เก็บข้อมูลของโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์หรือที่เรียกว่า โปรแกรมมอนิเตอร์ (monitor program) หากใช้หน่วยความจำภายนอกก็จะบรรจุอยู่ในหน่วยความจำชนิดอีพรอม (EPROM : Erasable Programmable Read-Only Memory) ซึ่งสามารถทำการอ่านได้เพียงอย่างเดียว

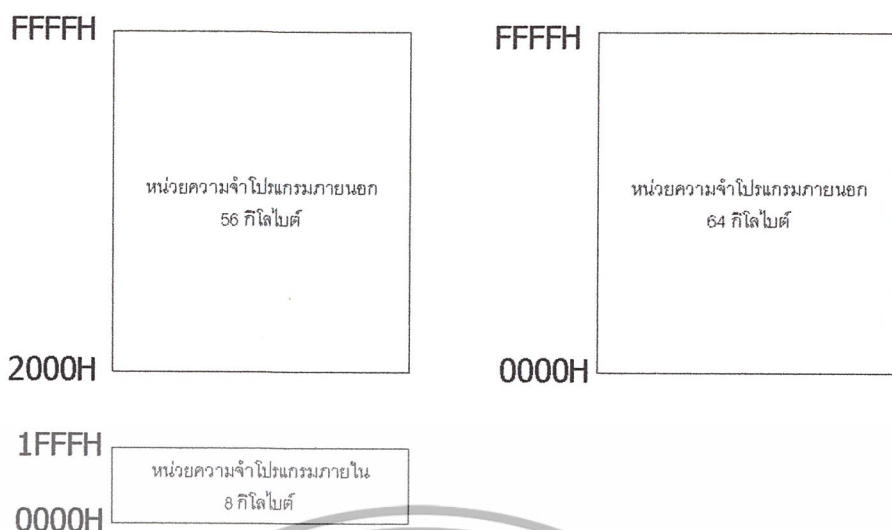
หน่วยความจำโปรแกรมมีแอดเดรสเริ่มต้นที่ 0000H เมื่อซีพียูได้รับการรีเซตให้เริ่มต้นการทำงาน จะต้องมาเริ่มต้นที่แอดเดรส 0000H นี้เสมอ อย่างไรก็ตาม ในพื้นที่ของหน่วยความจำโปรแกรมไม่ว่าจะใช้งานจากภายในหรือภายนอกก็ตาม ต้องมีสงวนพื้นที่บางตำแหน่งเอาไว้สำหรับการบริการอินเตอร์รัปต์ 6 ประเภท ประเภทละ 8 ไบต์ ประกอบด้วย

- พื้นที่บริการอินเตอร์รัปต์ 0 จากภายนอก กำหนดไว้ที่แอดเดรส 0003H
- พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์จากไทมเมอร์ 0 กำหนดไว้ที่แอดเดรส 000BH
- พื้นที่บริการอินเตอร์รัปต์ 1 จากภายนอก กำหนดไว้ที่แอดเดรส 0013H
- พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์จากไทมเมอร์ 1 กำหนดไว้ที่แอดเดรส 001BH
- พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์ของการสื่อสารอนุกรม กำหนดไว้ที่แอดเดรส 0023H
- พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์จากไทมเมอร์ 2 กำหนดไว้ที่แอดเดรส 002BH



(ก) การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C52

รูปที่ 2.21 การจัดสรรหน่วยความจำโปรแกรมของ MCS-51 แบบแฟลช

กรณีที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายใน แต่ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกด้วย สามารถทำได้โดยต้องกำหนดแอดเดรสของหน่วยความจำโปรแกรมให้ต่อจากแอดเดรสสุดท้ายของหน่วยความจำโปรแกรมภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ ยกตัวอย่าง ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 มีหน่วยความจำโปรแกรมขนาด 4 กิโลไบต์ มีแอดเดรสอยู่ระหว่าง 0000H-0FFFH เมื่อต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกต้องกำหนดให้แอดเดรสอยู่ในช่วง 1000H-FFFFH

การต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกแสดงในรูปที่ 2.22 ขาพอร์ต P0.0-P0.7 ใช้เป็นขาข้อมูล D0-D7 และขาแอดเดรสไบต์ต่ำ โดยผ่านวงจรมัลติเพล็กซ์ซึ่งปกติใช้ไอซีเบอร์ 74HC573 และใช้สัญญาณ ALE และ PSEN ในการเลือกใช้งานขา P0.0-P0.7 เพื่อเป็นขาข้อมูลหรือขาแอดเดรส ในขณะที่ขา P2.0-P2.7 ใช้ในการเชื่อมต่อกับขาแอดเดรสที่ไบต์สูง A8-A15 ดังนั้นเมื่อมีการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเหลือขาพอร์ตเพียง 16 บิต ที่ขาพอร์ต P1.0-P1.7 และ P3.0-P3.7

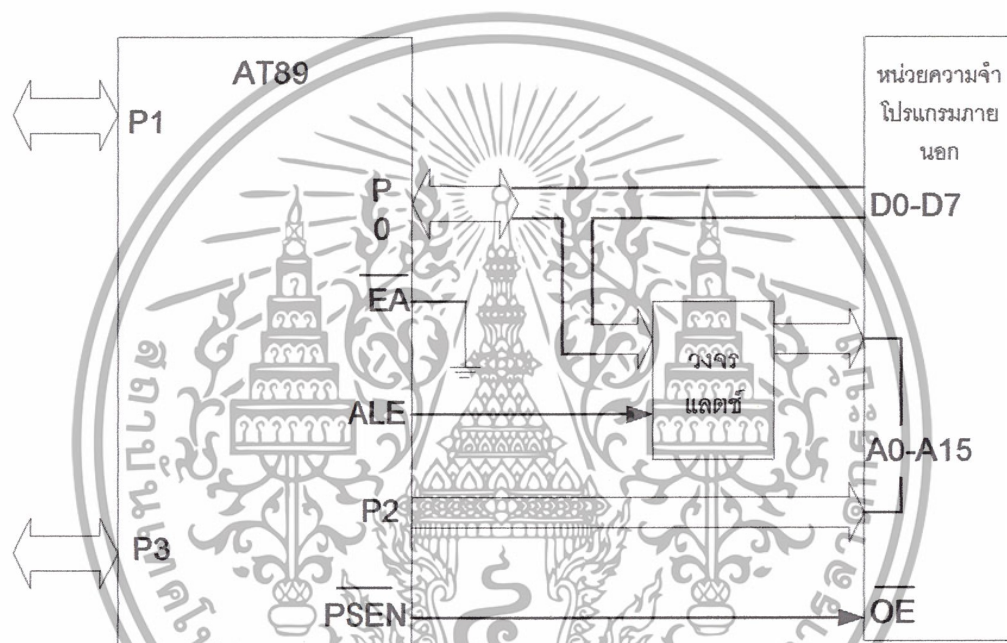
2.3.7 หน่วยความจำข้อมูล (Data memory)

มีด้วยกัน 2 แบบคือ หน่วยความจำข้อมูลภายนอกและภายใน โดยในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบ แฟลชในอนุกรม AT89 สามารถติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้สูงสุด 64 กิโลไบต์ โดยการใช้คำสั่ง MOVX ในการติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

การติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชแสดงเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

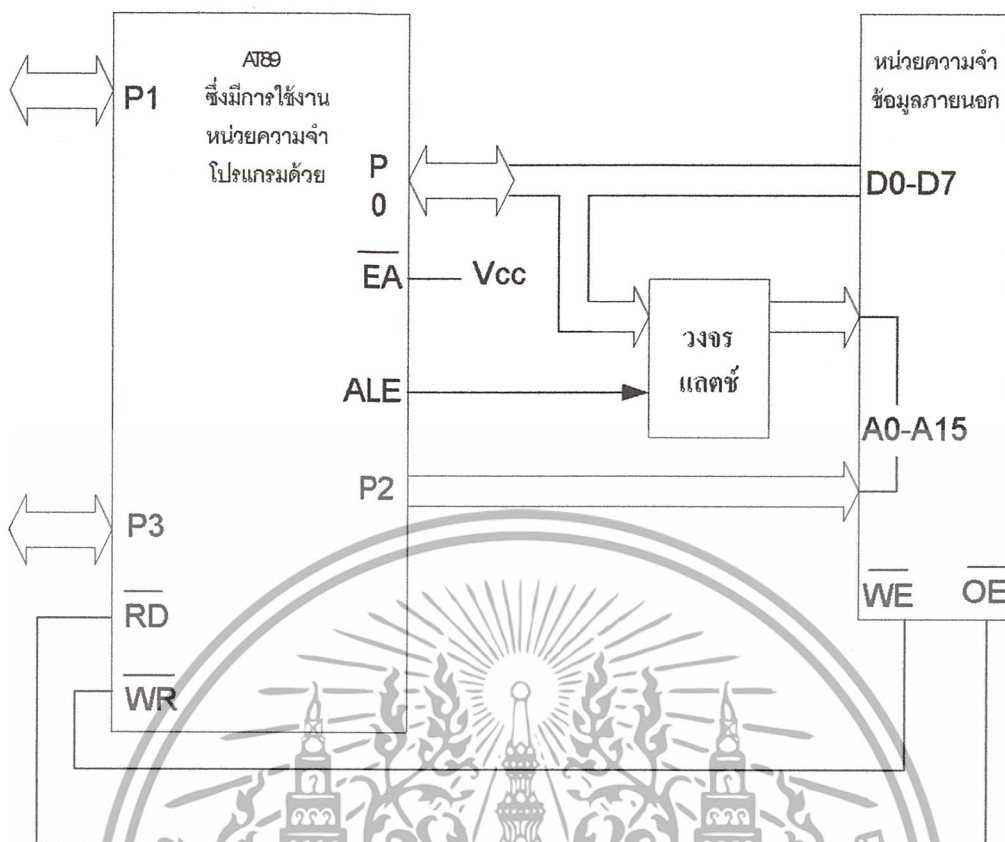
รูปที่ 2.23 จะเห็นได้ว่า มีลักษณะคล้ายกับการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก แตกต่างกันที่มีสัญญาณที่ใช้สำหรับการอ่านและเขียนข้อมูลภายนอก นั่นคือ ขา \overline{RD} และ \overline{WR}

สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชในอนุกรม AT89 ทุกเบอร์จะมีหน่วยความจำข้อมูลภายในเป็นแบบแรม (RAM : Random Access Memory) โดยแต่ละเบอร์จะมีขนาดแตกต่างกันไป ในเบอร์ AT89C51 มีหน่วยความจำข้อมูลภายในขนาด 128 ไบต์ ในขณะที่เบอร์ AT89C52 มีขนาด 256 ไบต์ สำหรับการจัดสรรคหน่วยความจำข้อมูลภายในแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ หน่วยความจำข้อมูลส่วนล่าง (lower) , ส่วนบน (upper) และรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ (SFR : Special Function Register) แต่ละส่วนมีขนาด 128 ไบต์ ดังแสดงการจัดสรรดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.22 การเชื่อมต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกของ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 การเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอกของ MCS-51

จะเห็นได้ว่า หน่วยความจำข้อมูลส่วนบนและรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษมีตำแหน่งซ้ำซ้อนกัน แต่จะใช้การติดต่อที่แตกต่างกัน และในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 บางเบอร์จะไม่มีหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน

ขนาดของหน่วยความจำข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชโดยแท้จริงแล้วมีเพียง 256 ไบต์ แต่ด้วยการจัดตั้งที่แตกต่างกัน จึงดูเหมือนว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชมีหน่วยความจำข้อมูลภายในสูงถึง 384 ไบต์ โดยในหน่วยความจำข้อมูลส่วนล่างขนาด 128 ไบต์ มีแอดเดรสอยู่ที่ 00H-7FH สามารถเข้าถึงได้โดยตรงและทางอ้อม สำหรับหน่วยความจำข้อมูลส่วนบนมีขนาด 128 ไบต์ เช่นกัน มีแอดเดรสอยู่ที่ 80H-FFH สามารถเข้าถึงแบบโดยอ้อมเท่านั้น ในขณะที่รีจิสเตอร์ SFR มีแอดเดรสอยู่ที่ 80H-FFH เช่นเดียวกับหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน แต่สำหรับรีจิสเตอร์ SFR ใช้การเข้าถึงแบบโดยตรง ดังนั้นเพื่อความสะดวกและง่ายตลอดจนป้องกันความสับสน ในการเขียนโปรแกรมผู้เริ่มต้นจึงต้องใช้หน่วยความจำข้อมูลภายในเพียง 128 ไบต์จากหน่วยความจำข้อมูลส่วนล่างร่วมกับรีจิสเตอร์ SFR

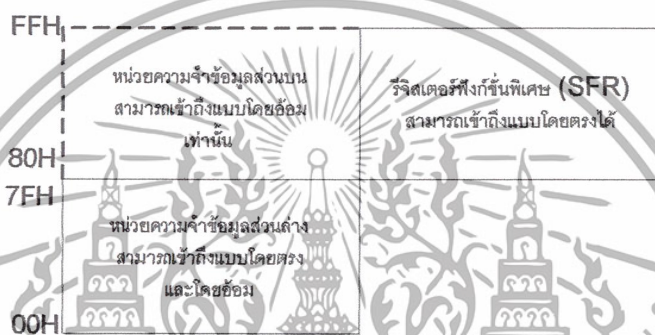
ในรูปที่ 2.25 แสดงการจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลส่วนล่าง หน่วยความจำ 32 ไบต์ต่ำสุดที่แอดเดรส 00H-1FH แบ่งเป็น 4 กลุ่มเรียกว่า 4 แบงก์ (bank) แต่ละแบงก์มีรีจิสเตอร์ 8 ตัว คือ R0-R7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

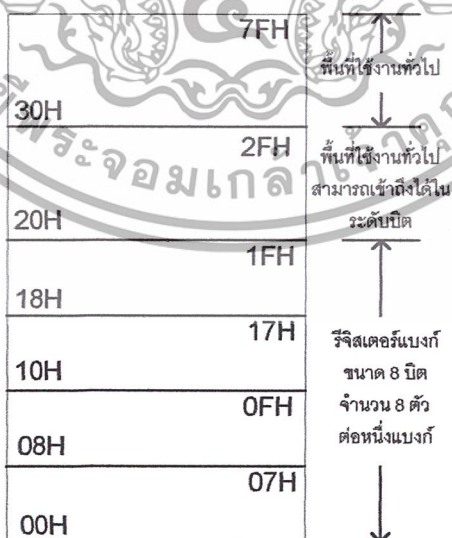
การติดต่อกับหน่วยความจำในแ่งกใดให้กำหนดที่รีจิสเตอร์ PSW (Program Status Word register)

หน่วยความจำข้อมูล 16 ไบต์ถัดมาที่แอดเดรส 20H-2FH เป็นพื้นที่สำหรับใช้งานทั่วไป สามารถเข้าถึงในระดับบิต และหน่วยความจำข้อมูลที่เหลือ 80 ไบต์ จะต้องแบ่งส่วนหนึ่งสำรองไว้ เป็นพื้นที่ของสแตก การเข้าถึงหน่วยความจำในส่วนนี้ต้อง ใช้การเข้าถึงในระดับไบต์

ในรูปที่ 2.26 แสดง โครงสร้างของหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน ซึ่งจะมีลักษณะที่คล้ายกับ หน่วยความจำข้อมูลส่วนล่าง หากแต่ใน 80 ไบต์บน ไม่จำเป็นต้องสำรองไว้สำหรับสแตก และต้อง ใช้การเข้าถึงในลักษณะ โดยอ้อมเท่านั้น



รูปที่ 2.24 การจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายใน MCS-51 แบบแฟลช



รูปที่ 2.25 การจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในส่วนล่างของ MCS-51 แบบแฟลช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.8 รีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ (Special Function Register : SFR)

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีด้วยกัน 22 ตัว สำหรับเบอร์ AT89C51 และ 28 ตัว ในเบอร์ AT89C52 และ อนุกรม AT89Sxx ทั้งนี้เนื่องจากใน AT89C52 และ AT89Sxx มีจำนวนไทมเมอร์เคาน์เตอร์มากกว่า AT89C51

รีจิสเตอร์ SFR มีแอดเดรสอยู่ระหว่าง 80H-FFH ในพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน สามารถเข้าถึงได้โดยตรง (direc address) ในรูปที่ 2.27 แสดงการจัดสรรพื้นที่ของรีจิสเตอร์ SFR แต่ละตัวในหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน สำหรับรายละเอียดเบื้องต้นของรีจิสเตอร์ SFR มีดังนี้

- รีจิสเตอร์แสดงสถานะของโปรแกรม (Program Status Word : PSW)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต จึงสามารถกำหนดค่าในแต่ละบิต ของรีจิสเตอร์ตัวนี้ได้โดยอิสระ ที่แอดเดรสอยู่ที่ D0H ทำหน้าที่เก็บสถานะของการทำงานของ โปรแกรมในขณะที่นั้นจะเรียกสถานะต่างๆของ โปรแกรมว่า แฟล็ก (flag) เมื่อซีพียูกระทำคำสั่ง ทางคณิตศาสตร์และลอจิกแล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะขึ้น ผลของการเปลี่ยนแปลงนั้นจะมา ปรากฏที่บิตต่างๆ ของรีจิสเตอร์ PSW รายละเอียดของแต่ละบิตในรีจิสเตอร์ PSW แสดงในรูปที่ 2.28

แอดเดรส
7FH

หน่วยความจำข้อมูลส่วนบน สำหรับใช้งานทั่วไป ขนาด 80 ไบต์								
30H								
2FH	7F	7E	7D	7C	7B	7A	79	78
2EH	77	76	75	74	73	72	71	70
2DH	6F	6E	6D	6C	6B	6A	69	68
2CH	67	66	65	64	63	62	61	60
2BH	5F	5E	5D	5C	5B	5A	59	58
2AH	57	56	55	54	53	52	51	50
29H	4F	4E	4D	4C	4B	4A	49	48
28H	47	46	45	44	43	42	41	40
27H	3F	3E	3D	3C	3B	3A	39	38
26H	37	36	35	34	33	32	31	30
25H	2F	2E	2D	2C	2B	2A	29	28
24H	27	26	25	24	23	22	21	20
23H	1F	1E	1D	1C	1B	1A	19	18
22H	17	16	15	14	13	12	11	10
21H	0F	0E	0D	0C	0B	0A	09	08
20H	07	06	05	04	03	02	01	00
1FH	รีจิสเตอร์แบงก์ 3							
18H	รีจิสเตอร์แบงก์ 2							
17H								
10H	รีจิสเตอร์แบงก์ 1							
0FH								
08H	รีจิสเตอร์แบงก์ 0							
07H								
00H								

หน่วยความจำข้อมูล
ไบต์ส่วนที่สามารถ
เข้าถึงในระดับบิตได้

รูปที่ 2.26 โครงสร้างของหน่วยความจำข้อมูลภายในส่วนบนของ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอดเดรส

บิต

FFH										
F0H	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0		รีจิสเตอร์ B
E0H	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0		รีจิสเตอร์ ACC
D0H	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0		รีจิสเตอร์ PSW
B8H	-	-	-	D4	D3	D2	D1	D0		รีจิสเตอร์ IP
B0H	3.7	3.6	3.5	3.4	3.3	3.2	3.1	3.0		รีจิสเตอร์ P3
A8H	D7	-	-	D4	D3	D2	D1	D0		รีจิสเตอร์ IE
A0H	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2	2.1	2.0		รีจิสเตอร์ P2
99H	ไม่สามารถเข้าถึงในระดับบิตได้									รีจิสเตอร์ SBUF
98H	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	S0		รีจิสเตอร์ SCON
90H	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0		รีจิสเตอร์ P1
8DH	ไม่สามารถเข้าถึงในระดับบิตได้									รีจิสเตอร์ TH1
8CH	ไม่สามารถเข้าถึงในระดับบิตได้									รีจิสเตอร์ TH0
8BH	ไม่สามารถเข้าถึงในระดับบิตได้									รีจิสเตอร์ TL1
8AH	ไม่สามารถเข้าถึงในระดับบิตได้									รีจิสเตอร์ TL0
89H	ไม่สามารถเข้าถึงในระดับบิตได้									รีจิสเตอร์ TMOD
88H	T7	T6	T5	T4	T3	T2	T1	T0		รีจิสเตอร์ TCON
87H	ไม่สามารถเข้าถึงในระดับบิตได้									รีจิสเตอร์ PCON
86H	ไม่สามารถเข้าถึงในระดับบิตได้									รีจิสเตอร์ DPH
82H	ไม่สามารถเข้าถึงในระดับบิตได้									รีจิสเตอร์ DPL
81H	ไม่สามารถเข้าถึงในระดับบิตได้									รีจิสเตอร์ SP
80H	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.0		รีจิสเตอร์ P0

รูปที่ 2.27 การจัดสรรพื้นที่ของรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ (SFR)

- แอควิวมูเลเตอร์ (Accumulator : ACC)

มีขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ E0H เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก ก่อนที่จะส่งข้อมูลหรือผลลัพธ์ที่ได้ให้แก่ซีพียูเพื่อทำการประมวลผลต่อไป อาจเรียกสั้นๆว่า รีจิสเตอร์ A หรือ ACC รีจิสเตอร์นี้สามารถเข้าถึงระดับบิตได้

- รีจิสเตอร์ B

มีขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ F0H มีหน้าที่พิเศษคือ หากต้องการคูณหรือหารทางคณิตศาสตร์ ต้องนำข้อมูลที่ต้องการหารหรือคูณมาเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ B แล้วจึงกระทำคำสั่งการคูณหรือการหารกับค่าในรีจิสเตอร์ A ต่อไป

ในกรณีที่ไม่ได้มีความต้องการคูณหรือหารข้อมูล สามารถใช้รีจิสเตอร์ B นี้ในการเก็บข้อมูลทั่วไปได้เหมือนกับรีจิสเตอร์ปกติ และสามารถเข้าถึงในระดับบิตได้เช่นเดียวกับรีจิสเตอร์ A เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โปรแกรมเคาน์เตอร์ (Program Counter : PC)

มีขนาด 16 บิต มีหน้าที่แจ้งแอดเดรสของหน่วยความจำโปรแกรมในตำแหน่งถัดไปที่ซีพียูจะต้องไปทำงาน รีจิสเตอร์ PC เป็นรีจิสเตอร์ตัวเดียวที่ไม่ได้จัดสรรรวมไว้กับรีจิสเตอร์ SER ตัวอื่นๆ การเปลี่ยนแปลงค่าของรีจิสเตอร์ PC จะขึ้นอยู่กับผลของการกระทำคำสั่งภายในหน่วยความจำโปรแกรมที่ผู้เขียนโปรแกรมกำหนด

รีจิสเตอร์ PC มีความสำคัญมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการตรวจสอบการทำงานของโปรแกรมว่า ดำเนินไปตามลำดับขั้นตอนตามที่กำหนดไว้หรือไม่

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
CY	AC	FO	RS1	RS0	OV	-	P

รูปที่ 2.28 รายละเอียดของรีจิสเตอร์แสดงสถานะของโปรแกรมหรือ PSW

CY : แฟล็กทด (Carry flag) เป็น “1” เมื่อมีการกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์และลอจิก แล้วค่าของแอดคิวมูเลเตอร์เกิน 255 (เลขฐานสิบ) หรือ FFH

AC : แฟล็กทดเสริม (Auxiliary Carry flag) เป็น “1” เมื่อมีการกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์แล้วทำให้เกิดการทศข้ามจากบิต 3 มายังบิต 4

FO : แฟล็กใช้งานทั่วไป เมื่อผู้เขียนโปรแกรมกำหนดค่าที่บิตนี้แล้ว ไม่ว่าจะกระทำคำสั่งใดๆ ที่บิตนี้จะไม่เปลี่ยนแปลง

RS1 : บิตเลือกรีจิสเตอร์แบบ 1 (Register Select1) ใช้งานร่วมกับ บิต RS0 เพื่อเลือกแเบงก์ของรีจิสเตอร์ R0-R7

RS0 : บิตเลือกรีจิสเตอร์แบบ 0 (Register Select0) ใช้งานร่วมกับ บิต RS1 เพื่อเลือกแเบงก์ของรีจิสเตอร์ R0-R7

OV : บิตเกิน (Overflow) เป็น “1” เมื่อมีการกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์และลอจิกแล้ว ทำให้เกิดการทศข้ามจากบิต 6 มายังบิต 7 ของแอดคิวมูเลเตอร์ หรือ แอดคิวมูเลเตอร์มีค่าเกิน 127 (ฐานสิบ) นอกจากนั้นยังใช้เป็นารแสดงค่าลบด้วย

- : บิตนี้ผู้ใช้งานสามารถกำหนดใช้งานได้อย่างอิสระ

P : บิตพาราตี (Parity) ใช้ในการตรวจสอบจำนวนค่า “1” ภายในแอดคิวมูเลเตอร์ ถ้าหากในแอดคิวมูเลเตอร์มีจำนวนบิตที่เป็น “1” รวมกันเป็นเลขคู่ บิตนี้จะเป็น “0” ถ้ารวมกันเป็นเลขคี่ บิตนี้จะเป็น “1”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 การเลือกแบงก์ของหน่วยความจำส่วนล่างเพื่อติดต่อกับรีจิสเตอร์แบงก์ R0-R7

RS1	RS0	แบงก์ของรีจิสเตอร์	ช่วงของแอดเดรส
0	0	แบงก์ 0	00H-07H
0	1	แบงก์ 1	08H-0FH
1	0	แบงก์ 2	10H-17H
1	1	แบงก์ 3	18H-1FH

- แสตคพอยน์เตอร์ (Stack Pointer : SP)

หรือรีจิสเตอร์ตัวชี้แอสตค มีขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ 81 H ใช้ในการเก็บค่าตำแหน่งตัวชี้แอสตค ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อซีพียูมีการกระโดดไปทำงานที่โปรแกรมย่อยกลับมายังโปรแกรมหลักเมื่อมีการรีเซตเกิดขึ้น (รีเซต : การกระทำที่ส่งผลให้ซีพียูต้องเริ่มต้นการทำงานใหม่ตั้งแต่ต้น) ค่าของรีจิสเตอร์ SP จะเท่ากับ 07H ดังนั้นแอดเดรสของพื้นที่ที่รองไว้ทำหน้าที่เป็นแอสตคจะเท่ากับ 08H

- รีจิสเตอร์ชี้ข้อมูลหรือค่าพอยน์เตอร์ (Data Pointer : DPTR)

มีขนาด 16 บิต โดยแบ่งเป็นรีจิสเตอร์ชี้ข้อมูลไบต์สูง (DPH) และรีจิสเตอร์ชี้ข้อมูลไบต์ต่ำ (DPL) แต่ละตัวมีขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ 82H สำหรับ DPL และ 83H สำหรับ DPH รีจิสเตอร์ DPTR นี้ใช้ในการเก็บค่าแอดเดรสของหน่วยความจำหรืออุปกรณ์ภายนอกที่ไม่โครคอนโทรลเลอร์ต้องการติดต่อด้วย

- รีจิสเตอร์ไทมเมอร์ (Timer register)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิตแบ่งเป็น ไบต์สูงและ ไบต์ต่ำเช่นเดียวกับรีจิสเตอร์ DPTR รีจิสเตอร์ไทมเมอร์ใช้ในการเก็บค่าของตัวนับหรือเคาน์เตอร์ (counter) ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้ในการสร้างฐานเวลา, จับเวลาหรือนับจำนวนพัลส์สัญญาณนาฬิกาภายใน บางทีเรียกรีจิสเตอร์ตัวนี้ว่า รีจิสเตอร์ไทมเมอร์ / เคาน์เตอร์

ในไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C51 มีรีจิสเตอร์ไทมเมอร์ / เคาน์เตอร์ 2 ตัว แบ่งเป็น T0 หรือ Timer 0 และ T1 หรือ Timer 1 ในรีจิสเตอร์ยังแบ่งเป็นรีจิสเตอร์ไทมเมอร์ต่ำ (TL) และรีจิสเตอร์ไทมเมอร์สูง (TH) เหมือนกัน โดยรีจิสเตอร์ TLO มีแอดเดรสอยู่ที่ 8AH รีจิสเตอร์TH มีแอดเดรสอยู่ที่ 8BH ในขณะที่ TL1 และ TH1 มีแอดเดรสอยู่ที่ 8CH และ 8DH สำหรับในเบอร์ AT89C52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และในอนุกรม AT89Sxx จะมีรีจิสเตอร์ไทมเมอร์ / เคาท์เตอร์ถึง 3 ตัว โดยมีรีจิสเตอร์ TL2 และ TH2 ซึ่งมีแอดเดรสอยู่ที่ TL และ TH2 ซึ่งมีแอดเดรสอยู่ที่ 0CCH และ 0CDH เพิ่มเติมเข้ามา

- รีจิสเตอร์แคปเจอร์ (Capture register)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต มีเฉพาะในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช AT89C52 และในอนุกรม AT89Sxx เท่านั้น เนื่องจากต้องใช้ร่วมกับไทมเมอร์ / เคาท์เตอร์ 2 (Timer 2) โดยรีจิสเตอร์แคปเจอร์นี้มีแคปเจอร์ชื่อเรียกอย่างย่อว่า รีจิสเตอร์ RCAP2L มีแอดเดรสซึ่งแบ่งเป็นไบต์ต่ำคือ RCAP2L มีแอดเดรสอยู่ที่ 0 CAPH และไบต์สูงคือ RCAP2H มีแอดเดรสอยู่ที่ 0CBH

รีจิสเตอร์แคปเจอร์จะถูกใช้งานเมื่อกำหนดให้ไทมเมอร์ 2 ทำงานในโหมดแคปเจอร์ ซึ่งเป็นโหมดที่กำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงสถานะทางลอจิกที่ขา T2EX ทั้งนี้เพื่อใช้ประโยชน์ในการวัดคาบเวลา ความถี่ และการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณพัลส์ที่ขา T2EX

- รีจิสเตอร์ควบคุม (Control register)

รีจิสเตอร์ PCON เป็นรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดวิธีการรับส่งข้อมูลของวงจรสื่อสารอนุกรมและกำหนดการทำงานของโหมดประหยัดพลังงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

รีจิสเตอร์ SCON เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของวงจรสื่อสารอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

รีจิสเตอร์ TCON และ T2MOD เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของไทมเมอร์ / เคาท์เตอร์ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช โดย T2MOD ใช้สำหรับไทมเมอร์ / เคาท์เตอร์ 2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชเบอร์ AT89C52 และในอนุกรม AT89Sxx

รีจิสเตอร์ TMOD และ T2MOD เป็นรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองการอินเตอร์รัปต์ (interrupt : การขัดจังหวะการทำงานปกติของซีพียู) โดย IE เป็นรีจิสเตอร์สำหรับเอ็นเอเบิลหรือใช้ในการกำหนดลักษณะของการตอบสนองการอินเตอร์รัปต์ ในขณะที่ IP เป็นรีจิสเตอร์สำหรับกำหนดลำดับความสำคัญของการตอบสนองการอินเตอร์รัปต์ว่า จะให้ซีพียูตอบสนองการเกิดอินเตอร์รัปต์ในลักษณะใดก่อนหรือหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ข้อมูลอนุกรม (Serial Data Buffer : SBUF)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ 99 H ใช้ในการเก็บข้อมูลที่ส่งออกหรือรับเข้า วงจรสื่อสารอนุกรมที่มีอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช โดยภายในรีจิสเตอร์ SBUF นี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูล (transmit buffer register) และ รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับรับข้อมูล (receive buffer register) เมื่อมีการเขียนข้อมูลมายังรีจิสเตอร์ SBUF ข้อมูลนั้นจะถูกส่งต่อไปยังบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลเพื่อส่งออกมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางขา TxD หรือขา P3.1 ในกรณีที่มีการอ่านข้อมูลจากรีจิสเตอร์ SBUF ข้อมูลจะถูกส่งผ่านไปยังรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับรับข้อมูลเพื่อส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป สำหรับการรับข้อมูลอนุกรมจากภายนอกนั้นจะผ่านมาทางขา RxD หรือ P3.0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

สำหรับรายละเอียดของรีจิสเตอร์ SBUF และวงจรสื่อสารอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชจะกล่าวถึงในบทที่ 4 ด้วยเรื่อง การสื่อสารผ่านทางพอร์ตอนุกรม

2.4 กระบวนการอินเทอร์รัปต์ของ MCS-51

การอินเทอร์รัปต์ (Interrupt) เป็นชื่อเรียกกระบวนการที่เข้ามาขัดจังหวะการทำงานโดยปกติของไมโครคอนโทรลเลอร์ ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถตอบสนองอินเทอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นได้จาก 5 แหล่ง กำหนดสำหรับเบอร์ AT89C51 ประกอบด้วยการรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอกผ่านทางขา $\overline{INT0}$ และ $\overline{INT1}$, สัญญาณอินเทอร์รัปต์จาก ไทมเมอร์ / เคาน์เตอร์ TO และ T1 และสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากพอร์ตอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C52 และในอนุกรม AT89Sxx สามารถตอบสนองการอินเทอร์รัปต์ได้จาก 6 แหล่งกำหนด โดยเพิ่มการอินเทอร์รัปต์จาก ไทมเมอร์ / เคาน์เตอร์ 2 อีกแหล่งหนึ่งกำหนด

2.4.1 การจัดการอินเทอร์รัปต์ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เมื่อมีการอินเทอร์รัปต์ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เกิดขึ้น และมีการเอ็นเนเบิลการตอบสนองการอินเทอร์รัปต์ไว้ กระบวนการหลังจากนั้นซีพียูจะกระโดดไปยังแอดเดรสในหน่วยความจำที่กำหนดไว้เรียกตำแหน่งแอดเดรสนี้ว่า แอดเดรสอินเทอร์รัปต์เวกเตอร์ (interrupt vector address) ดังนั้นจะต้องมีการเขียน โปรแกรมย่อยการบริการอินเทอร์รัปต์ไว้ที่แอดเดรสอินเทอร์รัปต์เวกเตอร์ โดยค่าที่ได้ของแอดเดรสอินเทอร์รัปต์เวกเตอร์จะแตกต่างกันไปในการอินเทอร์รัปต์แบบต่างๆ ดังมีรายละเอียดดังนี้

การอินเทอร์รัปต์จากภายนอกที่ขา $\overline{INT0}$ มีค่าแอดเดรสอินเทอร์รัปต์เวกเตอร์อยู่ที่ 0030H

- การอินเทอร์รัปต์จาก ไทมเมอร์ 0 มีค่าแอดเดรสอินเทอร์รัปต์เวกเตอร์อยู่ที่ 000BH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้จะเขียนด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การอินเทอร์รัปต์จากภายนอกที่ขา INT1 มีค่าแอดเดรสอินเทอร์รัปต์แวกเตอร์อยู่ที่ 0013H
- การอินเทอร์รัปต์จากไทมเมอร์ 1 มีค่าแอดเดรสอินเทอร์รัปต์แวกเตอร์อยู่ที่ 0023H
- การอินเทอร์รัปต์จากไทมเมอร์ 2 มีค่าแอดเดรสอินเทอร์รัปต์แวกเตอร์อยู่ที่ 002BH

2.4.2 การเขียนโปรแกรมย่อยการอินเทอร์รัปต์

มีหลักการโดยทั่วไปว่า

1. ต้องเริ่มต้นด้วยแอดเดรสอินเทอร์รัปต์แวกเตอร์เสมอเพื่อให้การตรวจสอบการทำงานทำได้ง่าย และแยกส่วนของ โปรแกรมย่อยนี้ออกจาก โปรแกรมหลักหรือ โปรแกรมอื่นๆ อย่างชัดเจน ด้วยคำสั่ง ORG xxxH (ค่าแอดเดรสอินเทอร์รัปต์แวกเตอร์)

2. เมื่อเข้าสู่โปรแกรมย่อย ควรเก็บค่าของรีจิสเตอร์หรือแฟล็กที่ใช้แสดงสถานะต่างๆ ซึ่งต้องมีการใช้งานในโปรแกรมย่อยบริเวณอินเทอร์รัปต์นี้ไว้ในแอสตักเสียบก่อน เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นต่อการทำงานของทั้ง โปรแกรมบริการอินเทอร์รัปต์นี้และโปรแกรมหลัก ด้วยคำสั่ง PUSH

3. เมื่อเขียนโปรแกรมบริการอินเทอร์รัปต์เรียบร้อยแล้ว ให้ทำการคืนค่าของรีจิสเตอร์ที่นำมาใช้ในโปรแกรมบริการอินเทอร์รัปต์ด้วยคำสั่ง POP ยกเว้นรีจิสเตอร์ที่ต้องนำผลการกระทำในโปรแกรมบริการอินเทอร์รัปต์นี้ไปใช้งาน ซึ่งในทางปฏิบัติ ไม่พบมากนัก และไม่แนะนำให้เขียนโปรแกรมในลักษณะนี้

4. ปิดท้ายโปรแกรมย่อยบริการอินเทอร์รัปต์อันเนื่องมาจากสัญญาณภายนอกที่ขา INTO มีดังนี้

ORG 0003H

PUSH A

PUSH P1

PUSH PSW

*

*

*

; ส่วนของโปรแกรมย่อยบริการอินเทอร์รัปต์

POP PSW

POP P1

POP A

RETI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการอินเตอร์รัปต์ในไมโครคอนโทรลเลอร์

การอินเตอร์รัปต์ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช มีรีจิสเตอร์ที่ต้องเกี่ยวข้องอยู่ 2 ตัว ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

-รีจิสเตอร์เอ็นเอเบิลการอินเตอร์รัปต์หรือ IE (Interrupt Enable register)

มีแอดเดรสอยู่ที่ A8H ในพื้นที่ของรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษหรือ SFR มีขนาด 8 บิต สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต ใช้ในการเอ็นเอเบิลการตอบสนองอินเตอร์รัปต์ในแบบต่างๆมีรายละเอียดการทำงานดังนี้

บิต7	บิต6	บิต5	บิต4	บิต3	บิต2	บิต1	บิต0
EA	-	ET2	E5	ET1	EX1	ET0	EX0

EA (Global enable/disable interrupt) : ใช้เอ็นเอเบิลและดิสเอเบิลการตอบสนองการอินเตอร์รัปต์ทั้งหมด

“0” ดิสเอเบิลการอินเตอร์รัปต์ นั่นคือ กำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่ตอบสนองการอินเตอร์รัปต์

“1” เอ็นเอเบิลการอินเตอร์รัปต์ นั่นคือ กำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตอบสนองการอินเตอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดต่างๆ

นั่นคือ ถ้าต้องการให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตอบสนองการอินเตอร์รัปต์ไม่ว่าจะแหล่งกำเนิดใด จะต้องเซตบิตนี้ก่อนเสมอ สามารถเซตและเคลียร์ด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์

ET2 (Timer 2 interrupt enable) : ใช้ในการเอ็นเอเบิลการอินเตอร์รัปต์อันเนื่องมาจากการโอเวอร์โฟลวหรือการแคปเจอร์ในไทเมอร์ / เคนต์เตอร์2 จะมีเฉพาะในเบอร์ AT89C52 และในอนุกรม AT89Sxx เท่านั้น บิตนี้สามารถเซตและเคลียร์ด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์

ES (Serial port interrupt enable bit) : ใช้ในการเอ็นเอเบิลการอินเตอร์รัปต์อันเนื่องมาจากการรับหรือส่งข้อมูลทางพอร์ตอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถเซตและเคลียร์ด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์

ET1 (Timer 1 interrupt enable) : ใช้ในการเอ็นเอเบิลการอินเตอร์รัปต์อันเนื่องมาจากการโอเวอร์โฟลวหรือการแคปเจอร์ในไทเมอร์ / เคนต์เตอร์1 บิตนี้สามารถเซตและเคลียร์ด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์

EX1 (External interrupt 1 enable bit) : ใช้ในการเอ็นเอเบิลการอินเตอร์รัปต์อันเนื่องมาจากสัญญาณภายนอกที่ป้อนเข้ามาซึ่งหา $\overline{INT1}$ บิตนี้สามารถเซตและเคลียร์ด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ET0 (Timer 0 interrupt enable) : ใช้ในการเอนับการอินเทอร์รัปต์อันเนื่องมาจากการโอเวอร์โพลหรือการแคปเจอร์ในไทเมอร์ / เคนต์เตอร์ 0 บิตนี้สามารถเซตและเคลียร์ด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์

EX0 (External interrupt 1 enable bit) : ใช้ในการเอนับการอินเทอร์รัปต์อันเนื่องมาจากสัญญาณภายนอกที่ป้อนเข้ามายังขา $\overline{INT0}$ บิตนี้สามารถเซตและเคลียร์ด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์

สำหรับบิต 6 ของรีจิสเตอร์ IE ไม่มีการใช้งาน ต้องกำหนดให้เป็น “0” เสมอ

-รีจิสเตอร์จัดลำดับของความสำคัญการตอบสนองการอินเทอร์รัปต์หรือ IP(Interrupt Priority register)

มีแอดเดรสอยู่ที่ 0B8H ในพื้นที่ของรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษหรือ SFR มีขนาด 8 บิต สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ในระดับบิต ใช้ในการเลือกลำดับความสำคัญของการอินเทอร์รัปต์ว่าต้องการให้ตอบสนองสัญญาณอินเทอร์รัปต์ก่อนหรือหลัง ถ้าต้องการให้การอินเทอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดใดมีความสำคัญสูงสุด ให้กำหนดที่บิตนั้นเป็น “1” มีรายละเอียดของรีจิสเตอร์ IP ดังนี้

บิต7	บิต6	บิต5	บิต4	บิต3	บิต2	บิต1	บิต0
-		PT2	PS	PT1	PX1	PT0	PX0

PT2 (Timer 2 interrupt priority bit) : ใช้ในการกำหนดความสำคัญของการอินเทอร์รัปต์อันเนื่องมาจากการโอเวอร์โพลหรือการแคปเจอร์ในไทเมอร์ / เคนต์เตอร์ 2 จะมีเฉพาะในเบอร์ AT89C52 และในอนุกรม AT89Sxx เท่านั้น บิตนี้สามารถเซตและเคลียร์ด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์

PS(Serial port priority bit) : ใช้ในการกำหนดความสำคัญของการอินเทอร์รัปต์อันเนื่องมาจากการรับหรือส่งข้อมูลทางพอร์ตอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถเซตและเคลียร์ด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์

PT1(Timer 1 interrupt 1 priority bit) : ใช้ในการกำหนดความสำคัญของการอินเทอร์รัปต์อันเนื่องมาจากการโอเวอร์โพลหรือการแคปเจอร์ในไทเมอร์ / เคนต์เตอร์ 1 บิตนี้สามารถเซตและเคลียร์ด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PX1(External interrupt priority bit) : ใช้ในการกำหนดความสำคัญของการอินเทอร์รัปต์อันเนื่องมาจากสัญญาณภายนอกที่ป้อนเข้ามายังขา $\overline{INT1}$ บิตนี้สามารถเซตและเคลียร์ด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์

PT0(Timer 0 interrupt priority bit) : ใช้ในการกำหนดความสำคัญของการอินเทอร์รัปต์อันเนื่องมาจากการโอเวอร์โฟลวหรือการแคปเจอร์ในไทเมอร์ / เคาน์เตอร์0 บิตนี้สามารถเซตและเคลียร์ด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์

PX0(External interrupt 0 priority) : ใช้ในการกำหนดความสำคัญของการอินเทอร์รัปต์อันเนื่องมาจากสัญญาณภายนอกที่ป้อนเข้ามายังขา $\overline{INT0}$ บิตนี้สามารถเซตและเคลียร์ด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์

สำหรับบิตที่ 6 และ 7 ของรีจิสเตอร์ IP ไม่มีการใช้งาน ต้องกำหนดให้เป็น "0"

เสมอ

2.4.4 แหล่งกำเนิดสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอก

เป็นการตรวจสอบสัญญาณที่ส่งมายังขา $\overline{INT0}$ และ $\overline{INT1}$ หากตรงตามเงื่อนไขที่กำหนดก็จะทำให้เกิดการอินเทอร์รัปต์ขึ้น

เงื่อนไขการเกิดอินเทอร์รัปต์ที่ขา $\overline{INT0}$ และ $\overline{INT1}$ มีด้วยกัน 2 ลักษณะ คือ

1.ตรวจสอบระดับลอจิก ถ้าหากบิต IEx ในรีจิสเตอร์ TCON เป็น "0" จะเกิดการอินเทอร์รัปต์จากภายนอกที่ขา $\overline{INT0}$ หรือ $\overline{INT1}$ ได้ก็ต่อเมื่อตรวจพบระดับลอจิกต่ำหรือ "0" เมื่อเกิดการอินเทอร์รัปต์แล้ว ให้ดำเนินการนำสัญญาณที่ขาอินพุตกลับสู่ระดับลอจิก "1" ก่อนที่การบริการอินเทอร์รัปต์เสร็จสิ้น เพื่อป้องกันการเกิดอินเทอร์รัปต์ซ้อน



รูปที่ 2.29 แสดงโครงสร้างของกลไกการเกิดอินเทอร์รัปต์จากภายนอก

(ก) ที่ขา $\overline{INT0}$

(ข) ที่ขา $\overline{INT1}$

2.ตรวจสอบขอบขาของสัญญาณ ถ้าหากบิต IEx ในรีจิสเตอร์ TCON เป็น "1" จะ

เกิดการอินเทอร์รัปต์จากภายนอกที่ขา $\overline{INT0}$ หรือ $\overline{INT1}$ ได้ก็ต่อเมื่อตรวจพบการเปลี่ยนแปลงเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของสัญญาณที่ขา $\overline{INT0}$ หรือ $\overline{INT1}$ จาก “1” เป็น “0” หรือตรวจสอบพบขอบขาลงของสัญญาณที่
ป้อนมายังขา $\overline{INT0}$ หรือ $\overline{INT1}$ และต้องมีการรักษาสถานะลอจิก “0” นี้เป็นเวลาอย่างน้อย
1 แมกซ์ซีไนเซกัล จึงถือว่า เกิดการอินเตอร์รัปต์อย่างสมบูรณ์

เมื่อเกิดการอินเตอร์รัปต์ขึ้นซีพียูภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะกระโดดไปยัง
แอดเดรส 0003H สำหรับการเกิดอินเตอร์รัปต์ที่ขา $\overline{INT0}$ และ 0013H สำหรับการอินเตอร์รัปต์ที่
ขา $\overline{INT1}$

ในรูปที่ 2.29 เป็นไดอะแกรมของการแสดงการทำงานของการทำงานของการเกิดอินเตอร์รัปต์
โดยรูปที่ 2.29(ข) เป็นการอินเตอร์รัปต์ที่ขา $\overline{INT1}$

2.4.5 การอินเตอร์รัปต์จากไทเมอร์/คาน์เตอร์ 0 และ 1

แหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์นี้จัดเป็นแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์ภายในแบบหนึ่ง โดยให้การ
เกิด โอเวอร์โฟลวจากการนับค่าไทเมอร์/คาน์เตอร์ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เมื่อ
ไทเมอร์ 0 เกิดการโอเวอร์โฟลวก็จะทำการเซตบิต TFO ในรีจิสเตอร์ TCON และถ้าไทเมอร์ 1 เกิด
โอเวอร์โฟลว บิต TF1 ในรีจิสเตอร์ YCON จะได้รับการเซตเช่นเดียวกัน

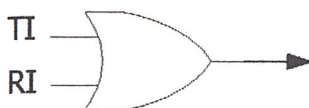
ค่าแอดเดรสของการอินเตอร์รัปต์เวกเตอร์ของการอินเตอร์รัปต์แบบนี้อยู่ที่ 000BH สำหรับ
ไทเมอร์ 0 และ 001BH สำหรับไทเมอร์ 1

อย่างไรก็ตามการอินเตอร์รัปต์แบบนี้จะเกิดขึ้นหรือมีการตอบสนองก็ต่อเมื่อมีการเอ็นแอบ
เบิลการอินเตอร์รัปต์ โดยการเซตบิต EA, ETO, และ ET1 ในรีจิสเตอร์ IE

2.4.6 การอินเตอร์รัปต์จากพอร์ตอนุกรม

แหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์แบบนี้จัดเป็นแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์ภายในแบบหนึ่ง เมื่อวงจร
พอร์ตอนุกรมส่งหรือรับข้อมูลเสร็จสมบูรณ์ก็จะเกิดสัญญาณอินเตอร์รัปต์ขึ้น โดยการเซตบิต RI ใน
กรณีรับข้อมูล และบิต TI ในกรณีส่งข้อมูล บิต RI และ TI อยู่ในรีจิสเตอร์ SCON ซึ่งจะได้อ่านถึง
ต่อไปในบทที่ว่าด้วยเรื่องพอร์ตอนุกรมขอไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ค่าแอดเดรสอินเตอร์รัปต์ของการอินเตอร์รัปต์แบบนี้อยู่ที่ 0023H การอิน-
เตอร์รัปต์ในแบบนี้สามารถแทนได้ด้วยการออร์กันของบิต RI และ TI ดังแสดงในรูปที่ 2.30



รูปที่ 2.30 แสดงเงื่อนไขในการเกิดอินเตอร์รัปต์จากพอร์ตอนุกรม

ด้วยการออร์กันของบิต RI และ TI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.7 การอินเตอร์รัปต์จากไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2

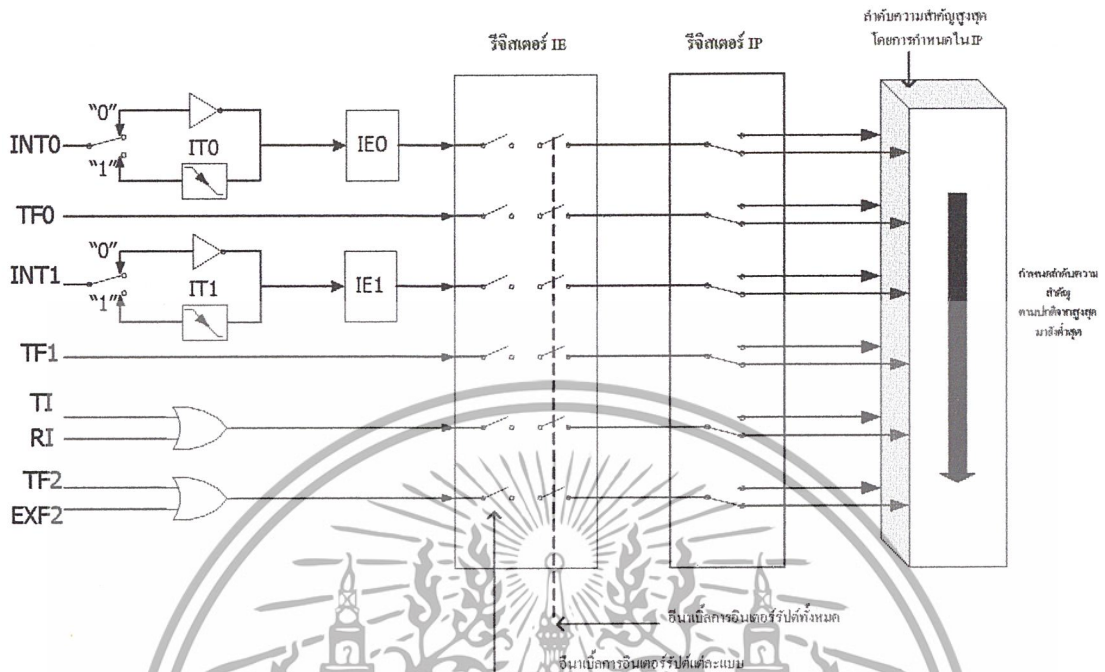
แหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์นี้จัดเป็นแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์ภายในแบบหนึ่ง โดยใช้ในการเกิดโอเวอร์โฟลวจากการนับค่าไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 หรือการแคปเจอร์หรือการตรวจจับสัญญาณที่ขา T2EX ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89C52 และในอนุกรม AT89Sxx เมื่อไทเมอร์ 2 เกิดการโอเวอร์โฟลวก็จะทำการเซตบิต TF2 ได้ และบิต EXEN 2 ในรีจิสเตอร์ T2CON ได้รับการเซตไว้ก็จะทำให้บิต EXF2 ในรีจิสเตอร์ T2CON เซต เป็นการแจ้งว่าเกิดการอินเตอร์รัปต์เนื่องจากการแคปเจอร์ที่ไทเมอร์ 2 ค่าแอดเดรสอินเตอร์รัปต์แวกเตอร์ของการอินเตอร์รัปต์แบบนี้อยู่ที่ 002BH การอินเตอร์รัปต์แบบนี้สามารถแทนได้ด้วยการออร์กันของบิต TF2 และ EXF2 ดังแสดงในรูปที่ 2.31



รูปที่ 2.31 แสดงเงื่อนไขในการเกิดอินเตอร์รัปต์ของไทเมอร์/เคาน์เตอร์ 2 ด้วยการออร์กันของบิต TF2 และ EXF2

อย่างไรก็ตามการอินเตอร์รัปต์แบบนี้จะเกิดขึ้นหรือมีการตอบสนองก็ต่อเมื่อมีการเอ็นเอเบิลการอินเตอร์รัปต์ โดยการเซตบิต EA ในรีจิสเตอร์ IE จะตอบสนองในกรณีเกิดการโอเวอร์โฟลวเมื่อบิต EXEN2 ในรีจิสเตอร์ TCON เป็น “0” และตอบสนองในกรณีเกิดแคปเจอร์เมื่อบิต EXEN2 ในรีจิสเตอร์ TCON เป็น “1”

2.4.8 โครงสร้างระบบการอินเตอร์รัปต์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51



รูปที่ 2.32 โครงสร้างของระบบอินเตอร์รัปต์ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

2.5 กระบวนการรีเซ็ตในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

การรีเซ็ต (reset) เป็นกระบวนการที่ทำให้ซีพียูในไมโครคอนโทรลเลอร์กลับไปเริ่มต้นทำงานใหม่ที่แอดเดรส 0000H ในหน่วยความจำโปรแกรม พร้อมกับนั้นยังส่งผลให้เกิดการเคลียร์ค่าของข้อมูลในรีจิสเตอร์ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ และทำให้รีจิสเตอร์ทุกตัวกลับไปสู่สถานะเริ่มต้นทำงานใหม่

ดังนั้นจึงอาจพิจารณาการรีเซ็ตเสมือนเป็นการอินเตอร์รัปต์แบบหนึ่งก็ได้ และค่าแอสแตรสอินเตอร์รัปต์เวกเตอร์คือ 0000H ที่แตกต่างกันคือ ในกระบวนการอินเตอร์รัปต์ค่าของรีจิสเตอร์ต่างๆ ก่อนหน้าการอินเตอร์รัปต์จะยังคงอยู่ไม่เปลี่ยนแปลงจนกว่าจะมีการกระทำคำสั่งในโปรแกรมย่อยบริการอินเตอร์รัปต์ แต่ในการรีเซ็ตค่าของรีจิสเตอร์ส่วนใหญ่จะกลายเป็น 00H เว้นแต่รีจิสเตอร์พอร์ตที่จะกลายเป็น 0FFH

2.5.1 การรีเซ็ตเกิดขึ้นได้อย่างไร

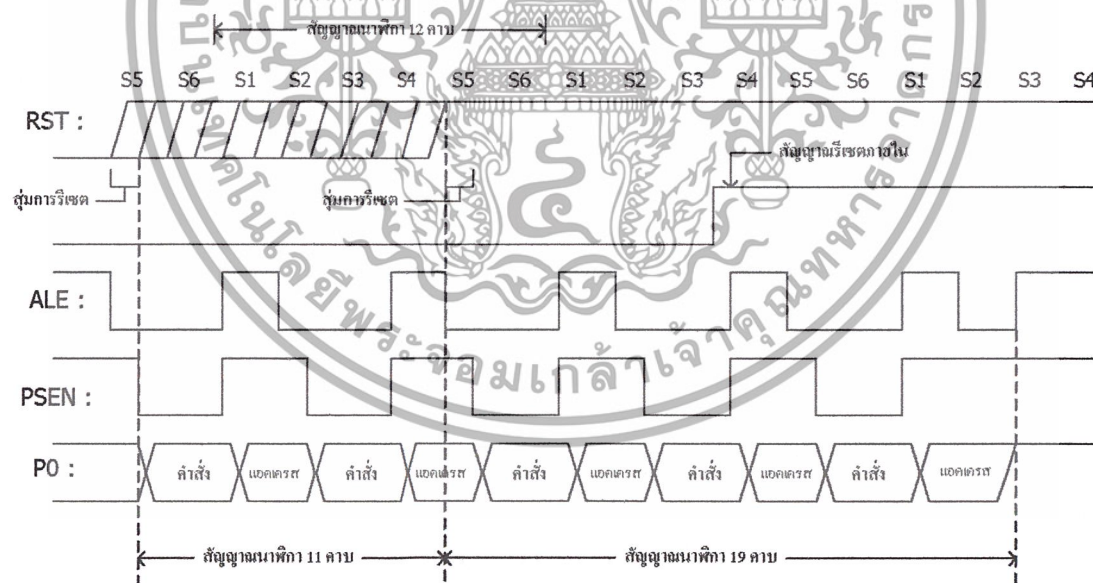
การเกิดรีเซ็ตในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เกิดขึ้นได้เพียงกรณีเดียวคือ ที่ขา RST (ขา 9) ได้รับลอจิก "1" อย่างน้อยเป็นเวลา 2 ไมโครวินาที หรือ 24 คาบเวลาของสัญญาณนาฬิกา โดยที่

วงจรกำเนิดสัญญาณยังองทำงานอยู่ เมื่อเกิดการรีเซ็ตขึ้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสร้างสัญญาณเอกสารเป็นเอกสารที่ส่งงานไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีเซตภายในขึ้นเพื่อตอบสนองการรีเซตจากภายนอก ดังแสดงไคอะแกรมเวลาของกระบวนการรีเซตภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในรูปที่ 2.33

สัญญาณรีเซตที่เกิดขึ้นจากภายนอกจะไม่มีผลสอดคล้องกับสัญญาณนาฬิกาภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์แต่อย่างใด เนื่องจากการรีเซตอาจเกิดขึ้นเมื่อใดก็ได้ โดยจะมีการตรวจสอบสถานะลอจิกที่ขา RST ในสเตต 5 เฟส 2 ของทุกแมกซีนไซเคิล เมื่อสามารถตรวจจับลอจิก “1” ที่ขา RST ได้ และเมื่อเกิดสัญญาณรีเซตภายในขึ้น กระบวนการรีเซตของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะเริ่มต้นขึ้นอย่างเป็นทางการ ขาพอร์ตทั้งหมดยังคงรักษาข้อมูลปัจจุบันไว้ได้อีก 19 คาบเวลาของสัญญาณนาฬิกาหลังจากที่ขา RST ได้รับลอจิก “1” จากนั้นก็จะเปลี่ยนแปลงค่ากลายเป็น OFFH ทั้งหมด

สัญญาณ ALE และ PSEN จะกลายเป็นลอจิกสูง เมื่อการรีเซตเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ และเมื่อขา RST ถูกทำให้เป็นลอจิกต่ำ อันเป็นการแจ้งให้ทราบว่า สามารถเริ่มต้นกระบวนการทำงานปกติได้แล้ว สัญญาณ ALE และ PSEN จะเกิดขึ้นใหม่อีกครั้งหลังจากที่ขา RST เป็นลอจิกต่ำ 1-2 แมกซีนไซเคิล ทั้งนี้เพื่อรอให้อุปกรณ์ที่ต่อร่วมอยู่กับไมโครคอนโทรลเลอร์อยู่ในสภาวะพร้อมทำงานและสามารถทำงานในจังหวะที่สอดคล้องกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ได้อย่างเหมาะสม



รูปที่ 2.33 ไคอะแกรมเวลาของกระบวนการรีเซตภายใน MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 ผลของการรีเซ็ตที่มีต่อรีจิสเตอร์ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51

เมื่อเกิดการรีเซ็ตขึ้นและไมโครคอนโทรลเลอร์ตอบสนองการรีเซ็ตจากภายนอกด้วยการสร้างสัญญาณรีเซ็ตภายในให้เกิดขึ้น สิ่งที่เกิดขึ้นตามมาคือ มีการเขียนข้อมูล 0 ให้แก่รีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษทั้งหมด ยกเว้นรีจิสเตอร์พอร์ตทั้ง 3 ตัว, รีจิสเตอร์ SP และ SBUF จะไม่แน่นอนและไม่สามารถกำหนดได้(indetermine) ในตารางที่ 10 – 1 แสดงค่าของรีจิสเตอร์หลังจากเกิดการรีเซ็ตอย่างสมบูรณ์

กลไกที่สำคัญอีกประการหนึ่งของกระบวนการรีเซ็ตคือ ค่าของหน่วยความจำข้อมูลแรมภายในจะไม่ได้รับผลกระทบจากการรีเซ็ตแต่อย่างใด ดังนั้น ในการเขียนโปรแกรมควบคุม ที่ส่วนต้นของโปรแกรมจึงควรมีการเคลียร์ค่าของหน่วยความจำข้อมูลแรมภายในที่ต้องใช้งานเสมอ เพื่อป้องกันการใช้ข้อมูลที่เกิดขึ้นก่อนการรีเซ็ตมาประมวลผล เนื่องจากโอกาสในการรับรู้ค่าข้อมูลของหน่วยความจำก่อนการรีเซ็ตมีค่าเท่าใดมีค่าน้อยมาก

2.5.3 เพาเวอร์ออนรีเซ็ต (Power - On - Reset)

เป็นการรีเซ็ตที่เกิดขึ้นหลังจากที่มีการจ่ายไฟเลี้ยงให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 โดยมีวงจรพื้นฐานเพื่อทำให้เกิดการรีเซ็ตแบบนี้ในรูปที่ 2.34

ตารางที่ 2.3 แสดงค่าข้อมูลที่เกิดขึ้นของรีจิสเตอร์ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 หลังการเกิดรีเซ็ต

ชื่อรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ	ค่าที่เกิดขึ้นหลังการรีเซ็ต
PC	0000H
ACC	00H
B	00H
PSW	00H
SP	07H
DPTR	0000H
P0-P3	FFH
IP (AT89C51)	XXX00000B
IP (AT89C52 , AT89Sxx)	XXX00000B
IE (AT89C51)	0XX00000B
IE (AT89C52 , AT89Sxx)	0X000000B
TMOD	00H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

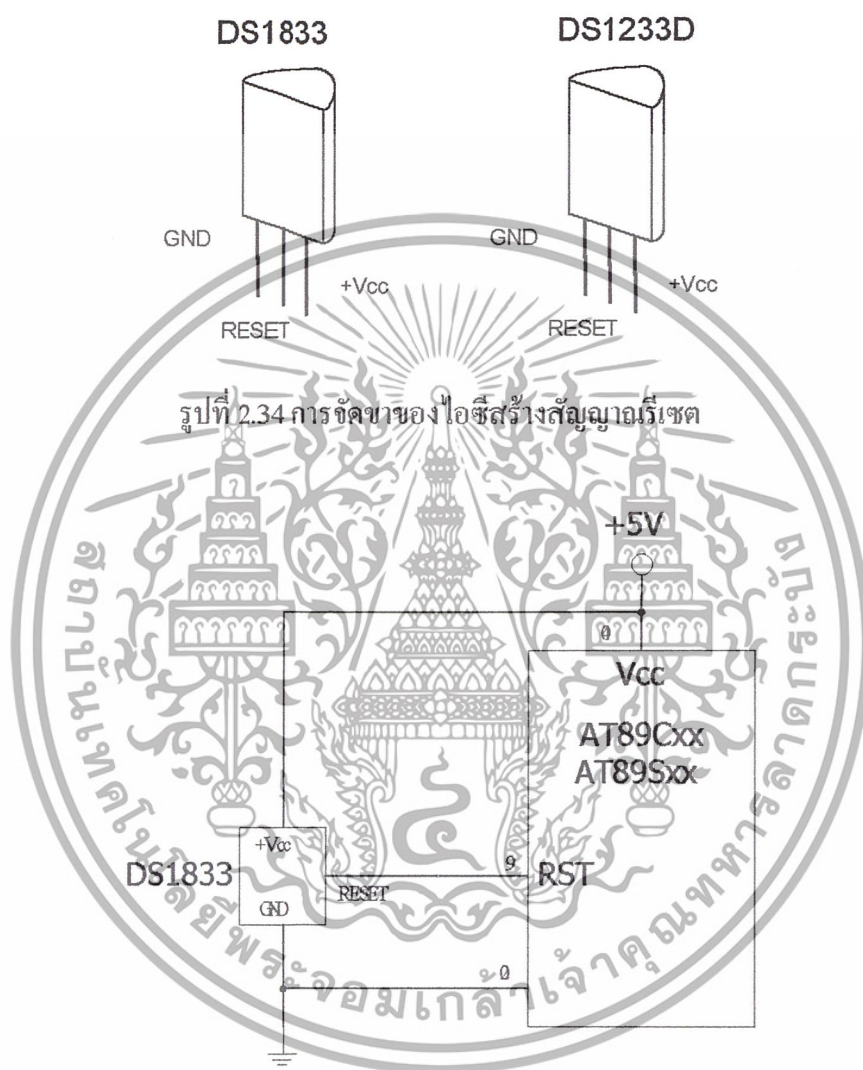
T2MOD (AT89C52 , AT89Sxx)	XXXXXX00B
TCON	00H
T2CON(AT89C52 , AT89Sxx)	00H
TH0	00H
TL0	00H
TH1	00H
TL1	00H
TH2 (AT89C52 , AT89Sxx)	00H
TL2 (AT89C52 , AT89Sxx)	00H
RCAP2H (AT89C52 , AT89Sxx)	00H
RCAP2L (AT89C52 , AT89Sxx)	00H
SCON	00H
SBUF	กำหนดไม่ได้
PCON	0XXX0000B

การทำงานของคาร์ริเซตแบบนี้ยังคงอยู่บนพื้นฐานที่ว่า ทำให้ขา RST มีสถานะ ลอจิกเป็น “1” อย่างน้อย 2 แมกซิมัซเกิด เมื่อเริ่มต้นจ่ายไฟ ตัวเก็บประจุยังไม่เกิดการประจุไฟฟ้า ทำให้มีกระแสไหลผ่านตัวต้านทาน เกิดแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน ส่งผลให้ขา RST ได้รับแรงดันประมาณ +5V ซึ่งก็คือระดับแรงดันลอจิก “1” โดยตรงจนกระทั่งเวลาผ่านไป ตัวเก็บประจุสามารถประจุแรงดันได้เพิ่มขึ้น ทำให้แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน ลดลง และกลายเป็นศูนย์เมื่อตัวเก็บประจุสามารถประจุแรงดันได้อย่างเต็มที่ ดังนั้นการกำหนดค่าของตัวเก็บประจุและตัวต้านทานในวงจรนี้มีความสำคัญต่อการรีเซตของไมโครคอนโทรลเลอร์อย่างมาก เพราะต้องกำหนดให้ค่าเวลาของการประจุแรงดันของตัวเก็บประจุนานมากพอที่จะทำให้ขา RST ได้รับลอจิก “1” อย่างน้อยเป็นเวลา 2 แมกซิมัซเกิด

เมื่อเกิดการจ่ายไฟเลี้ยงให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรกำหนดสัญญาณนาฬิกาภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะเริ่มต้นทำงาน โดยเวลาที่ใช้ในการเริ่มต้นทำงานของวงจรถูกกำหนดสัญญาณนาฬิกาจะขึ้นอยู่กับค่าของคริสตอลที่ใช้ในการกำหนดความถี่ของสัญญาณนาฬิกา ถ้าใช้คริสตอล 10 MHz เวลาที่ใช้ในการเริ่มต้นทำงานของวงจรถูกกำหนดสัญญาณนาฬิกาจะเท่ากับ 1 มิลลิวินาที และถ้าใช้คริสตอล 1 MHz เวลาดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นเป็น 10 มิลลิวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51 แบบแฟลชที่สร้างขึ้นจากเทคโนโลยี CMOS ตัวต้านทานที่ต่ออยู่ภายนอกอาจไม่ต้องต่อ เนื่องจากที่ขา RST มีวงจรพูลดาวน์ต่ออยู่ภายในแล้ว (พูลดาวน์ : การทำให้สถานะลอจิกที่จุดนั้นเป็น “0” โดยไม่ต่อลงกราวด์โดยตรง) และตัวเก็บประจุสามารถลดค่าลงได้เป็น 1 μF



รูปที่ 2.35 การต่อไอซี DS1833 เพื่อสร้างสัญญาณรีเซตให้แก่ MCS-51

2.5.4 ไอซีสร้างสัญญาณรีเซต

ในปัจจุบันมีการสร้างไอซีที่ทำหน้าที่สร้างสัญญาณรีเซต โดยเฉพาะให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ ทั้งนี้เพื่อลดผลของความไม่แน่นอนในการใช้วงจร RC ในการกระทำ เพาเวอร์-ออนรีเซต โดยผู้ผลิตไอซีดังกล่าวคือ Dallas Semiconductor ไอซีที่ทำหน้าที่ดังกล่าว ได้แก่ เบอร์ DS1233 และ DS1833

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย DS1233 ทำหน้าที่สร้างสัญญาณรีเซตลอจิกต่ำ ในขณะที่ DS1833 สร้างสัญญาณรีเซตลอจิกสูง ดังนั้นในการใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 จึงต้องใช้ DS1833 การจัดขาของไอซีทั้งสองเบอร์แสดงในรูปที่ 2.34 ส่วนการต่อใช้งาน DS1833 กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 แสดงในรูปที่ 2.35

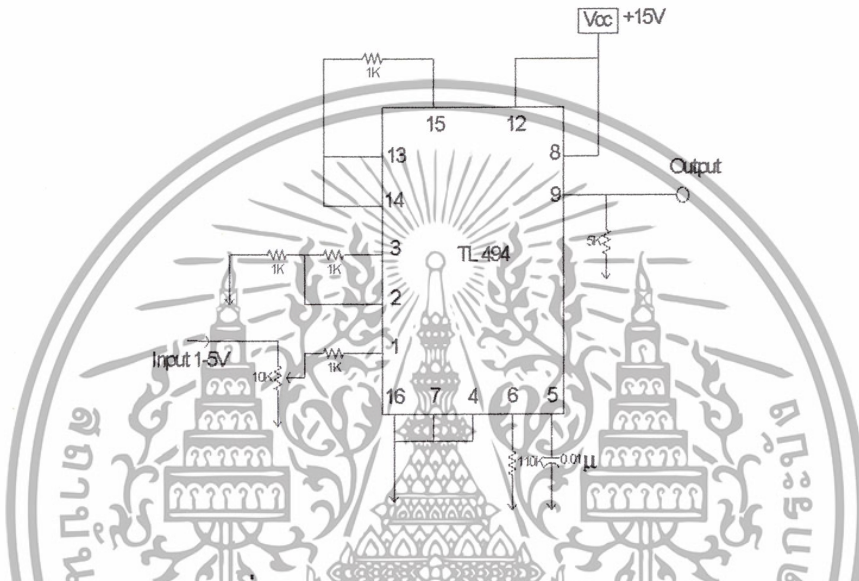


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การคำนวณและการสร้าง

3.1 วงจร Pulse Width Modulation



รูปที่ 3.1 วงจร Pulse Width Modulation

วงจร Pulse Width Modulation เป็นวงจรที่สร้างสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม ซึ่งจะใช้ควบคุม duty cycle โดยการปรับ duty cycle ให้เหมาะสมกับการใช้งานในสถานะต่างๆ ได้ตามต้องการ ซึ่งในที่นี้เลือกใช้ IC เบอร์ TL 494 ในการสร้างสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม และใช้ในการควบคุมการทำงานของ Converter โดยจะสร้างสัญญาณ PWM ขึ้นมาควบคุมความถี่ให้คงที่ โดยที่ภายในจะสร้างสัญญาณฟันเลื่อย (Saw Tooth) ขึ้นมาภายในตัว IC โดยที่ความถี่จะขึ้นอยู่กับความต้านทานและตัวเก็บประจุที่ต่อกับขา 5 และ 6 ของ IC

$$f_{osc} = \frac{1.1}{(R_T \times C_T)}$$

โดยที่

- f_{osc} คือ ความถี่ที่ TL 494 สร้างขึ้น
- R_T คือ ค่าความต้านทานที่ใช้กำหนดความถี่
- C_T คือ ค่าตัวเก็บประจุที่ใช้กำหนดความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

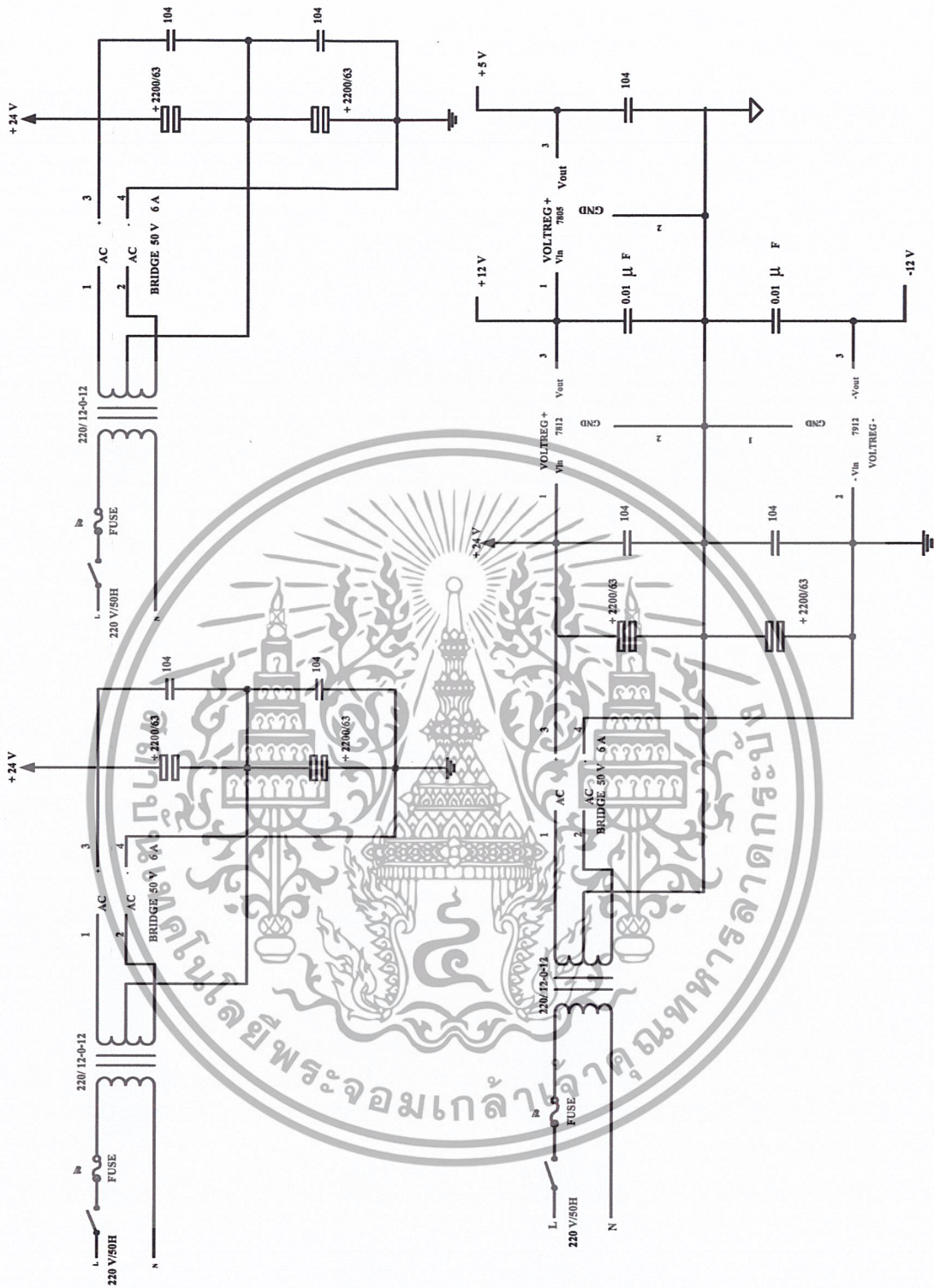
ในโครงการนี้ เลือกใช้ค่า $R_T = 110 \text{ k}\Omega$ และ $C_T = 0.01 \mu\text{F}$ ความถี่ออสซิลเลเตอร์ที่ TL 494 สร้างขึ้นมา มีค่าเท่ากับ 1 kHz แต่ในวงจรเลือกการทำงานของ TL 494 ในโหมดพุทพุท ทำให้ได้ความถี่เพียงครึ่งหนึ่งของความถี่ออสซิลเลเตอร์ ซึ่งเท่ากับ $\approx 500 \text{ Hz}$

3.2 ชุด Supply

ในการทำ โปรเจ็ค 2 นี้ทางกลุ่มได้ทำการสร้าง ชุดแหล่งจ่ายแรงดัน หรือ Supply ขึ้นมาเอง เพื่อแปลงแรงดันจากไฟ AC 220 V เป็นไฟ DC 24 V , 12 V และ 5 V ตามลำดับ โดยวงจรจะแสดงดังรูปข้างล่าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

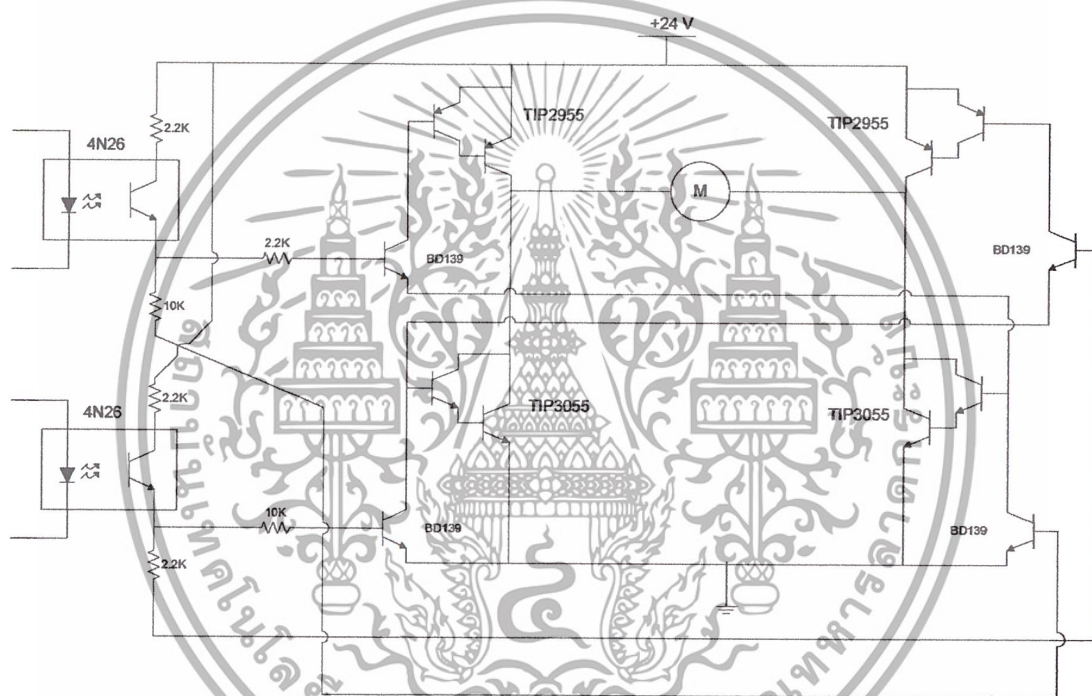


รูปที่ 3.2 แสดงวงจร Supply

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ชุดขับมอเตอร์

โครงการนี้เลือกใช้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ ต่อแบบ H-Bridge กล่าวคือ เมื่อสัญญาณ PWM เข้ามาที่ออปโต-คัปเปิ้ลโดยมี $R = 1$ กิโลโห์ม ทำหน้าที่จำกัดกระแสให้กับออปโต-คัปเปิ้ล กระแสที่ไหลเข้าออปโต-คัปเปิ้ลจะไปไบแอสให้กับแอลอีดี (LED) ที่อยู่ในออปโต-คัปเปิ้ลคิตและดับตามสัญญาณ PWM ที่ป้อนเข้าไป เมื่อแอลอีดีคิตโฟโตทรานซิสเตอร์ (Photo-Transistor) ที่อยู่ภายในไอซี ได้รับการไบแอสให้เกิดการนำกระแสและสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จะถูกนำไปขยายสัญญาณโดยใช้ทรานซิสเตอร์ BD-139 และนำสัญญาณที่ได้จากทรานซิสเตอร์ตัวนี้ผ่านวงจรรีลิ่งตันของ TIP-2955 กับ TIP-3055 เพื่อทำหน้าที่ขยายกระแสให้สูงขึ้นพอที่จะนำไปขับให้แก่มอเตอร์ได้



รูปที่ 3.3 แสดงวงจรขับมอเตอร์

3.4 ชุดควบคุมความเร็วและควบคุมตำแหน่งของมอเตอร์

อาศัยการเปลี่ยนแปลงโวลต์เตจในการคอนโทรลความเร็วของมอเตอร์โดยใช้ PWM เป็นตัวปรับความเร็วของมอเตอร์ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ส่วน

3.4.1 Manual Mode

3.4.2 Auto Mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1 Manual Mode

สัญญาณ PWM ได้จาก IC TL-494 ส่วนนี้จะทำงานก็ต่อเมื่อมีการกดคีย์ถูกขจรขึ้นลงหรือ ชั่วขวา ความเร็วของมอเตอร์จะกำหนดได้จากการปรับค่า R 500 โอห์ม ซึ่งต่อกับไฟ 5 V เข้าที่ขา 1 ของ IC TL-494 ณ จุดนี้เป็นการปรับค่า Duty Cycle ให้กับ PWM ดังนั้นเราสามารถกำหนด ความเร็วของมอเตอร์ได้ตามต้องการ สามารถคำนวณหาความถี่ได้ดังสมการ

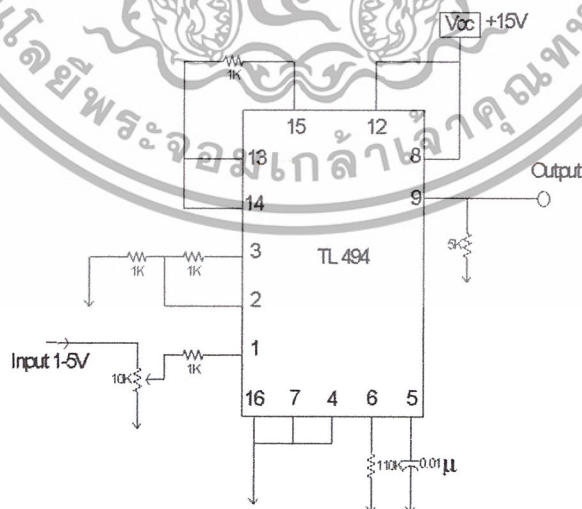
$$f_{osc} = \frac{1.1}{R_T \cdot C_T}$$

โปรเจกต์นี้ใช้ $R_T = 110K \Omega$, $C_T = 0.01 \mu F$ ดังนั้นจะได้ความถี่ในโครงการ

นี้ $\approx 1 KHz$ แต่สำหรับการต่อ TL-494 ใช้ในโครงการนี้จะเป็นการต่อแบบ Push-Pull ซึ่ง จะได้ความถี่ออกมาครั้งหนึ่งตามตาราง

ตารางที่ 3.1แสดง Function table ของ TL494

Input	Output Function	$\frac{f_{out}}{f_{osc}}$
Output		
Control		
Ground	Single-ended PWM at Q1 and Q2	1
At V_{ref}	Push-Pull operation	0.5



รูปที่ 3.4 แสดงการวงจรต่อ TL-494 แบบ Manual

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

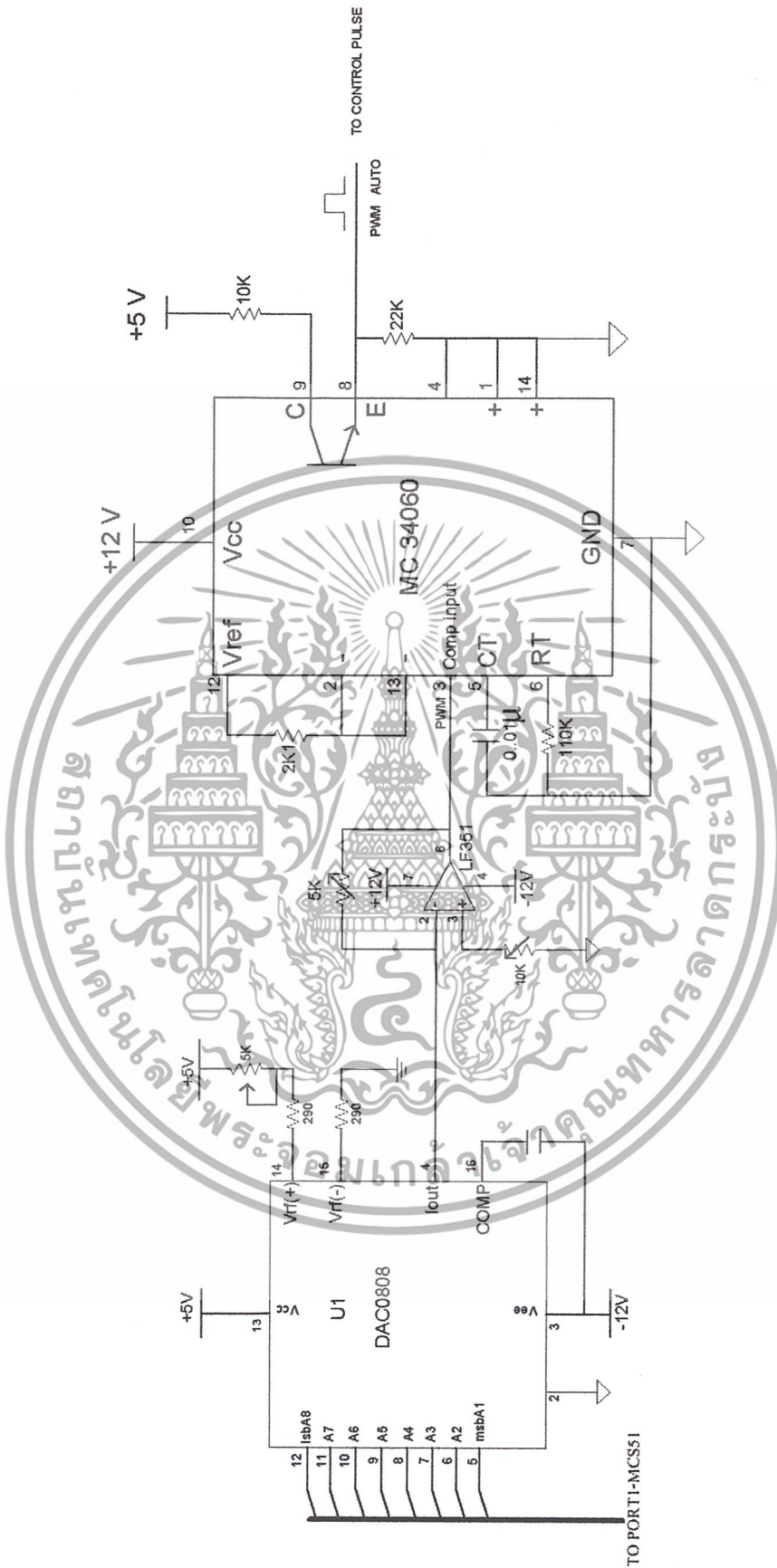
3.4.2 Automatic Mode

สัญญาณ PWM ได้จาก IC MC34060 ซึ่งการปรับ Duty Cycle ได้มาจาก DAC- 0808 ผ่าน Op-Amp โดยการต่อผ่าน Op-Amp นี้จะเป็นการขยายสัญญาณพร้อมกับการกลับเฟส เนื่องจาก IC MC34060 ตัวเปล่าจะให้สัญญาณเอาต์พุตออกมาเป็นเฟสลบ

ส่วน DAC-0808 จะรับสัญญาณจาก MCS-51 เป็นตัวเลข BCD และแปลงมาเป็นอนาล็อกเพื่อนำมาใช้เป็นตัวปรับค่า Duty Cycle ให้กับ MC34060 ดังนั้นความเร็วที่ได้ในส่วนของ Auto นี้จะเป็นความเร็วที่คงที่

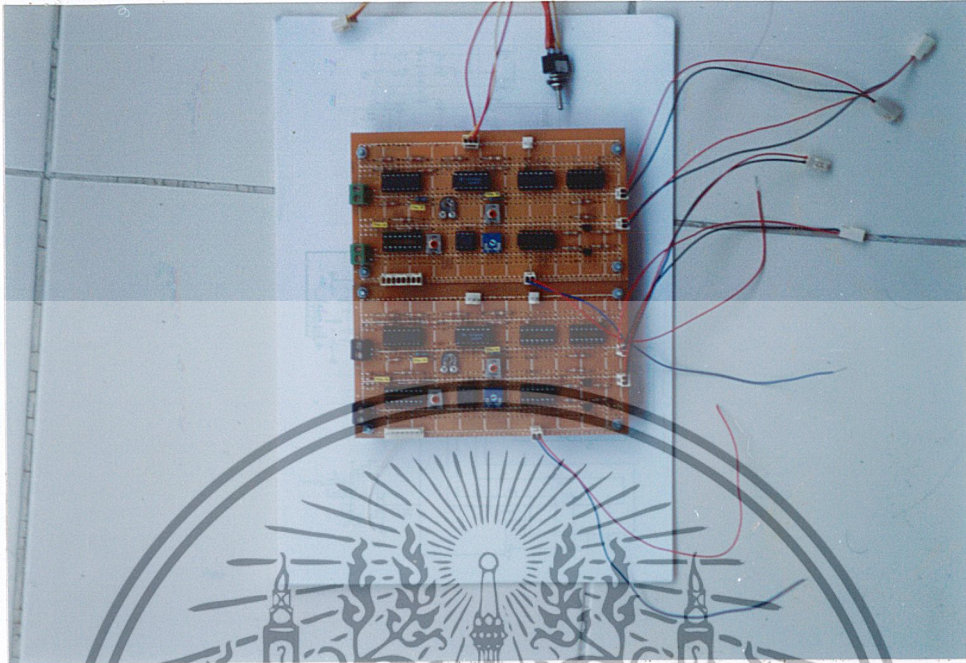


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แสดงวงจรการต่อ MC34060 แบบ Auto

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

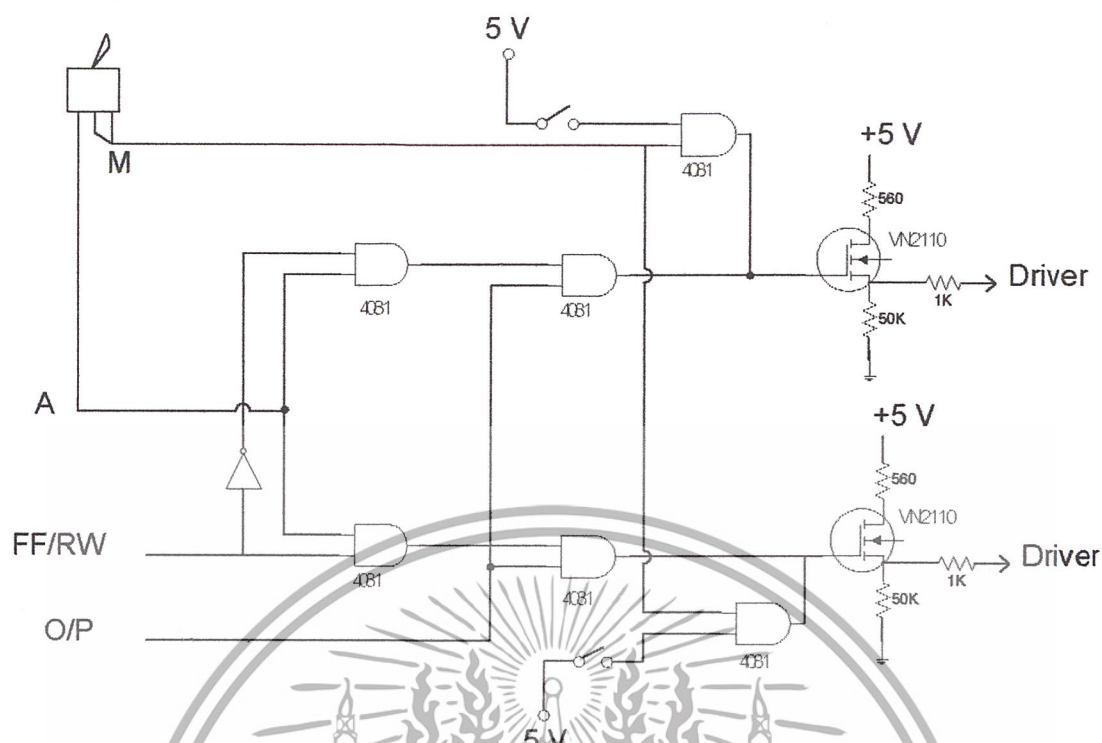


รูปที่ 3.6 แสดงชุดควบคุมความเร็ว ควบคุมการหมุนและควบคุมตำแหน่งมอเตอร์

3.5 ชุดควบคุมการหมุนของมอเตอร์

ใช้สวิทช์ 3 ทางในการเลือกที่จะจ่ายไฟให้กับ TL-494 หรือ MC-34060 ซึ่งจะเป็นการเลือกให้ชุด Manual หรือ Auto ทำงานตามลำดับซึ่งจะใช้การกระทำทางลอจิกเป็นตัวเลือกจากรูปจะเห็นได้ว่าเมื่อเลือกให้ชุด Manual ทำงานก็จะทำงานเมื่อกดปุ่มคีย์บอร์ดซ้ายขวาเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงชุดวงจรเลือกหมุนซ้ายหรือหมุนขวา

ส่วน Auto MCS-51 จะทำการเลือกให้หมุนซ้ายหรือหมุนขวาเองแล้วส่งสัญญาณผ่านชุดไดรฟ์ไปขับให้มอเตอร์หมุนซ้ายหรือหมุนขวาซึ่งจะถูกกำหนดโดยอินพุต เมื่อมอเตอร์หมุนถึงตำแหน่งตามอินพุต MCS-51 จะส่งสัญญาณ 0 มาที่เส้น Output มอเตอร์ก็จะหยุดหมุน ซึ่งก็คือตำแหน่งที่เราต้องการนั่นเอง

3.6 ชุดคีย์บอร์ด

มีการทำงานแบ่งเป็น 2 ส่วน

3.6.1 Automatic Mode

เป็นการถอดรหัสแบบ BCD Code และใช้การอินเตอร์รัปต์เป็นตัวรับรู้ว่ามีกรกดคีย์บอร์ด เพื่อรับค่า BCD Code จากคีย์บอร์ด ดังนั้นเราจะใช้เลข BCD แทนตัวเลขต่างๆบน คีย์บอร์ด เช่น

0000 = 0

0001 = 1

0010 = 2

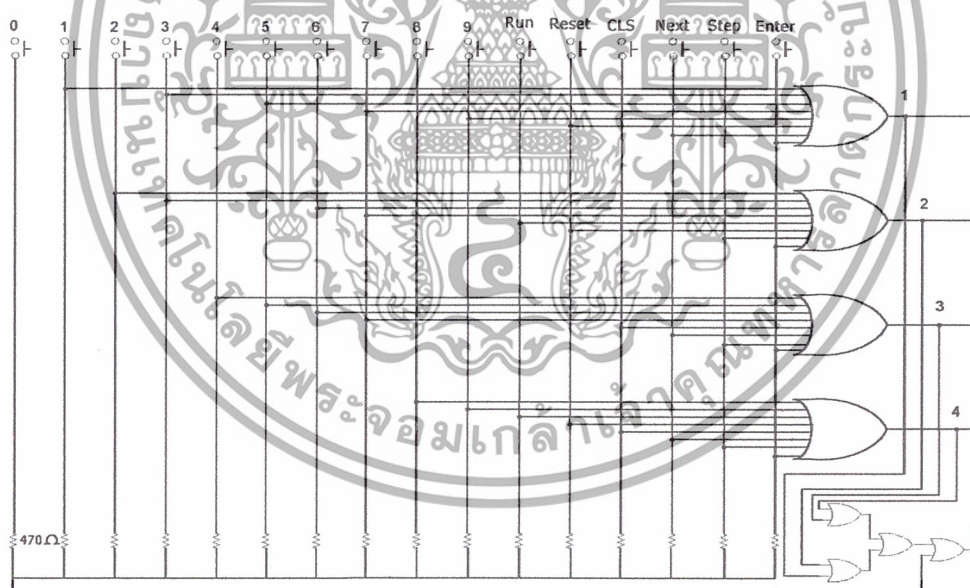
0011 = 3

0100 = 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0101	=	5
0110	=	6
0111	=	7
1000	=	8
1001	=	9
1010	=	Start
1011	=	Reset
1100	=	Clr
1101	=	Next
1110	=	>
1111	=	Enter

คีย์ Step จะใช้อินเทอร์รัปต์อีกตัวหนึ่ง เพื่อว่าเมื่อกดคีย์ Stop จะเป็นการหยุดการทำงานของมอเตอร์ และจะเริ่มทำงานใหม่เมื่อมีการป้อนค่าเข้าไปใหม่

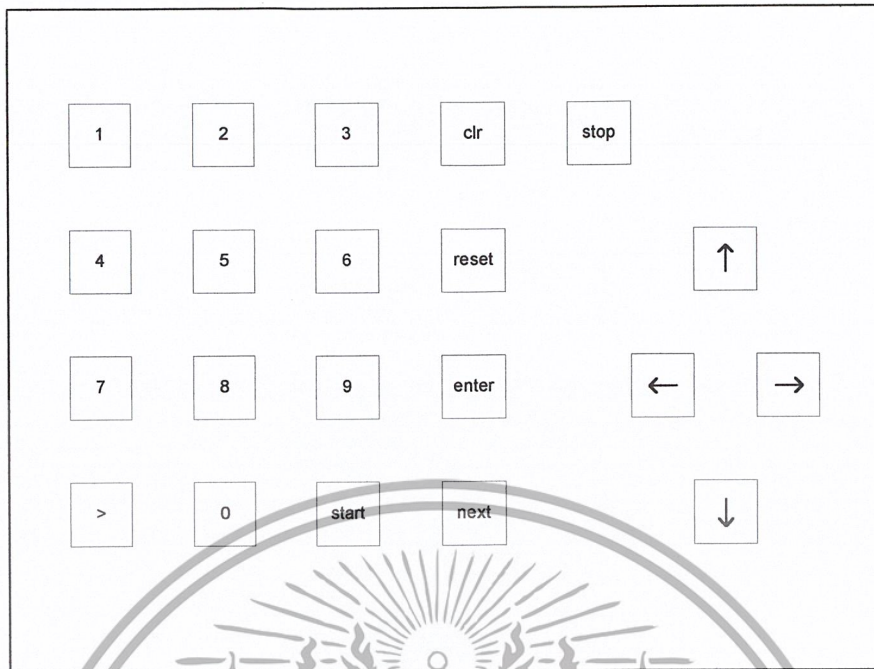


รูปที่ 3.8 แสดงการต่อลอจิกเกตเข้ากับคีย์บอร์ด

3.6.2 Manual Mode

เมื่อทำการกดคีย์ถูกลงในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง มอเตอร์จะเคลื่อนไปทางทิศทางตามที่เรากด เป็นการควบคุมทิศทางโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 แสดงรูปร่างของชุดคีย์บอร์ด



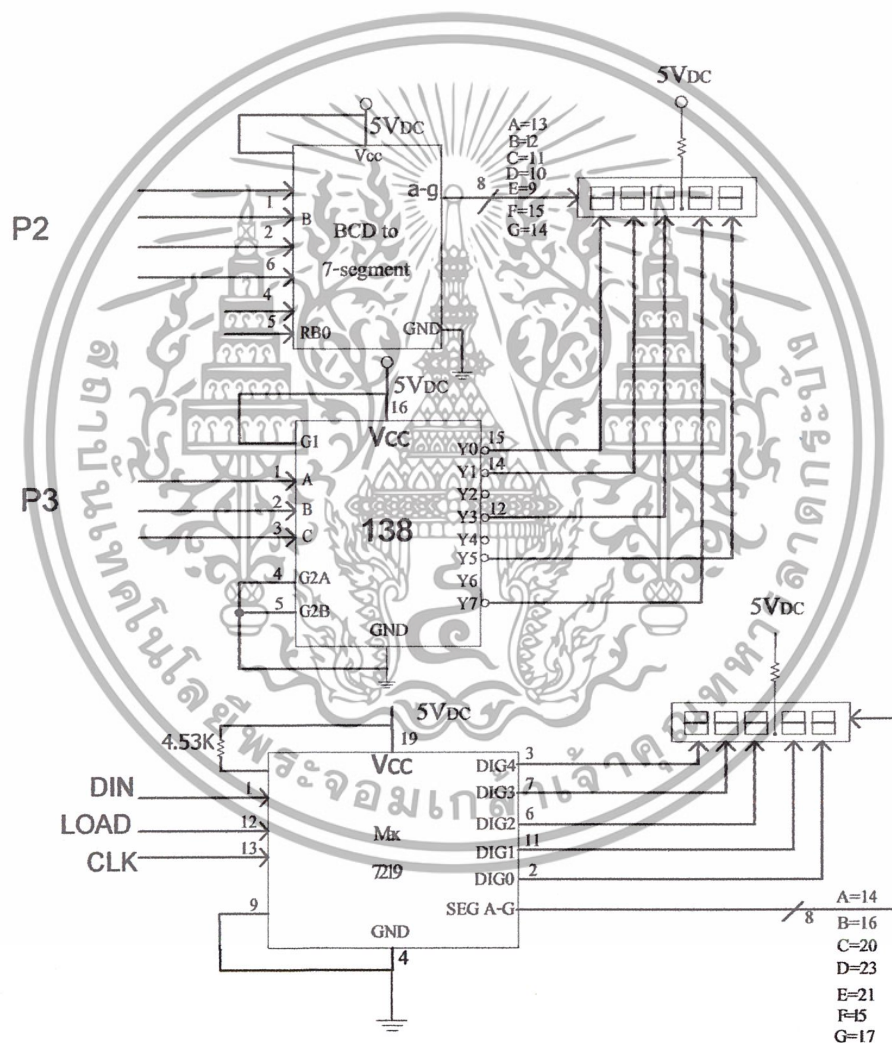
รูปที่ 3.10 แสดงชุดคีย์บอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 ชุดแสดงผล

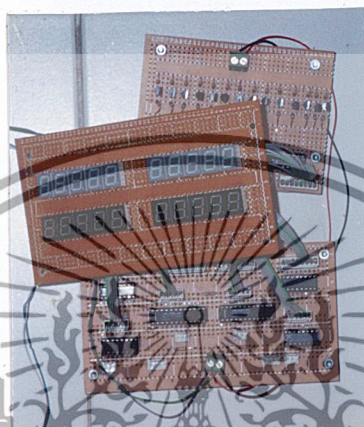
ในส่วนการรับค่าจากคีย์บอร์ด จะใช้ IC Display เบอร์ 7219 ในการแสดงผล เพื่อลดภาระในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพราะใน IC MAX 7219 จะเป็นการแสดงผลโดยตัวของมันเอง เพียงแต่เราส่งค่าไปให้ IC เพื่อแสดงผล IC MAX 7219 จะ SCAN ค่าไปเรื่อยๆ จนกว่าจะได้รับค่าใหม่ ก็จะแสดงผลค่าใหม่ให้

ในส่วนของการแสดงผลติดตามตำแหน่งจะใช้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้ IC ออตรหัส BCD CODE ให้เป็น 7-SEGMENT และใช้ IC 74138 เป็นตัวเลือกตำแหน่งในแต่ละ Number ในการส่งค่าเพราะในการติดตามผลจะใช้สัญญาณจาก Encoder ที่ติดกับมอเตอร์



รูปที่ 3.11 แสดงการต่อ IC MAX7219 และ IC74138 เข้ากับ MCS-51

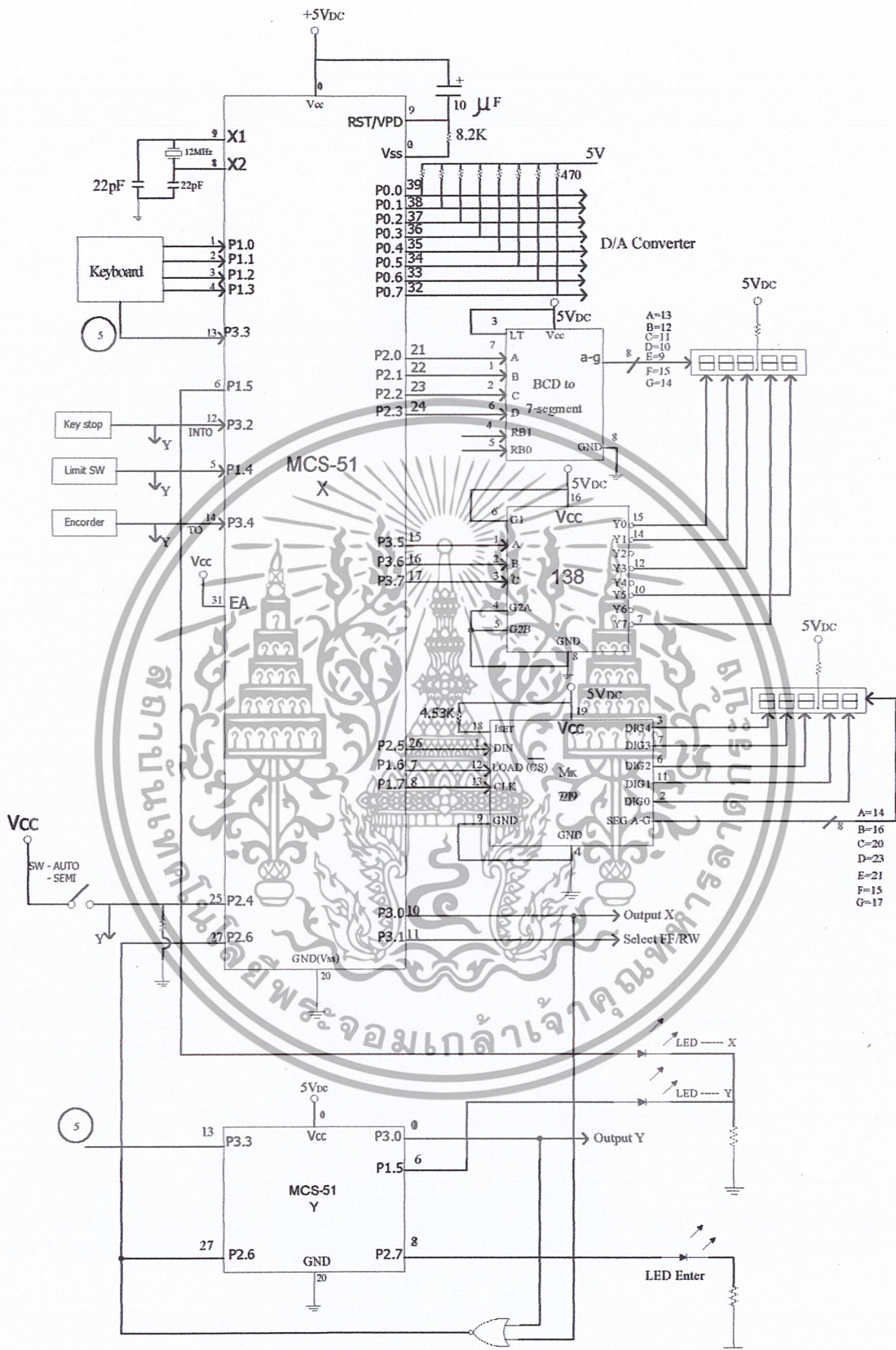
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 แสดงชุดแสดงผล

และรูปข้างล่างนี้แสดงการต่อชุดวงจรต่างๆเข้ากับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ไม่ว่าจะป็นชุดแสดงผล คีย์บอร์ด เป็นต้น และเป็นการต่อทั้ง 2 แกน คือ แกน X และ แกน Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 แสดงการต่อวงจร MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดสอบโครงการ

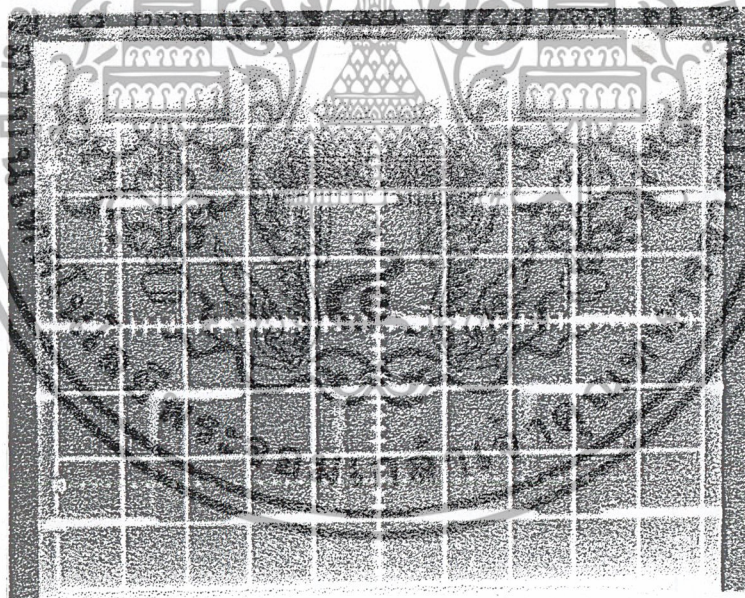
4.1 การทดสอบสัญญาณพัลส์จากเอ็นไอเคเคอร์

อุปกรณ์

1. มอเตอร์ที่ใช้ในโครงการ
2. แหล่งจ่าย DC. 5 V และ 24 V 2A
3. Oscilloscope

วิธีทดสอบ

ต่อแหล่งจ่ายไฟใช้แรงดัน 5 V เข้ากับเอ็นไอเคเคอร์ที่ตัวมอเตอร์ และจ่ายแรงดันเล็กน้อยให้กับมอเตอร์ วัดสัญญาณพัลส์ทั้งสองของเอ็นไอเคเคอร์



รูปที่ 4.1 แสดงสัญญาณพัลส์จากเอ็นไอเคเคอร์

ผลการทดสอบ

สัญญาณพัลส์มีความถี่สูงมากถ้ามอเตอร์หมุนเร็วขึ้น ดังนั้นจึงให้แรงดันแก่มอเตอร์ที่พอเหมาะเพื่อให้มอเตอร์หมุนช้าพอที่จะสามารถวัดสัญญาณได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

สัญญาณพัลส์ที่ได้มีระดับแรงดันเพียงพอที่จะนำไปใช้งาน(0-5V) การนำไปใช้งานจะใช้เพียงเฟสเดียวในการนับ

4.2 การทดสอบโครงงานทั้งหมด

อุปกรณ์

1. แผงวงจรของโครงงาน
2. Plant ของมอเตอร์ที่ใช้ในโครงงาน

วิธีทดสอบ

สั่งการทำงาน โดยการกดคีย์บอร์ดตามค่าต่างๆที่กำหนดไว้ และให้มอเตอร์ทำงานที่ความเร็วตามค่าที่กำหนดไว้เช่นเดียวกัน และจดบันทึกค่าผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 การทดสอบที่ความเร็ว 100 RPM

ตำแหน่ง(mm)		ผลการทดลองครั้งที่						ค่าเฉลี่ย		ค่าความคลาดเคลื่อน %	
		1		2		3					
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
5	5	5.30	5.00	5.45	5.10	5.10	5.10	5.28	5.07	5.60	1.40
10	10	10.40	10.00	10.30	10.00	10.50	10.10	10.4	10.03	4.00	0.30
15	15	15.90	14.80	15.85	15.20	15.90	15.20	15.88	15.07	5.86	0.44
20	20	20.80	20.30	20.90	20.10	20.75	20.30	20.82	20.23	4.10	1.17
20	25	20.75	24.80	20.85	25.20	20.95	24.90	20.85	24.97	4.25	-0.13
20	30	20.95	30.30	20.95	30.40	21.00	30.30	20.96	30.33	4.80	1.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 การทดสอบที่ความเร็ว 160 RPM

ตำแหน่ง(mm)		ผลการทดลองครั้งที่						ค่าเฉลี่ย		ค่าความคลาดเคลื่อน %	
		1		2		3					
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
5	5	5.50	5.30	5.50	5.10	5.65	5.30	5.55	5.23	11.00	4.67
10	10	10.50	10.10	10.85	10.40	10.80	10.30	10.72	10.30	7.17	3.00
15	15	15.50	15.20	15.95	15.30	15.80	15.30	15.75	15.27	5.00	1.78
20	20	21.00	20.20	21.20	20.20	20.95	20.30	21.05	20.23	5.25	1.12
20	25	21.50	25.10	21.85	25.20	21.95	25.10	21.77	25.13	8.83	0.53
20	30	22.00	30.10	22.20	30.30	22.50	30.30	22.23	30.23	11.16	0.78

สรุปผลการทดลอง

การทดสอบที่การทำงานต่างๆ ค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นที่ระยะทางและความเร็วเดียวกันไม่เท่ากัน เนื่องจากสาเหตุ เช่น ความผิดที่เกิดจากตัวแกนโรเตอร์ การเบรคมอเตอร์ ค่าผิดพลาดจากโปรแกรมการคำนวณ อุปกรณ์วัดเชิง เป็นต้น และถ้าเกิดต้องการความละเอียดมากกว่านี้อาจจะใช้อินโค้ดเดอร์ที่มีความละเอียดมากกว่านี้ การตรวจรับอาจจะแม่นยำมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์และบทสรุป

5.1 สรุปผลปริญญานิพนธ์

1. จากผลการทดลองในส่วนการสร้างสัญญาณ PWM สามารถที่จะกำหนดค่า duty cycle ได้ง่ายมาก เพียงแค่ปรับค่าความต้านทานทางด้านอินพุท เพื่อใช้เป็นสัญญาณมาตรฐาน ไปควบคุม อุปกรณ์สวิตซ์ ซึ่งเป็นการปรับความเร็วของมอเตอร์นั่นเอง

2. ในส่วนของการตรวจจับตำแหน่งมีความแน่นอนพอสมควร ค่าที่คลาดเคลื่อนเกิดจาก ตัวฮาร์ดแวร์ อันอาจเกิดจากความผิดของแกนมอเตอร์ หรือตรงส่วนรอยต่อ (join) ที่ต่อเข้ากับ มอเตอร์

3. ส่วนการติดต่อระหว่างผู้ใช้กับตัวประมวลผลกลางเป็นไปได้อย่างดี

4. ในการควบคุมต่างๆ สามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน ไม่ว่าจะเป็นแบบลูปเปิด หรือลูปปิด แต่ใน โครงงานนี้เป็นวิธีการควบคุมแบบลูปปิดซึ่งจะสามารถควบคุม ได้แน่นอนกว่าเพราะมีการ เปรียบเทียบค่า Error ต่างๆ ได้และสามารถแก้ปัญหาตรงจุดที่ Error ได้เป็นอย่างดีเมื่อเปรียบเทียบกับ การควบคุมแบบลูปเปิด

5.2 วิจารณ์ปริญญานิพนธ์

1. จากการทำให้โครงงานนี้ Plant ที่ใช้ในการทดลองมีระยะทางที่สั้นเกินไป ทำให้การ ควบคุมทำได้ยากเพราะต้องใช้ความละเอียดมากพอสมควร ถ้าเปลี่ยนให้มีระยะในการเคลื่อนที่ได้ มากกว่านี้ก็จะใช้ประโยชน์ได้มาก

2. จากการทดลองจะเห็นได้ว่า ถ้าระยะทางเพิ่มมากขึ้นหรือความเร็วมากขึ้น โอกาสที่จะเกิด ค่า Error มีมากขึ้นด้วย ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะอุปกรณ์สวิตซ์ ซึ่ง การคำนวณของ โปรแกรม หรือ ความละเอียดของเอ็น โค้ดเดอร์มีละเอียดย่น้อย จึงทำให้การตรวจจับ ไม่แม่นยำเท่าที่ควร

5.3 แนวทางในการพัฒนา

1. สามารถนำโครงงานนี้ไปประยุกต์ใช้งานเป็นเครื่องจักรทางอุตสาหกรรมได้ เช่น เครื่องกลึง เครื่องเจาะ เป็นต้น

2. สามารถพัฒนาเป็น 3 แกนได้ โดยจะต้องศึกษาในส่วนที่เพิ่มขึ้น

3. Plant ของ โครงงานสามารถเคลื่อนที่ได้น้อย ควรจะเปลี่ยน Plant ให้มีระยะทางในการ เคลื่อนที่ได้มากกว่านี้ก็จะใช้ประโยชน์ได้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ควรจะใช้เอ็น โคคเตอร์ที่มีความละเอียดมากกว่านี้ก็สามารถที่จะควบคุมตำแหน่งได้ละเอียดขึ้น

5. เนื่องจากว่าโครงการนี้ไม่ได้มีการจำตำแหน่งจุดเดิมไว้ คือ การเคลื่อนที่ในแต่ละสเต็ปจะมีการรีเซตที่ 0 ทุกครั้ง ดังนั้นควรจะมีการจำตำแหน่งจุดเดิมไว้เพื่อที่จะสามารถสั่งให้มอเตอร์เคลื่อนจากจุดเดิมต่อไปได้

5.4 ประสบการณ์ที่ได้รับ

หลังจากที่ได้ทำโครงการนี้ สิ่งที่ได้รับคือ ทำให้เรียนรู้การทำงานของวงจรต่างๆ ดีขึ้น ได้เรียนรู้เกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์ และการควบคุมมอเตอร์ รวมไปถึงได้รู้จักการวางแผนการทำงาน การแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น รู้จักการทำงานร่วมกับผู้อื่น รวมไปถึงการได้แบ่งปันความรู้ช่วยเหลือซึ่งกันและกันระหว่างกลุ่มเพื่อนที่ต่างโครงการ ซึ่งสามารถนำประสบการณ์ต่างๆ เหล่านี้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ เพื่อที่จะได้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและพัฒนาตนเองต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

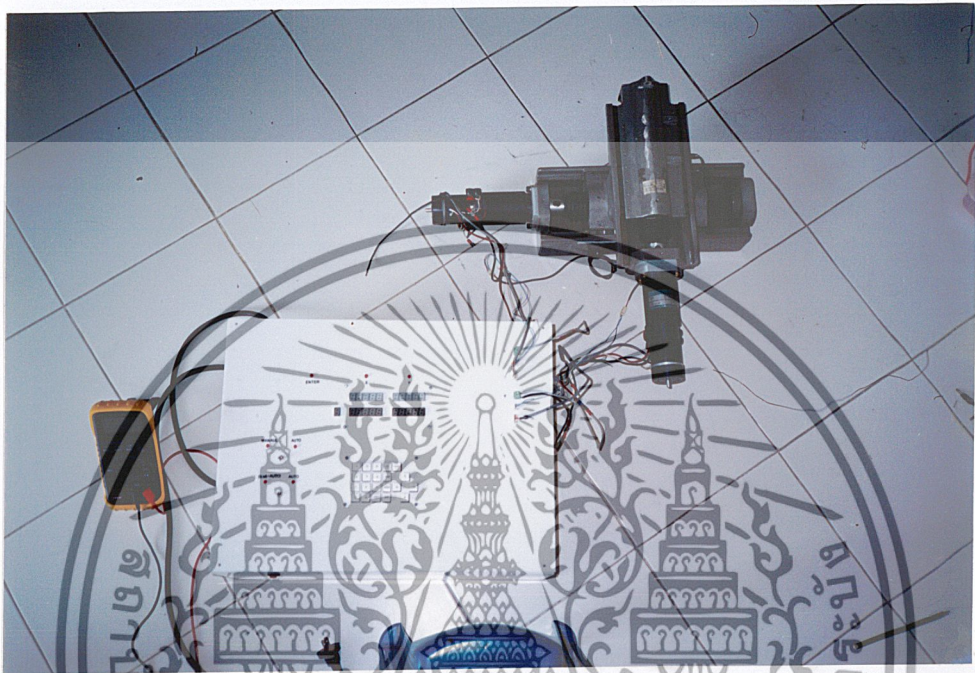
- (1) อุดม จีนประดับ และ วรพงษ์ รัตนโกคา, การทดลองไมโครโปรเซสเซอร์ 2.
กรุงเทพมหานคร : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- (2) ชัยวัฒน์ ลิ้มพรวิจิตรวิไล และ วรพจน์ กรณ์แก้ววัฒนกุล, เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 Flash Microcontroller ฉบับ AT89C5X ของ Atmel , (c) Innovative Experiment Co.Lte.
- (3) INTEL. Microcontroller Handbook. Intel Coporation , 1983
- (4) พรจิต ประทุมสุวรรณ, เครื่องมือวัดอุตสาหกรรม : เซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แสดงอุปกรณ์ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Source Code x-position

```
org    0000h
ajmp   Inti_program
org    0003h
ajmp   Intr_stop
org    000bh
ajmp   Intr_timer
org    0013h
ajmp   Intr_key
org    0100h

Inti_program:
mov    sp,#21h
mov    p0,#10101010b
mov    p1,#00001111b
mov    p2,#11111111b
mov    p3,#11011100b
acall  Inti_start
mov    10h,#0ffh

Delay_prog:
mov    11h,#0ffh
djnz   11h,$
djnz   10h,Delay_prog
mov    r0,#00h

Cls_mem:
inc    r0
mov    @r0,#00h
mov    a,r0
cjne   a,#7fh,Cls_mem
mov    r0,#30h
mov    13h,#0ah
setb   05h
mov    tcon,#00010101b
mov    tmod,#00000110b
mov    th0,#0ffh
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
mov    t10,#0ffh
mov    ie,#10000111b
acall  Inti_display
```

Main:

```
clr    p3.5
clr    p3.6
clr    p3.7
mov    p2,r5
mov    p2,#10001111b
setb   p3.5
mov    p2,r4
mov    p2,#10001111b
setb   p3.6
mov    p2,r3
mov    p2,#10001111b
setb   p3.7
mov    p2,r2
mov    p2,#10001111b
clr    p3.6
mov    p2,r1
mov    p2,#10001111b
jb     00h,Check_reset
jb     02h,Comp
sjmp   Main
```

Comp:

```
jnb    p2.4,Auto
mov    a,r5
cjne   a,0ch,Main
mov    a,r4
cjne   a,0bh,Main
mov    a,r3
cjne   a,0ah,Main
mov    a,r2
cjne   a,09h,Main
mov    a,r1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

cjne    a,08h,Main
clr     p3.0
sjmp    Main

Auto:
jnb     p2.6,Delay_auto
mov     a,r5
cjne    a,0ch,Main
mov     a,r4
cjne    a,0bh,Main
mov     a,r3
cjne    a,0ah,Main
mov     a,r2
cjne    a,09h,Main
mov     a,r1
cjne    a,08h,Main
clr     p3.0
clr     p3.0
sjmp    Main

Auto1:
acall   Next1
sjmp    Main

Delay_auto:
mov     10h,#0ffh

Delay_auto1:
mov     11h,#0ffh

Delay_auto2:
mov     12h,#0ffh
clr     p3.5
clr     p3.6
clr     p3.7
mov     p2,r5
mov     p2,#10001111b
setb    p3.5
mov     p2,r4
mov     p2,#10001111b

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

setb    p3.6
mov     p2,r3
mov     p2,#10001111b
setb    p3.7
mov     p2,r2
mov     p2,#10001111b
clr     p3.6
mov     p2,r1
mov     p2,#10001111b
djnz   12h,$
djnz   11h,Delay_auto2
djnz   10h,Delay_auto1
sjmp   Auto1
Check_reset:
clr     tr0
jnb    p2.7,Clr_output
clr     p3.5
clr     p3.6
clr     p3.7
mov     p2,#00h
mov     p2,#11011111b
setb    p3.5
mov     p2,#00h
mov     p2,#11011111b
setb    p3.6
mov     p2,#00h
mov     p2,#11011111b
setb    p3.7
mov     p2,#00h
mov     p2,#11011111b
clr     p3.6
mov     p2,#00h
mov     p2,#11011111b
sjmp   Check_reset

```

Clr_output:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

mov    r1,#00h
mov    r2,#00h
mov    r3,#00h
mov    r4,#00h
mov    r5,#00h
clr    p3.0
clr    00h
mov    10h,#0ffh
djnz   10h,$
setb   tr0
ajmp   Main

```

Inti_start:

```
jnb    p2.7,Inti_start2
```

Inti_start1:

```
clr    p3.0
```

```
clr    p3.1
```

```
setb   p3.0
```

```
jb     p2.7,$
```

```
clr    p3.0
```

```
ret
```

Inti_start2:

```
setb   p3.0
```

```
setb   p3.1
```

```
jnb    p2.7,$
```

```
sjmp   Inti_start1
```

Inti_display:

```
mov    r7,#0ch
```

```
mov    r6,#01h
```

```
acall  Display
```

```
mov    r7,#09h
```

```
mov    r6,#0ffh
```

```
acall  Display
```

```
mov    r7,#0ah
```

```
mov    r6,#0fh
```

```
acall  Display
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

mov    r7,#0bh
mov    r6,#04h
acall  Display
mov    r7,#0fh
mov    r6,#00h
acall  Display
Clr_display:
mov    r7,#00h
mov    08h,#00h
mov    09h,#00h
mov    0ah,#00h
mov    0bh,#00h
mov    0ch,#00h
Loop_clr_display:
inc    r7
mov    r6,#00h
acall  Display
cjne   r7,#05h,Loop_clr_display
mov    r7,#00h
ret
Display:
clr    p1.6
mov    b,#08h
mov    a,r7
Address:
rlc    a
mov    p2.5,c
acall  Clk
djnz   b,Address
mov    b,#08h
mov    a,r6
Address1:
rlc    a
mov    p2.5,c
acall  Clk

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

djnz    b,Address1
setb    p1.6
clr     p1.6
ret

```

Clk:

```

setb    p1.7
clr     p1.7
ret

```

Intr_stop:

```

jnb     02h,End_stop
clr     p3.0
clr     02h
clr     03h
setb    05h
mov     r0,#30h
mov     0fh,#00h
mov     0dh,#00h

```

End_stop:

```

reti

```

Intr_timer:

```

djnz    13h,Intr_timer1
mov     13h,#0ah
reti

```

Intr_timer1:

```

inc     r1
mov     a,r1
clr     acc
clr     c
da      a
mov     r1,a
jb      acc.4,Add1
reti

```

Add1:

```

clr     acc.4
mov     r1,a

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

inc    r2
mov    a,r2
clr    ac
clr    c
da     a
mov    r2,a
jb     acc.4,Add2
reti

```

Add2:

```

clr    acc.4
mov    r2,a
inc    r3
mov    a,r3
clr    ac
clr    c
da     a
mov    r3,a
jb     acc.4,Add3
reti

```

Add3:

```

clr    acc.4
mov    r3,a
inc    r4
mov    a,r4
clr    ac
clr    c
da     a
mov    r4,a
jb     acc.4,Add4
reti

```

Add4:

```

clr    acc.4
mov    r4,a
inc    r5
reti

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Load_data:

```
mov    r7,#00h
inc    0dh
jnb    03h,Load
mov    a,0fh
add    a,#01h
subb   a,0dh
jnz    Load
mov    0dh,#01h
mov    r0,#30h
```

Load:

```
mov    a,@r0
mov    r6,a
inc    r7
inc    r0
cjne   r7,#01h,Load1
mov    08h,a
sjmp   Load5
```

Load1:

```
cjne   r7,#02h,Load2
mov    09h,a
sjmp   Load5
```

Load2:

```
cjne   r7,#03h,Load3
mov    0ah,a
sjmp   Load5
```

Load3:

```
cjne   r7,#04h,Load4
mov    0bh,a
sjmp   Load5
```

Load4:

```
cjne   r7,#05h,Load6
mov    0ch,a
```

Load5:

```
acall  Display
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

sjmp Load
Load6:
mov a,r0
subb a,#06h
mov r0,a
mov r7,#00h
clr 05h
cpl 04h
setb p1.5
ret

```

Comp_low:

```

mov a,0ch
cjne a,#00h,Comp_high
mov a,0bh
cjne a,#00h,Comp_high
mov a,0ah
cjne a,#01h,Error
jc Error
sjmp Comp_high

```

Comp_high:

```

mov a,0ch
cjne a,#00h,Error1
mov a,0bh
cjne a,#02h,Error1
mov a,0ah
cjne a,#02h,Error1
mov a,09h
cjne a,#00h,Error1
mov a,08h
cjne a,#00h,Error1

```

Comp_high1:

```

sjmp Get_data

```

Error:

```

jnc Comp_high1
mov r6,#01h

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Error2:

```
mov    r7,#01h
acall  Display
inc    r7
mov    r6,#00h
acall  Display
inc    r7
mov    r6,#0ah
acall  Display
inc    r7
mov    r6,#0bh
acall  Display
inc    r7
mov    r6,#0fh
acall  Display
mov    r7,#00h
reti
```

Error1:

```
jc     Comp_high1
mov    r6,#02h
sjmp  Error2
```

Get_data:

```
jb     03h,Get_data1
inc    0fh
```

Get_data1:

```
mov    a,08h
mov    @r0,a
inc    r0
mov    a,09h
mov    @r0,a
inc    r0
mov    a,0ah
mov    @r0,a
inc    r0
mov    a,0bh
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

mov    @r0,a
Inc    r0
mov    a,0ch
mov    @r0,a
inc    r0
mov    r7,#00h
cpl    04h
clr    p1.5
reti

Comp_low_y:
mov    a,0ch
cjne   a,#00h,Comp_high_y
mov    a,0bh
cjne   a,#00h,Comp_high_y
mov    a,0ah
cjne   a,#01h,Comp_high_y
sjmp   Comp_high_y1

Comp_high_y:
jc     Error_y
mov    a,0ch
cjne   a,#00h,Error_y1
mov    a,0bh
cjne   a,#05h,Error_y1
mov    a,0ah
cjne   a,#01h,Error_y1
mov    a,09h
cjne   a,#00h,Error_y1
mov    a,08h
cjne   a,#00h,Error_y1

Comp_high_y1:
ret

Error_y:
setb   07h
ret

Error_y1:

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
jnc Error_y
sjmp Comp_high_y1
```

Delay:

```
mov 10h,#15h
```

Delay1:

```
mov 11h,#0ffh
```

Delay2:

```
clr p3.5
```

```
clr p3.6
```

```
clr p3.7
```

```
mov p2,r5
```

```
mov p2,#10001111b
```

```
setb p3.5
```

```
mov p2,r4
```

```
mov p2,#10001111b
```

```
setb p3.6
```

```
mov p2,r3
```

```
mov p2,#10001111b
```

```
setb p3.7
```

```
mov p2,r2
```

```
mov p2,#10001111b
```

```
clr p3.6
```

```
mov p2,r1
```

```
mov p2,#10001111b
```

```
djnz 11h,Delay2
```

```
djnz 10h,Delay1
```

```
ret
```

Stack:

```
pop b
```

```
sjmp Stack1
```

Intr_key2:

```
jb p0.0,Intr_key1
```

```
reti
```

Intr_key:

```
mov a,p1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    anl    a,#00001111b
    mov    0eh,a
    clr    c
    subb  a,#00h
    jz     Intr_key2
Intr_key1:
    acall  Delay
Stack1:
    mov    a,sp
    cjne  a,#23h,Stack
    acall  Delay
    mov    a,0eh
    cjne  a,#00001111b,Step
    jb    02h,End_key
    jb    03h,End_key
    jb    04h,End_key
    jb    05h,End_key
    setb  03h
    setb  05h
    clr   p1.5
    setb  p1.4
    mov   r0,#30h
    mov   0dh,#00h
End_key
    reti
Step:
    cjne  a,#00001110b,Next
    jb    02h,End_key
    jb    05h,Step2
    jnb   04h,Step1
    ajmp  Comp_low
Step1:
    jb    03h,Step3
Step4:
    clr   07h

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
clr    08h
mov    r7,#00h
acall  Comp_low_y
jb     07h,End_key
```

Step2:

```
acall  Load_data
reti
```

Step3:

```
jb     08h,Step4
clr    08h
sjmp   Step2
```

Next:

```
cjne  a,#00001101b,Clr
jnb   p2.4,End_key
jnb   02h,End_key
acall Next1
reti
```

Next1:

```
mov    r7,#00h
mov    a,0fh
clr    c
subb   a,0dh
inc    0dh
jz     Loop_run1
ajmp   Loop_run2
```

Clr:

```
cjne  a,#00001100b,Reset
jb     02h,End_key
jnb   04h,Clr1
jb     05h,End_key
acall  Clr_display
```

Clr1:

```
mov    r7,#00h
reti
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Reset:

```
cjne a,#00001011b,Run
acall Clr_display
mov r0,#30h
mov 0fh,#00h
mov 0dh,#00h
setb 00h
clr 02h
clr 03h
clr 04h
setb 05h
clr 08h
clr p1.4
clr p1.5
setb p3.0
clr p3.1
reti
```

Run:

```
cjne a,#00001010b,Key1
jnb 03h,End_key
setb 02h
clr p1.4
clr p1.5
acall Loop_run1
reti
```

Loop_run1:

```
mov r0,#30h
mov 0dh,#01h
```

Loop_run2:

```
mov r7,#00h
```

Loop_run3:

```
mov a,@r0
inc r7
cjne r7,#01h,Num1
mov 08h,a
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    sjmp    Loop_run4

Key1:
    ajmp   Key

Num1:
    cjne   r7,#02h,Num2
    mov    09h,a
    sjmp   Loop_run4

Num2:
    cjne   r7,#03h,Num3
    mov    0ah,a
    sjmp   Loop_run4

Num3:
    cjne   r7,#04h,Num4
    mov    0bh,a
    sjmp   Loop_run4

Num4:
    mov    0ch,a

Loop_run4:
    inc    r0
    mov    r6,a
    acall  Display
    cjne   r7,#05h,Loop_run3
    mov    r1,#00h
    mov    r2,#00h
    mov    r3,#00h
    mov    r4,#00h
    mov    r5,#00h
    setb   p3.0
    clr    p3.1

Loop_run5:
    clr    p3.5
    clr    p3.6
    clr    p3.7
    mov    p2,#00h
    mov    p2,#10001111b

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

setb    p3.5
mov     p2,#00h
mov     p2,#10001111b
setb    p3.6
mov     p2,#00h
mov     p2,#10001111b
setb    p3.7
mov     p2,#00h
mov     p2,#10001111b
clr     p3.6
mov     p2,#00h
mov     p2,#10001111b
jb      p2.7,Loop_run5
clr     p3.0
setb    p3.1
setb    01h
setb    p3.0
ret
Key:
jb      02h,End_key1
jb      05h,End_key1
jnb     04h,Key_y
setb    08h
inc     r7
cjne   r7,#00000001b,Digit1
acall   Clr_display
inc     r7
mov     r6,0eh
acall   Display
mov     08h,0eh

```

Key:

End_key1:

```
ret
```

Key_y

```
setb    08h
ajmp   Key_y1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Digit1:

```
cjne r7,#00000010b,Digit2
mov r6,08h
acall Display
dec r7
mov r6,0eh
acall Display
mov r7,#02h
mov 09h,08h
mov 08h,0eh
reti
```

Digit2:

```
cjne r7,#00000011b,Digit3
mov r6,09h
acall Display
dec r7
mov r6,08h
acall Display
dec r7
mov r6,0eh
acall Display
mov r7,#03h
mov 0ah,09h
mov 09h,08h
mov 08h,0eh
reti
```

Digit3:

```
cjne r7,#00000100b,Digit4
mov r6,0ah
acall Display
dec r7
mov r6,09h
acall Display
dec r7
mov r6,08h
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

acall Display
dec r7
mov r6,0eh
acall Display
mov r7,#04h
mov 0bh,0ah
mov 0ah,09h
mov 09h,08h
mov 08h,0eh
reti

```

Digit4:

```

mov r6,0bh
acall Display
dec r7
mov r6,0ah
acall Display
dec r7
mov r6,09h
acall Display
dec r7
mov r6,08h
acall Display
dec r7
mov r6,0eh
acall Display
mov 0ch,0bh
mov 0bh,0ah
mov 0ah,09h
mov 09h,08h
mov 08h,0eh
mov r7,#04h
reti

```

Key_y1:

```

inc r7
cjne r7,#01h,Digi1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

mov    0ch,#00h
mov    0bh,#00h
mov    0ah,#00h
mov    09h,#00h
mov    08h,0eh
reti

Digi1:
cjne  r7,#02h,Digi2
mov    09h,08h
mov    08h,0eh
reti

Digi2:
cjne  r7,#03h,Digi3
mov    0ah,09h
mov    09h,08h
mov    08h,0eh
reti

Digi3:
cjne  r7,#04h,Digi4
mov    0bh,0ah
mov    0ah,09h
mov    09h,08h
mov    08h,0eh
reti

Digi4:
mov    0ch,0bh
mov    0bh,0ah
mov    0ah,09h
mov    09h,08h
mov    08h,0eh
mov    r7,#04h
reti

end

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Source Code y-position

```
org    0000h
ajmp   Inti_program
org    0003h
ajmp   Intr_stop
org    000bh
ajmp   Intr_timer
org    0013h
ajmp   Intr_key
org    0100h

Inti_program:
mov    sp,#21h
mov    p0,#10101010b
mov    p1,#00001111b
mov    p2,#11111111b
mov    p3,#11011100b
acall  Inti_start
mov    r0h,#0ffh

Delay_prog:
mov    r1h,#0ffh
djnz  r1h,$
djnz  r0h,Delay_prog
mov    r0,#00h

Cls_mem:
inc    r0
mov    @r0,#00h
mov    a,r0
cjne  a,#7fh,Cls_mem
mov    r0,#30h
mov    r13h,#0ah
setb  05h
mov    tcon,#00010101b
mov    tmod,#00000110b
mov    th0,#0ffh
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

mov    tl0,#0ffh
mov    ie,#10000111b
acall  Inti_display

```

Main:

```

clr    p3.5
clr    p3.6
clr    p3.7
mov    p2,r5
mov    p2,#10001111b
setb   p3.5
mov    p2,r4
mov    p2,#10001111b
setb   p3.6
mov    p2,r3
mov    p2,#10001111b
setb   p3.7
mov    p2,r2
mov    p2,#10001111b
clr    p3.6
mov    p2,r1
mov    p2,#10001111b
jb     00h,Check_reset
jb     02h,Comp
sjmp   Main

```

Comp:

```

jnb    p2.4,Auto
mov    a,r5
cjne   a,0ch,Main
mov    a,r4
cjne   a,0bh,Main
mov    a,r3
cjne   a,0ah,Main
mov    a,r2
cjne   a,09h,Main
mov    a,r1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

cjne    a,08h,Main
clr     p3.0
sjmp    Main

Auto:
jnb     p2.6,Delay_auto
mov     a,r5
cjne    a,0ch,Main
mov     a,r4
cjne    a,0bh,Main
mov     a,r3
cjne    a,0ah,Main
mov     a,r2
cjne    a,09h,Main
mov     a,r1
cjne    a,08h,Main
clr     p3.0
clr     p3.0
sjmp    Main

Auto1:
acall   Next1
sjmp    Main

Delay_auto:
mov     10h,#0ffh

Delay_auto1:
mov     11h,#0ffh

Delay_auto2:
mov     12h,#0ffh
clr     p3.5
clr     p3.6
clr     p3.7
mov     p2,r5
mov     p2,#10001111b
setb    p3.5
mov     p2,r4
mov     p2,#10001111b

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

setb    p3.6
mov     p2,r3
mov     p2,#10001111b
setb    p3.7
mov     p2,r2
mov     p2,#10001111b
clr     p3.6
mov     p2,r1
mov     p2,#10001111b
djnz   12h,$
djnz   11h,Delay_auto2
djnz   10h,Delay_auto1
sjmp   Auto1
Check_reset:
clr     tr0
jnb    p2.7,Clr_output
clr     p3.5
clr     p3.6
clr     p3.7
mov     p2,#00h
mov     p2,#11011111b
setb    p3.5
mov     p2,#00h
mov     p2,#11011111b
setb    p3.6
mov     p2,#00h
mov     p2,#11011111b
setb    p3.7
mov     p2,#00h
mov     p2,#11011111b
clr     p3.6
mov     p2,#00h
mov     p2,#11011111b
sjmp   Check_reset

```

Clr_output:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

mov r1,#00h
mov r2,#00h
mov r3,#00h
mov r4,#00h
mov r5,#00h
clr p3.0
clr 00h
mov 10h,#0ffh
djnz 10h,$
setb tr0
ajmp Main

```

Inti_start:

```

setb p3.0
setb p3.1
jnb p2.7,$
clr p3.1
jnb p2.7,$
clr p3.0
ret

```

Inti_display:

```

mov r7,#0ch
mov r6,#01h
acall Display
mov r7,#09h
mov r6,#0ffh
acall Display
mov r7,#0ah
mov r6,#0fh
acall Display
mov r7,#0bh
mov r6,#05h
acall Display
mov r7,#0fh
mov r6,#00h
acall Display

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

mov    r7,#06h
mov    r6,#00h
acall  Display
Clr_display:
mov    r7,#00h
mov    08h,#00h
mov    09h,#00h
mov    0ah,#00h
mov    0bh,#00h
mov    0ch,#00h
Loop_clr_display:
inc    r7
mov    r6,#00h
acall  Display
cjne   r7,#05h,Loop_clr_display
mov    r7,#00h
ret
Display:
clr    p1.6
mov    b,#08h
mov    a,r7
Address:
rlc    a
mov    p2.5,c
acall  Clk
djnz   b,Address
mov    b,#08h
mov    a,r6
Address1:
rlc    a
mov    p2.5,c
acall  Clk
djnz   b,Address1
setb   p1.6
clr    p1.6

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ret
Clk:
setb p1.7
clr p1.7
ret

```

```

Intr_stop:
jnb 02h,End_stop
clr p3.0
clr 02h
clr 03h
setb 05h
mov r0,#30h
mov 0fh,#00h
mov 0dh,#00h

```

End_stop:

```
reti
```

Intr_timer:

```

djnz 13h,Intr_timer1
mov 13h,#0ah
reti

```

Intr_timer1:

```

inc r1
mov a,r1
clr ac
clr c
da a
mov r1,a
jb acc.4,Add1
reti

```

Add1:

```

clr acc.4
mov r1,a
inc r2
mov a,r2
clr ac

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

clr    c
da     a
mov    r2,a
jb     acc.4,Add2
reti

```

Add2:

```

clr    acc.4
mov    r2,a
inc    r3
mov    a,r3
clr    ac
clr    c
da     a
mov    r3,a
jb     acc.4,Add3
reti

```

Add3:

```

clr    acc.4
mov    r3,a
inc    r4
mov    a,r4
clr    ac
clr    c
da     a
mov    r4,a
jb     acc.4,Add4
reti

```

Add4:

```

clr    acc.4
mov    r4,a
inc    r5
reti

```

Load_data:

```

mov    r7,#00h
inc    0dh

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

jnb 03h,Load
mov a,0fh
add a,#01h
subb a,0dh
jnz Load
mov 0dh,#01h
mov r0,#30h

```

Load:

```

mov a,@r0
mov r6,a
inc r7
inc r0
cjne r7,#01h,Load1
mov 08h,a
sjmp Load5

```

Load1:

```

cjne r7,#02h,Load2
mov 09h,a
sjmp Load5

```

Load2:

```

cjne r7,#03h,Load3
mov 0ah,a
sjmp Load5

```

Load3:

```

cjne r7,#04h,Load4
mov 0bh,a
sjmp Load5

```

Load4:

```

cjne r7,#05h,Load6
mov 0ch,a

```

Load5:

```

acall Display
sjmp Load

```

Load6:

```

mov a,r0

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

subb a,#06h
mov r0,a
mov r7,#06h
mov r6,0dh
acall Display
mov r7,#00h
clr 05h
cpl 04h
ret

```

Comp_low:

```

mov a,0ch
cjne a,#00h,Comp_high
mov a,0bh
cjne a,#00h,Comp_high
mov a,0ah
cjne a,#01h,Error
jc Error
sjmp Comp_high

```

Comp_high:

```

mov a,0ch
cjne a,#00h,Error1
mov a,0bh
cjne a,#05h,Error1
mov a,0ah
cjne a,#01h,Error1
mov a,09h
cjne a,#00h,Error1
mov a,08h
cjne a,#00h,Error1

```

Comp_high1:

```

sjmp Get_data

```

Error:

```

jnc Comp_high1
mov r6,#01h

```

Error2:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

mov    r7,#01h
acall  Display
inc    r7
mov    r6,#00h
acall  Display
inc    r7
mov    r6,#0ah
acall  Display
inc    r7
mov    r6,#0bh
acall  Display
inc    r7
mov    r6,#0fh
acall  Display
mov    r7,#00h
setb  06h
ret
Error1:
jc     Comp_high1
mov    r6,#02h
sjmp  Error2
Get_data:
jb     03h,Get_data1
inc    0fh
Get_data1:
mov    a,08h
mov    @r0,a
inc    r0
mov    a,09h
mov    @r0,a
inc    r0
mov    a,0ah
mov    @r0,a
inc    r0
mov    a,0bh

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

mov    @r0,a
inc    r0
mov    a,0ch
mov    @r0,a
inc    r0
mov    r7,#00h
clr    p1.5
clr    06h
ret

Comp_low_x:
mov    a,0ch
cjne   a,#00h,Comp_high_x
mov    a,0bh
cjne   a,#00h,Comp_high_x
mov    a,0ah
cjne   a,#01h,Comp_high_x
sjmp  Comp_high_x1

Comp_high_x:
jc     Error_x
mov    a,0ch
cjne   a,#00h,Error_x1
mov    a,0bh
cjne   a,#02h,Error_x1
mov    a,0ah
cjne   a,#02h,Error_x1
mov    a,09h
cjne   a,#00h,Error_x1
mov    a,08h
cjne   a,#00h,Error_x1

Comp_high_x1:
ret

Error_x:
setb   07h
ret

Error_x1:

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
jnc Error_x
sjmp Comp_high_x1
```

Delay:

```
mov 10h,#15h
```

Delay1:

```
mov 11h,#0ffh
```

Delay2:

```
clr p3.5
```

```
clr p3.6
```

```
clr p3.7
```

```
mov p2,r5
```

```
mov p2,#10001111b
```

```
setb p3.5
```

```
mov p2,r4
```

```
mov p2,#10001111b
```

```
setb p3.6
```

```
mov p2,r3
```

```
mov p2,#10001111b
```

```
setb p3.7
```

```
mov p2,r2
```

```
mov p2,#10001111b
```

```
clr p3.6
```

```
mov p2,r1
```

```
mov p2,#10001111b
```

```
djnz 11h,Delay2
```

```
djnz 10h,Delay1
```

```
ret
```

Stack:

```
pop b
```

```
sjmp Stack1
```

Intr_key2:

```
jnb p0.0,Intr_key1
```

```
reti
```

Intr_key:

```
mov a,p1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ani    a,#00001111b
mov    0eh,a
clr    c
subb   a,#00h
jz     Intr_key2

Intr_key1:
acall  Delay

Stack1:
mov    a,sp
cjne   a,#23h,Stack
acall  Delay
mov    a,0eh
cjne   a,#00001111b,Step
jb     02h,End_key
jb     03h,End_key
jb     04h,End_key
jb     05h,End_key
acall  Comp_low
jb     06h,End_key
setb   03h
setb   05h
mov    r0,#30h
mov    0dh,#00h
clr    p1.5
setb   p1.4
reti

Step:
cjne   a,#00001110b,Next
jb     02h,End_key
jb     05h,Step1
jb     04h,Step2
acall  Comp_low
jb     06h,End_key
acall  Load_data
reti

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Step1:

```
acall Load_data
reti
```

Step2:

```
jb 03h,Step5
```

Step3:

```
clr 08h
clr 07h
mov r7,#00h
acall Comp_low_x
jb 07h,End_key
```

Step4:

```
setb p1.5
cpl 04h
```

End_key:

```
reti
```

Step5:

```
jb 08h,Step3
clr 08h
sjmp Step4
```

Next:

```
cjne a,#00001101b,Clr
jnb p2.4,End_key
jnb 02h,End_key
acall Next1
reti
```

Next1:

```
mov r7,#00h
mov a,0fh
clr c
subb a,0dh
inc 0dh
jz Loop_run1
ajmp Loop_run2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Clr:

```
cjne a,#00001100b,Reset
jb 02h,End_key
jb 04h,Clr1
jb 05h,End_key
acall Clr_display
```

Clr1:

```
mov r7,#00h
reti
```

Reset:

```
cjne a,#00001011b,Run
acall Clr_display
mov r6,#00h
mov r7,#06h
acall Display
mov r0,#30h
mov 0fh,#00h
mov 0dh,#00h
setb 00h
clr 02h
clr 03h
clr 04h
setb 05h
clr 08h
clr p1.4
clr p1.5
setb p3.0
clr p3.1
reti
```

Run:

```
cjne a,#00001010b,Key1
jnb 03h,End_key
setb 02h
clr p1.4
clr p1.5
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        acall    Loop_run1
        reti
Loop_run1:
        mov     r0,#30h
        mov     0dh,#01h
Loop_run2:
        mov     r7,#00h
Loop_run3:
        mov     a,@r0
        inc     r7
        cjne    r7,#01h,Num1
        mov     08h,a
        sjmp    Loop_run4
Key1:
        ajmp    Key
Num1:
        cjne    r7,#02h,Num2
        mov     09h,a
        sjmp    Loop_run4
Num2:
        cjne    r7,#03h,Num3
        mov     0ah,a
        sjmp    Loop_run4
Num3:
        cjne    r7,#04h,Num4
        mov     0bh,a
        sjmp    Loop_run4
Num4:
        mov     0ch,a
Loop_run4:
        inc     r0
        mov     r6,a
        acall    Display
        cjne    r7,#05h,Loop_run3
        mov     r6,0dh

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

mov    r7,#06h
acall  Display
mov    r1,#00h
mov    r2,#00h
mov    r3,#00h
mov    r4,#00h
mov    r5,#00h
setb  p3.0
clr    p3.1

```

Loop_run5:

```

clr    p3.5
clr    p3.6
clr    p3.7
mov    p2,#00h
mov    p2,#10001111b
setb  p3.5
mov    p2,#00h
mov    p2,#10001111b
setb  p3.6
mov    p2,#00h
mov    p2,#10001111b
setb  p3.7
mov    p2,#00h
mov    p2,#10001111b
clr    p3.6
mov    p2,#00h
mov    p2,#11011111b
jb     p2.7,Loop_run5
clr    p3.0
setb  p3.1
setb  01h
setb  p3.0
ret

```

Key:

```

jb     02h,End_key1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

jb    05h,End_key1
jb    04h,Key_x
inc   r7
cjne  r7,#00000001b,Digit1
acall Clr_display
inc   r7
mov   r6,0eh
acall Display
mov   08h,0eh

```

End_key1:

```
reti
```

Key_x:

```
setb  08h
ajmp  Key_x1

```

Digit1:

```

cjne  r7,#00000010b,Digit2
mov   r6,08h
acall Display
dec   r7
mov   r6,0eh
acall Display
mov   r7,#02h
mov   09h,08h
mov   08h,0eh
reti

```

Digit2:

```

cjne  r7,#00000011b,Digit3
mov   r6,09h
acall Display
dec   r7
mov   r6,08h
acall Display
dec   r7
mov   r6,0eh

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

acall Display
mov r7,#03h
mov 0ah,09h
mov 09h,08h
mov 08h,0eh
reti

```

Digit3:

```

cjne r7,#00000100b,Digit4
mov r6,0ah
acall Display
dec r7
mov r6,09h
acall Display
dec r7
mov r6,08h
acall Display
dec r7
mov r6,0eh
acall Display
mov r7,#04h
mov 0bh,0ah
mov 0ah,09h
mov 09h,08h
mov 08h,0eh
reti

```

Digit4:

```

mov r6,0bh
acall Display
dec r7
mov r6,0ah
acall Display
dec r7
mov r6,09h
acall Display
dec r7

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

mov    r6,08h
acall  Display
dec    r7
mov    r6,0eh
acall  Display
mov    0ch,0bh
mov    0bh,0ah
mov    0ah,09h
mov    09h,08h
mov    08h,0eh
mov    r7,#04h
reti

```

Key_x1:

```

inc    r7
cjne   r7,#01h,Digi1
mov    0ch,#00h
mov    0bh,#00h
mov    0ah,#00h
mov    09h,#00h
mov    08h,0eh
reti

```

Digi1:

```

cjne   r7,#02h,Digi2
mov    09h,08h
mov    08h,0eh
reti

```

Digi2:

```

cjne   r7,#03h,Digi3
mov    0ah,09h
mov    09h,08h
mov    08h,0eh
reti

```

Digi3:

```

cjne   r7,#04h,Digi4
mov    0bh,0ah

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
mov 0ah,09h
mov 09h,08h
mov 08h,0eh
reti
```

Digi4:

```
mov 0ch,0bh
mov 0bh,0ah
mov 0ah,09h
mov 09h,08h
mov 08h,0eh
mov r7,#04h
reti
```

end



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Serially Interfaced, 8-Digit LED Display Drivers

MAX7219/MAX7221

General Description

The MAX7219/MAX7221 are compact, serial input/output common-cathode display drivers that interface microprocessors (μ Ps) to 7-segment numeric LED displays of up to 8 digits, bar-graph displays, or 64 individual LEDs. Included on-chip are a BCD code-B decoder, multiplex scan circuitry, segment and digit drivers, and an 8x8 static RAM that stores each digit. Only one external resistor is required to set the segment current for all LEDs. The MAX7221 is compatible with SPI™, QSPI™, and Microwire™, and has slew-rate-limited segment drivers to reduce EMI.

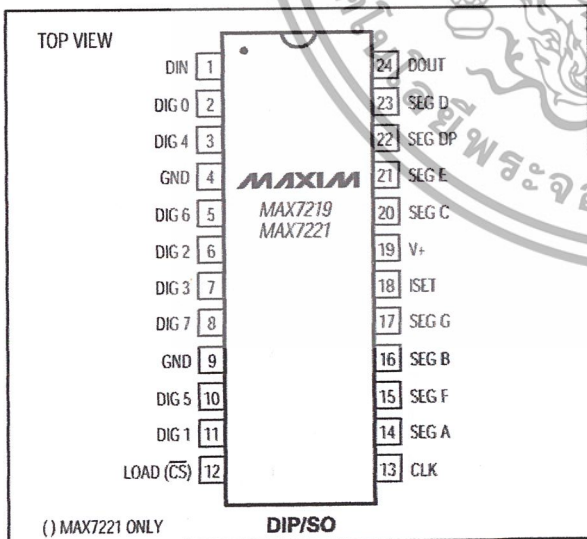
A convenient 3-wire serial interface connects to all common μ Ps. Individual digits may be addressed and updated without rewriting the entire display. The MAX7219/MAX7221 also allow the user to select code-B decoding or no-decode for each digit.

The devices include a 150 μ A low-power shutdown mode, analog and digital brightness control, a scan-limit register that allows the user to display from 1 to 8 digits, and a test mode that forces all LEDs on.

Applications

- Bar-Graph Displays
- 7-Segment Displays
- Industrial Controllers
- Panel Meters
- LED Matrix Displays

Pin Configuration



Features

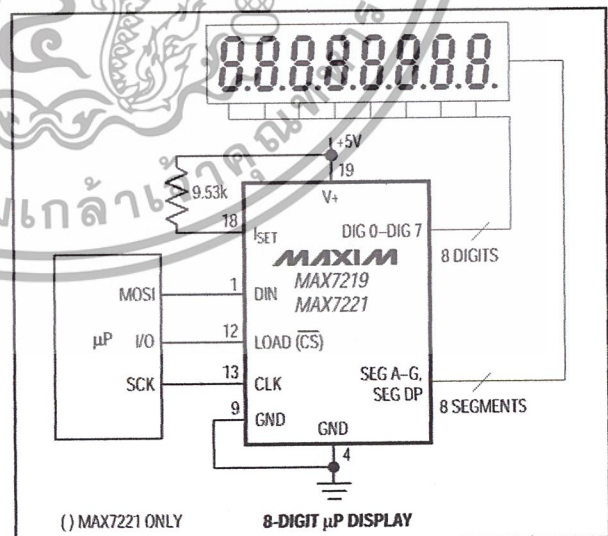
- ◆ 10MHz Serial Interface
- ◆ Individual LED Segment Control
- ◆ Decode/No-Decode Digit Selection
- ◆ 150 μ A Low-Power Shutdown (Data Retained)
- ◆ Digital and Analog Brightness Control
- ◆ Display Blanked on Power-Up
- ◆ Drive Common-Cathode LED Display
- ◆ Slew-Rate Limited Segment Drivers for Lower EMI (MAX7221)
- ◆ SPI, QSPI, Microwire Serial Interface (MAX7221)
- ◆ 24-Pin DIP and SO Packages

Ordering Information

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX7219CNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX7219CWG	0°C to +70°C	24 Wide SO
MAX7219C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX7219ENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX7219EWG	-40°C to +85°C	24 Wide SO
MAX7219ERG	-40°C to +85°C	24 Narrow CERDIP

Ordering information continued at end of data sheet.
*Dice are specified at $T_A = +25^\circ\text{C}$.

Typical Application Circuit



SPI and QSPI are trademarks of Motorola Inc. Microwire is a trademark of National Semiconductor Corp.



Maxim Integrated Products 1

For free samples & the latest literature: <http://www.maxim-ic.com>, or phone 1-800-998-8800.
For small orders, phone 408-737-7600 ext. 3468.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Serially Interfaced, 8-Digit LED Display Drivers

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Voltage (with respect to GND)	
V+	-0.3V to 6V
DIN, CLK, LOAD, \overline{CS}	-0.3V to 6V
All Other Pins	-0.3V to (V+ + 0.3V)
Current	
DIG0-DIG7 Sink Current	500mA
SEGA-G, DP Source Current	100mA
Continuous Power Dissipation (TA = +85°C)	
Narrow Plastic DIP	0.87W
Wide SO	0.76W
Narrow CERDIP	1.1W

Operating Temperature Ranges	
MAX7219C_G/MAX7221C_G	0°C to +70°C
MAX7219E_G/MAX7221E_G	-40°C to +85°C
Storage Temperature Range	-65°C to +160°C
Lead Temperature (soldering, 10sec)	+300°C

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V+ = 5V ±10%, RSET = 9.53kΩ ±1%, TA = TMIN to TMAX, unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Operating Supply Voltage	V+		4.0		5.5	V
Shutdown Supply Current	I+	All digital inputs at V+ or GND, TA = +25°C			150	μA
Operating Supply Current	I+	RSET = open circuit			8	mA
		All segments and decimal point on, ISEG = -40mA		330		
Display Scan Rate	fOSC	8 digits scanned	500	800	1300	Hz
Digit Drive Sink Current	IDIGIT	V+ = 5V, VOUT = 0.65V	320			mA
Segment Drive Source Current	ISEG	TA = +25°C, V+ = 5V, VOUT = (V+ - 1V)	-30	-40	-45	mA
Segment Current Slew Rate (MAX7221 only)	ΔISEG/Δt	TA = +25°C, V+ = 5V, VOUT = (V+ - 1V)	10	20	50	mA/μs
Segment Drive Current Matching	ΔISEG			3.0		%
Digit Drive Leakage (MAX7221 only)	IDIGIT	Digit off, VDIGIT = V+			-10	μA
Segment Drive Leakage (MAX7221 only)	ISEG	Segment off, VSEG = 0V			1	μA
Digit Drive Source Current (MAX7219 only)	IDIGIT	Digit off, VDIGIT = (V+ - 0.3V)	-2			mA
Segment Drive Sink Current (MAX7219 only)	ISEG	Segment off, VSEG = 0.3V	5			mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Serially Interfaced, 8-Digit LED Display Drivers

MAX7219/MAX7221

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V+ = 5V ±10%, RSET = 9.53kΩ ±1%, TA = TMIN to TMAX, unless otherwise noted.)

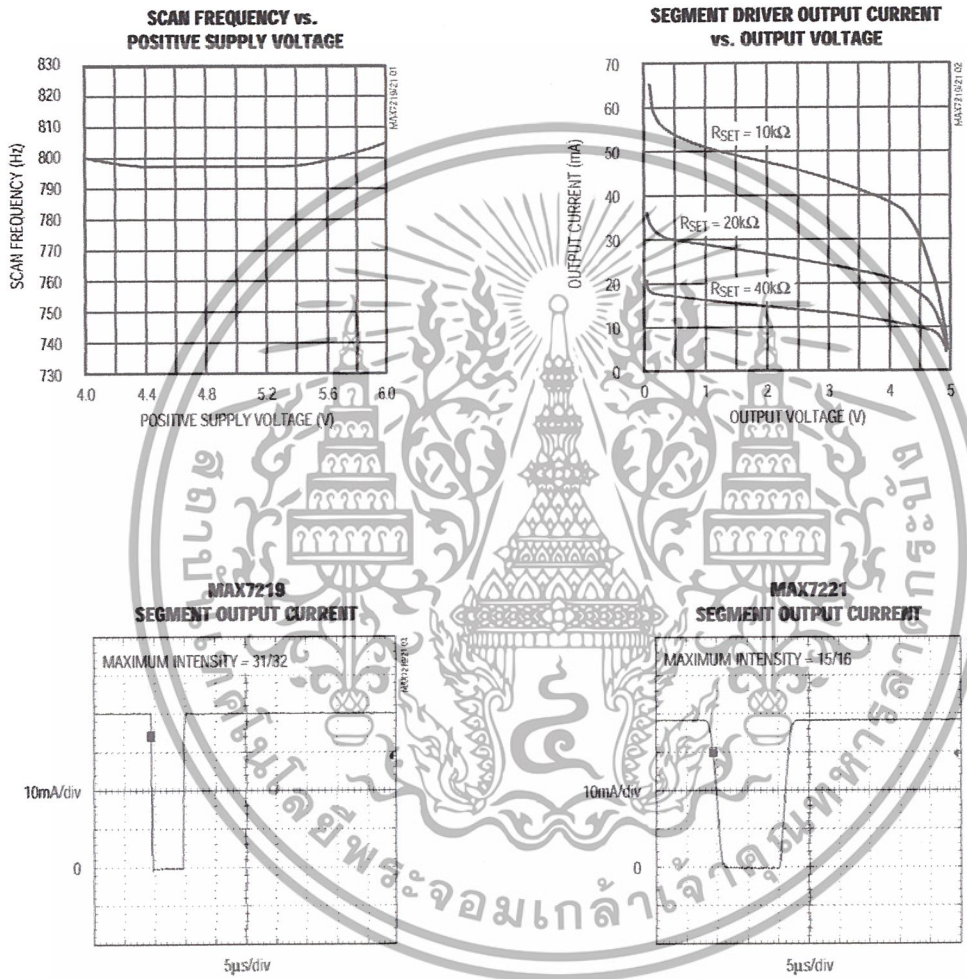
PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
LOGIC INPUTS						
Input Current DIN, CLK, LOAD, CS	I _{IH} , I _{IL}	V _{IN} = 0V or V+	-1		1	μA
Logic High Input Voltage	V _{IH}		3.5			V
Logic Low Input Voltage	V _{IL}				0.8	V
Output High Voltage	V _{OH}	DOUT, I _{SOURCE} = -1mA	V+ - 1			V
Output Low Voltage	V _{OL}	DOUT, I _{SINK} = 1.6mA			0.4	V
Hysteresis Voltage	ΔV _I	DIN, CLK, LOAD, CS		1		V
TIMING CHARACTERISTICS						
CLK Clock Period	t _{CP}		100			ns
CLK Pulse Width High	t _{CH}		50			ns
CLK Pulse Width Low	t _{CL}		50			ns
CS Fall to SCLK Rise Setup Time (MAX7221 only)	t _{CSS}		25			ns
CLK Rise to CS or LOAD Rise Hold Time	t _{CSH}		0			ns
DIN Setup Time	t _{DS}		25			ns
DIN Hold Time	t _{DH}		0			ns
Output Data Propagation Delay	t _{DO}	C _{LOAD} = 50pF			25	ns
Load-Rising Edge to Next Clock Rising Edge (MAX7219 only)	t _{LDCK}		50			ns
Minimum CS or LOAD Pulse High	t _{CSW}		50			ns
Data-to-Segment Delay	t _{DSPD}				2.25	ms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Serially Interfaced, 8-Digit LED Display Drivers

Typical Operating Characteristics

(V+ = +5V, T_A = +25°C, unless otherwise noted.)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

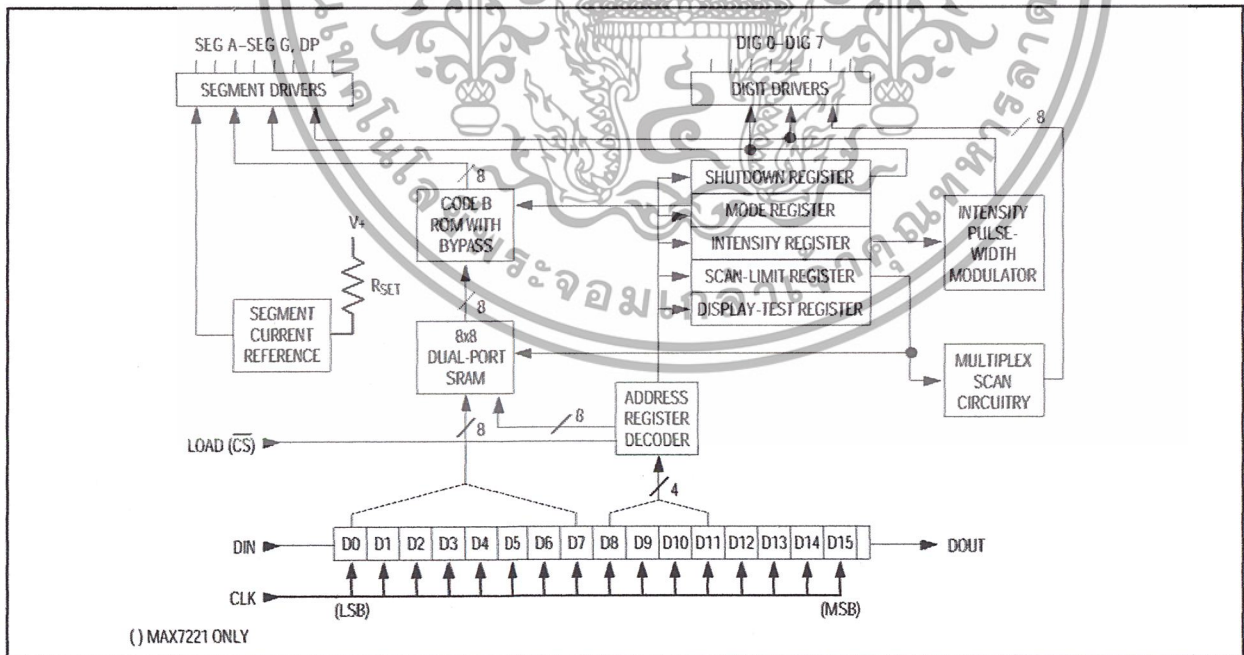
Serially Interfaced, 8-Digit LED Display Drivers

Pin Description

MAX7219/MAX7221

PIN	NAME	FUNCTION
1	DIN	Serial-Data Input. Data is loaded into the internal 16-bit shift register on CLK's rising edge.
2, 3, 5-8, 10, 11	DIG 0-DIG 7	Eight-Digit Drive Lines that sink current from the display common cathode. The MAX7219 pulls the digit outputs to V+ when turned off. The MAX7221's digit drivers are high-impedance when turned off.
4, 9	GND	Ground (both GND pins must be connected)
12	LOAD (MAX7219)	Load-Data Input. The last 16 bits of serial data are latched on LOAD's rising edge.
	\overline{CS} (MAX7221)	Chip-Select Input. Serial data is loaded into the shift register while \overline{CS} is low. The last 16 bits of serial data are latched on \overline{CS} 's rising edge.
13	CLK	Serial-Clock Input. 10MHz maximum rate. On CLK's rising edge, data is shifted into the internal shift register. On CLK's falling edge, data is clocked out of DOUT. On the MAX7221, the CLK input is active only while \overline{CS} is low.
14-17, 20-23	SEG A-SEG G, DP	Seven Segment Drives and Decimal Point Drive that source current to the display. On the MAX7219, when a segment driver is turned off it is pulled to GND. The MAX7221 segment drivers are high-impedance when turned off.
18	ISET	Connect to VDD through a resistor (RSET) to set the peak segment current (Refer to <i>Selecting RSET Resistor</i> section).
19	V+	Positive Supply Voltage. Connect to +5V.
24	DOUT	Serial-Data Output. The data into DIN is valid at DOUT 16.5 clock cycles later. This pin is used to daisy-chain several MAX7219/MAX7221's and is never high-impedance.

Functional Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Serially Interfaced, 8-Digit LED Display Drivers

MAX7219/MAX7221

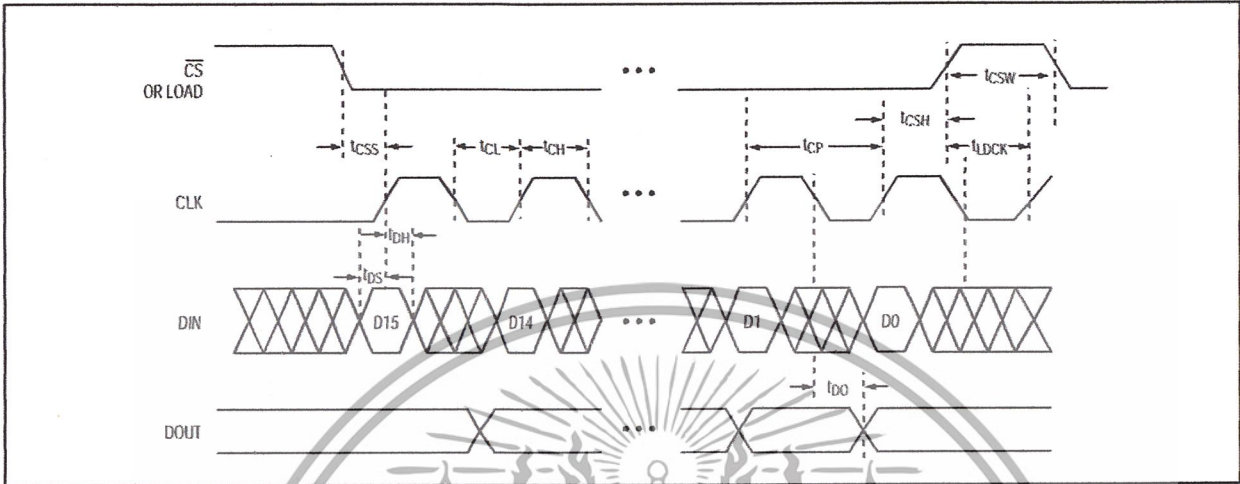


Figure 1. Timing Diagram

Table 1. Serial-Data Format (16 Bits)

D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
X	X	X	X	ADDRESS				MSB	DATA						LSB

Detailed Description

MAX7219/MAX7221 Differences

The MAX7219 and MAX7221 are identical except for two parameters: the MAX7221 segment drivers are slew-rate limited to reduce electromagnetic interference (EMI), and its serial interface is fully SPI compatible.

Serial-Addressing Modes

For the MAX7219, serial data at DIN, sent in 16-bit packets, is shifted into the internal 16-bit shift register with each rising edge of CLK regardless of the state of LOAD. For the MAX7221, CS must be low to clock data in or out. The data is then latched into either the digit or control registers on the rising edge of LOAD/CS. LOAD/CS must go high concurrently with or after the 16th rising clock edge, but before the next rising clock edge or data will be lost. Data at DIN is propagated through the shift register and appears at DOUT 16.5 clock cycles later. Data is clocked out on the falling edge of CLK. Data bits are labeled D0-D15 (Table 1). D8-D11 contain the register address. D0-D7 contain the data, and D12-D15 are "don't care" bits. The first received is D15, the most significant bit (MSB).

Digit and Control Registers

Table 2 lists the 14 addressable digit and control registers. The digit registers are realized with an on-chip, 8x8 dual-port SRAM. They are addressed directly so that individual digits can be updated and retain data as long as V+ typically exceeds 2V. The control registers consist of decode mode, display intensity, scan limit (number of scanned digits), shutdown, and display test (all LEDs on).

Shutdown Mode

When the MAX7219 is in shutdown mode, the scan oscillator is halted, all segment current sources are pulled to ground, and all digit drivers are pulled to V+, thereby blanking the display. The MAX7221 is identical, except the drivers are high-impedance. Data in the digit and control registers remains unaltered. Shutdown can be used to save power or as an alarm to flash the display by successively entering and leaving shutdown mode. For minimum supply current in shutdown mode, logic inputs should be at ground or V+ (CMOS-logic levels).

Typically, it takes less than 250µs for the MAX7219/MAX7221 to leave shutdown mode. The display driver can be programmed while in shutdown mode, and shutdown mode can be overridden by the display-test function.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Serially Interfaced, 8-Digit LED Display Drivers

MAX7219/MAX7221

Table 2. Register Address Map

REGISTER	ADDRESS					HEX CODE
	D15–D12	D11	D10	D9	D8	
No-Op	X	0	0	0	0	X0
Digit 0	X	0	0	0	1	X1
Digit 1	X	0	0	1	0	X2
Digit 2	X	0	0	1	1	X3
Digit 3	X	0	1	0	0	X4
Digit 4	X	0	1	0	1	X5
Digit 5	X	0	1	1	0	X6
Digit 6	X	0	1	1	1	X7
Digit 7	X	1	0	0	0	X8
Decode Mode	X	1	0	0	1	X9
Intensity	X	1	0	1	0	XA
Scan Limit	X	1	0	1	1	XB
Shutdown	X	1	1	0	0	XC
Display Test	X	1	1	1	1	XF

Initial Power-Up

On initial power-up, all control registers are reset, the display is blanked, and the MAX7219/MAX7221 enter shutdown mode. Program the display driver prior to display use. Otherwise, it will initially be set to scan one digit, it will not decode data in the data registers, and the intensity register will be set to its minimum value.

Decode-Mode Register

The decode-mode register sets BCD code B (0-9, E, H, L, P, and -) or no-decode operation for each digit. Each bit in the register corresponds to one digit. A logic high selects code B decoding while logic low bypasses the decoder. Examples of the decode mode control-register format are shown in Table 4.

When the code B decode mode is used, the decoder looks only at the lower nibble of the data in the digit registers (D3–D0), disregarding bits D4–D6. D7, which sets the decimal point (SEG DP), is independent of the decoder and is positive logic (D7 = 1 turns the decimal point on). Table 5 lists the code B font.

When no-decode is selected, data bits D7–D0 correspond to the segment lines of the MAX7219/MAX7221. Table 6 shows the one-to-one pairing of each data bit to the appropriate segment line.

Table 3. Shutdown Register Format (Address (Hex) = XC)

MODE	ADDRESS CODE (HEX)	REGISTER DATA							
		D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Shutdown Mode	XC	X	X	X	X	X	X	X	0
Normal Operation	XC	X	X	X	X	X	X	X	1

Table 4. Decode-Mode Register Examples (Address (Hex) = X9)

DECODE MODE	REGISTER DATA								HEX CODE
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
No decode for digits 7–0	0	0	0	0	0	0	0	0	00
Code B decode for digit 0 No decode for digits 7–1	0	0	0	0	0	0	0	1	01
Code B decode for digits 3–0 No decode for digits 7–4	0	0	0	0	1	1	1	1	0F
Code B decode for digits 7–0	1	1	1	1	1	1	1	1	FF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

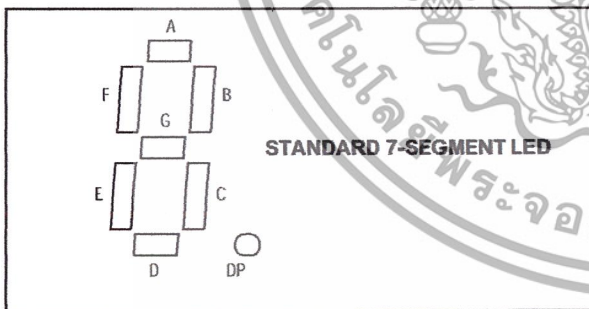
Serially Interfaced, 8-Digit LED Display Drivers

Table 5. Code B Font

7-SEGMENT CHARACTER	REGISTER DATA						ON SEGMENTS = 1							
	D7*	D6-D4	D3	D2	D1	D0	DP*	A	B	C	D	E	F	G
0		X	0	0	0	0		1	1	1	1	1	1	0
1		X	0	0	0	1		0	1	1	0	0	0	0
2		X	0	0	1	0		1	1	0	1	1	0	1
3		X	0	0	1	1		1	1	1	1	0	0	1
4		X	0	1	0	0		0	1	1	0	0	1	1
5		X	0	1	0	1		1	0	1	1	0	1	1
6		X	0	1	1	0		1	0	1	1	1	1	1
7		X	0	1	1	1		1	1	1	0	0	0	0
8		X	1	0	0	0		1	1	1	1	1	1	1
9		X	1	0	0	1		1	1	1	1	0	1	1
—		X	1	0	1	0		0	0	0	0	0	0	1
E		X	1	0	1	1		1	0	0	1	1	1	1
H		X	1	1	0	0		0	1	1	0	1	1	1
L		X	1	1	0	1		0	0	0	1	1	1	0
P		X	1	1	1	0		1	1	0	0	1	1	1
blank		X	1	1	1	1		0	0	0	0	0	0	0

*The decimal point is set by bit D7 = 1

Table 6. No-Decode Mode Data Bits and Corresponding Segment Lines



	REGISTER DATA							
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Corresponding Segment Line	DP	A	B	C	D	E	F	G

Intensity Control and Interdigit Blanking

The MAX7219/MAX7221 allow display brightness to be controlled with an external resistor (RSET) connected between V+ and ISET. The peak current sourced from the segment drivers is nominally 100 times the current entering ISET. This resistor can either be fixed or variable to allow brightness adjustment from the front panel. Its minimum value should be 9.53Ω, which typically sets the segment current at 40mA. Display brightness can also be controlled digitally by using the intensity register.

Digital control of display brightness is provided by an internal pulse-width modulator, which is controlled by the lower nibble of the intensity register. The modulator scales the average segment current in 16 steps from a maximum of 31/32 down to 1/32 of the peak current set by RSET (15/16 to 1/16 on MAX7221). Table 7 lists the intensity register format. The minimum interdigit blanking time is set to 1/32 of a cycle.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Serially Interfaced, 8-Digit LED Display Drivers

MAX7219/MAX7221

Table 7. Intensity Register Format (Address (Hex) = XA)

DUTY CYCLE		D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	HEX CODE
MAX7219	MAX7221									
1/32 (min on)	1/16 (min on)	X	X	X	X	0	0	0	0	X0
3/32	2/16	X	X	X	X	0	0	0	1	X1
5/32	3/16	X	X	X	X	0	0	1	0	X2
7/32	4/16	X	X	X	X	0	0	1	1	X3
9/32	5/16	X	X	X	X	0	1	0	0	X4
11/32	6/16	X	X	X	X	0	1	0	1	X5
13/32	7/16	X	X	X	X	0	1	1	0	X6
15/32	8/16	X	X	X	X	0	1	1	1	X7
17/32	9/16	X	X	X	X	1	0	0	0	X8
19/32	10/16	X	X	X	X	1	0	0	1	X9
21/32	11/16	X	X	X	X	1	0	1	0	XA
23/32	12/16	X	X	X	X	1	0	1	1	XB
25/32	13/16	X	X	X	X	1	1	0	0	XC
27/32	14/16	X	X	X	X	1	1	0	1	XD
29/32	15/16	X	X	X	X	1	1	1	0	XE
31/32	15/16 (max on)	X	X	X	X	1	1	1	1	XF

Table 8. Scan-Limit Register Format (Address (Hex) = XB)

SCAN LIMIT	REGISTER DATA								HEX CODE
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
Display digit 0 only*	X	X	X	X	X	0	0	0	X0
Display digits 0 & 1*	X	X	X	X	X	0	0	1	X1
Display digits 0 1 2*	X	X	X	X	X	0	1	0	X2
Display digits 0 1 2 3	X	X	X	X	X	0	1	1	X3
Display digits 0 1 2 3 4	X	X	X	X	X	1	0	0	X4
Display digits 0 1 2 3 4 5	X	X	X	X	X	1	0	1	X5
Display digits 0 1 2 3 4 5 6	X	X	X	X	X	1	1	0	X6
Display digits 0 1 2 3 4 5 6 7	X	X	X	X	X	1	1	1	X7

*See *Scan-Limit Register* section for application.

Scan-Limit Register

The scan-limit register sets how many digits are displayed, from 1 to 8. They are displayed in a multiplexed manner with a typical display scan rate of 800Hz with 8 digits displayed. If fewer digits are displayed, the scan rate is $8f_{osc}/N$, where N is the number of digits

scanned. Since the number of scanned digits affects the display brightness, the scan-limit register should not be used to blank portions of the display (such as leading zero suppression). Table 8 lists the scan-limit register format.

Serially Interfaced, 8-Digit LED Display Drivers

If the scan-limit register is set for three digits or less, individual digit drivers will dissipate excessive amounts of power. Consequently, the value of the RSET resistor must be adjusted according to the number of digits displayed, to limit individual digit driver power dissipation. Table 9 lists the number of digits displayed and the corresponding maximum recommended segment current when the digit drivers are used.

Display-Test Register

The display-test register operates in two modes: normal and display test. Display-test mode turns all LEDs on by overriding, but not altering, all controls and digit registers (including the shutdown register). In display-test mode, 8 digits are scanned and the duty cycle is 31/32 (15/16 for MAX7221). Table 10 lists the display-test register format.

Table 9. Maximum Segment Current for 1-, 2-, or 3-Digit Displays

NUMBER OF DIGITS DISPLAYED	MAXIMUM SEGMENT CURRENT (mA)
1	10
2	20
3	30

Table 10. Display-Test Register Format (Address (Hex) = XF)

MODE	REGISTER DATA							
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Normal Operation	X	X	X	X	X	X	X	0
Display Test Mode	X	X	X	X	X	X	X	1

Note: The MAX7219/MAX7221 remain in display-test mode (all LEDs on) until the display-test register is reconfigured for normal operation.

No-Op Register

The no-op register is used when cascading MAX7219s or MAX7221s. Connect all devices' LOAD/CS inputs together and connect DOUT to DIN on adjacent devices. DOUT is a CMOS logic-level output that easily drives DIN of successively cascaded parts. (Refer to the *Serial Addressing Modes* section for detailed information on serial input/output timing.) For example, if four MAX7219s are cascaded, then to write to the

fourth chip, sent the desired 16-bit word, followed by three no-op codes (hex XX0X, see Table 2). When LOAD/CS goes high, data is latched in all devices. The first three chips receive no-op commands, and the fourth receives the intended data.

Applications Information

Supply Bypassing and Wiring

To minimize power-supply ripple due to the peak digit driver currents, connect a 10µF electrolytic and a 0.1µF ceramic capacitor between V+ and GND as close to the device as possible. The MAX7219/MAX7221 should be placed in close proximity to the LED display, and connections should be kept as short as possible to minimize the effects of wiring inductance and electromagnetic interference. Also, both GND pins must be connected to ground.

Selecting RSET Resistor and Using External Drivers

The current per segment is approximately 100 times the current in ISET. To select RSET, see Table 11. The MAX7219/MAX7221's maximum recommended segment current is 40mA. For segment current levels above these levels, external digit drivers will be needed. In this application, the MAX7219/MAX7221 serve only as controllers for other high-current drivers or transistors. Therefore, to conserve power, use RSET = 47kΩ when using external current sources as segment drivers.

The example in Figure 2 uses the MAX7219/MAX7221's segment drivers, a MAX394 single-pole double-throw analog switch, and external transistors to drive 2.3" AND2307SLC common-cathode displays. The 5.6V zener diode has been added in series with the decimal point LED because the decimal point LED forward voltage is typically 4.2V. For all other segments the LED forward voltage is typically 8V. Since external transistors are used to sink current (DIG 0 and DIG 1 are used as logic switches), peak segment currents of 45mA are allowed even though only two digits are displayed. In applications where the MAX7219/MAX7221's digit drivers are used to sink current and fewer than four digits are displayed, Table 9 specifies the maximum allowable segment current. RSET must be selected accordingly (Table 11).

Refer to the Power Dissipation section of the Absolute Maximum Ratings to calculate acceptable limits for ambient temperature, segment current, and the LED forward-voltage drop.

Serially Interfaced, 8-Digit LED Display Drivers

MAX7219/MAX7221

Table 11. RSET vs. Segment Current and LED Forward Voltage

ISEG (mA)	VLED (V)				
	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
40	12.2	11.8	11.0	10.6	9.69
30	17.8	17.1	15.8	15.0	14.0
20	29.8	28.0	25.9	24.5	22.6
10	66.7	63.7	59.3	55.4	51.2

Table 12. Package Thermal Resistance Data

PACKAGE	THERMAL RESISTANCE (θJA)
24 Narrow DIP	+75°C/W
24 Wide SO	+85°C/W
24 CERDIP	+60°C/W
Maximum Junction Temperature (T _J) = +150°C	
Maximum Ambient Temperature (T _A) = +85°C	

Computing Power Dissipation

The upper limit for power dissipation (PD) for the MAX7219/MAX7221 is determined from the following equation:

$$PD = (V_+ \times 8mA) + (V_+ - V_{LED})(DUTY \times I_{SEG} \times N)$$

where:

V₊ = supply voltage

DUTY = duty cycle set by intensity register

N = number of segments driven (worst case is 8)

V_{LED} = LED forward voltage

I_{SEG} = segment current set by RSET

Dissipation Example:

$$I_{SEG} = 40mA, N = 8, DUTY = 31/32, V_{LED} = 1.8V \text{ at}$$

$$40mA, V_+ = 5.25V$$

$$PD = 5.25V(8mA) + (5.25V - 1.8V)(31/32 \times$$

$$40mA \times 8) = 1.11W$$

Thus, for a CERDIP package (θ_{JA} = +60°C/W from Table 12), the maximum allowed ambient temperature T_A is given by:

$$T_{J(MAX)} = T_A + PD \times \theta_{JA} + 150^\circ C = T_A + 1.11W \times 60^\circ C/W$$

where T_A = +83.4°C.

Cascading Drivers

The example in Figure 3 drives 16 digits using a 3-wire μP interface. If the number of digits is not a multiple of 8, set both drivers' scan-limit registers to the same number so one display will not appear brighter than the other. For example, if 12 digits are needed, use 6 digits per display with both scan-limit registers set for 6 digits so that both displays have a 1/6 duty cycle per digit. If 11 digits are needed, set both scan-limit registers for 6 digits and leave one digit driver unconnected. If one display for 6 digits and the other for 5 digits, the second display will appear brighter because its duty cycle per digit will be 1/5 while the first display's will be 1/6. Refer to the *No-Op Register* section for additional information.

Serially Interfaced, 8-Digit LED Display Drivers

MAX7219/MAX7221

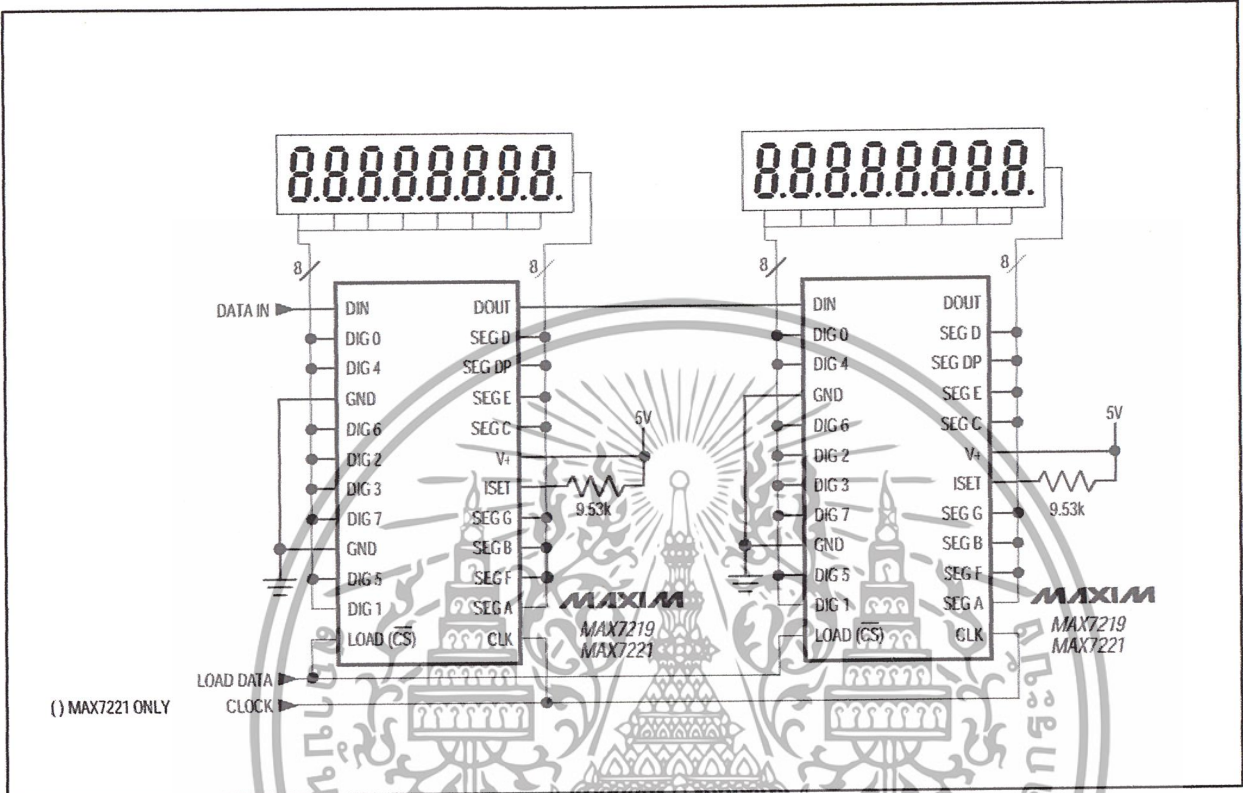


Figure 3. Cascading MAX7219/MAX7221s to Drive 16 7-Segment LED Digits

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

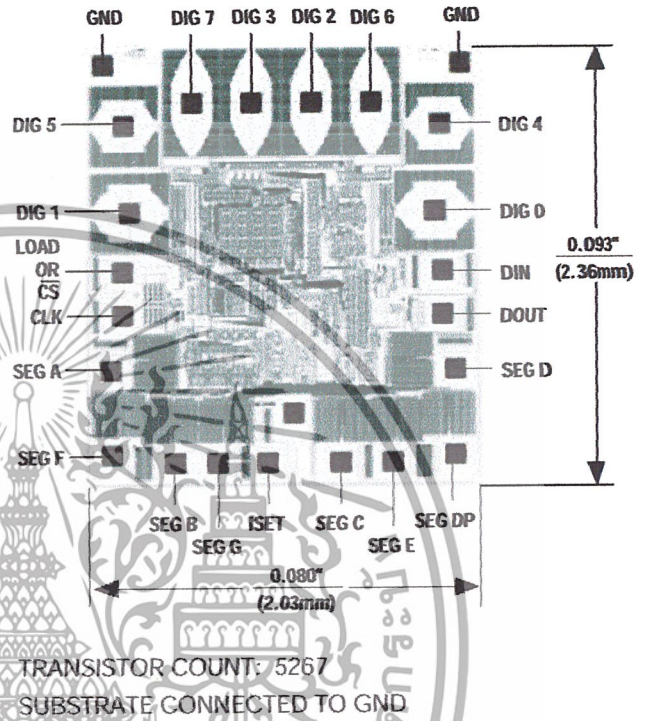
Serially Interfaced, 8-Digit LED Display Drivers

Ordering Information (continued)

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX7221CNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX7221CWG	0°C to +70°C	24 Wide SO
MAX7221C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX7221ENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX7221EWG	-40°C to +85°C	24 Wide SO
MAX7221ERG	-40°C to +85°C	24 Narrow CERDIP

*Dice are specified at $T_A = +25^\circ\text{C}$.

Chip Topography

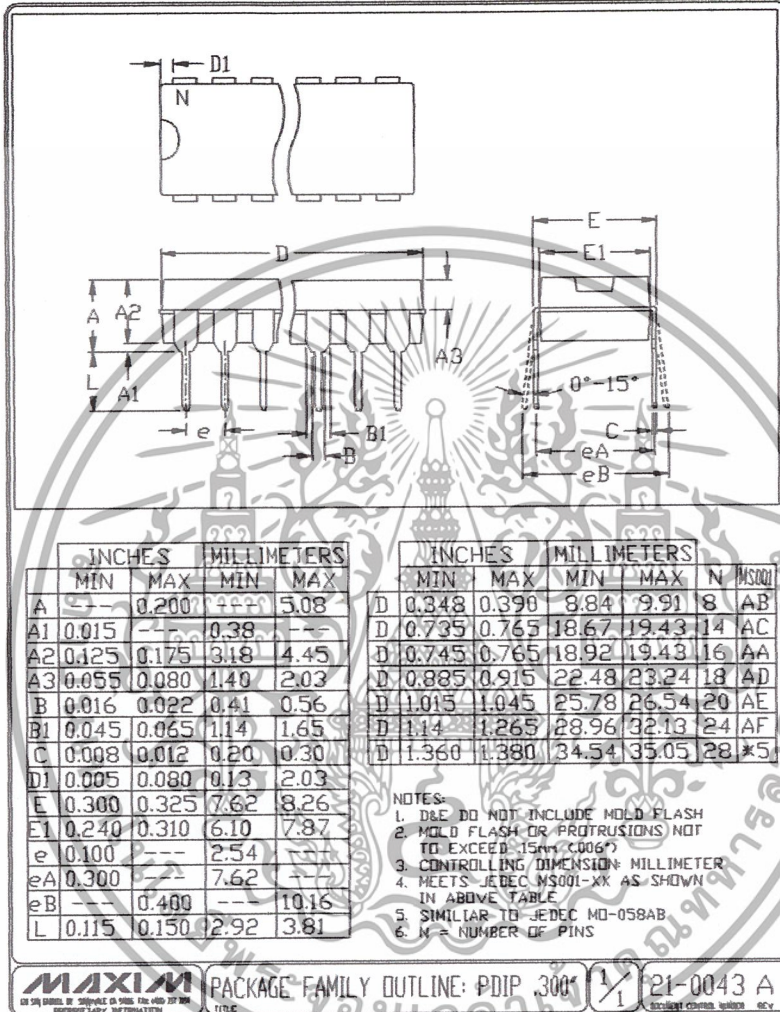


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Serially Interfaced, 8-Digit LED Display Drivers

Package Information

MAX7219MAX7221

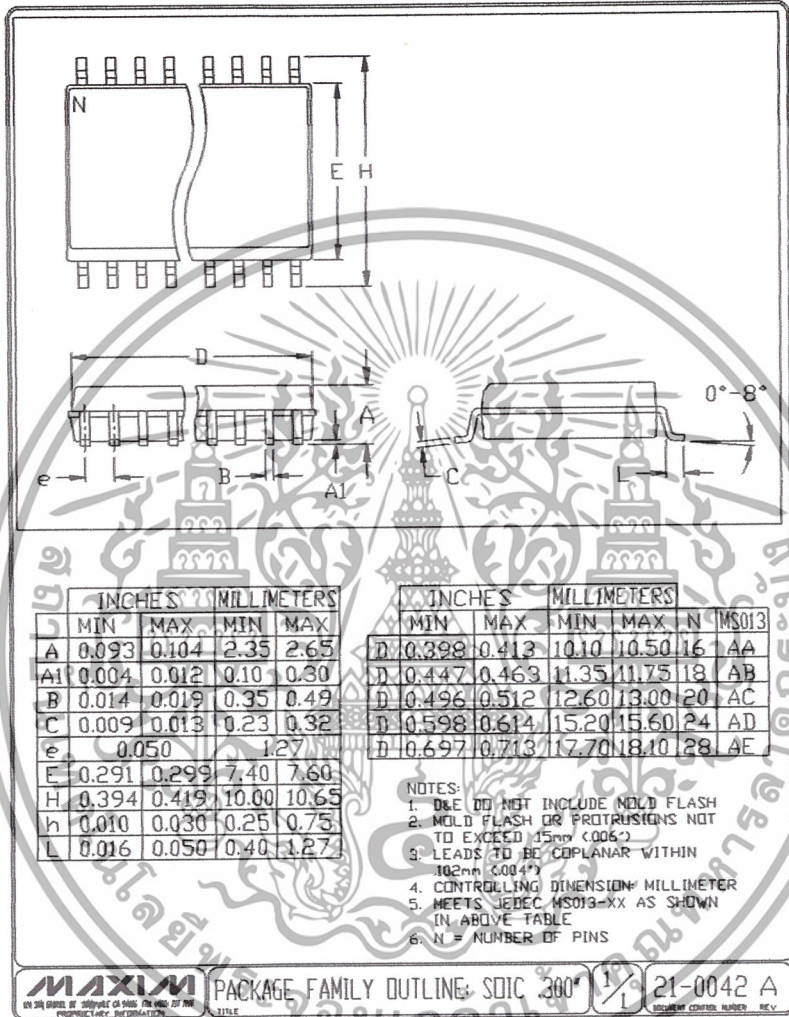


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Serially Interfaced, 8-Digit LED Display Drivers

Package Information (continued)

MAX7219/MAX7221



Maxim cannot assume responsibility for use of any circuitry other than circuitry entirely embodied in a Maxim product. No circuit patent licenses are implied. Maxim reserves the right to change the circuitry and specifications without notice at any time.

16 **Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600**

© 1997 Maxim Integrated Products

Printed USA

MAXIM is a registered trademark of Maxim Integrated Products.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC34060A MC33060A

Precision SWITCHMODE™ Pulse Width Modulator Control Circuit

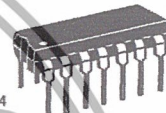
The MC34060A is a low cost fixed frequency, pulse width modulation control circuit designed primarily for single-ended SWITCHMODE power supply control.

The MC34060A is specified over the commercial operating temperature range of 0° to +70°C, and the MC33060A is specified over an automotive temperature range of -40° to +85°C.

- Complete Pulse Width Modulation Control Circuitry
- On-Chip Oscillator with Master or Slave Operation
- On-Chip Error Amplifiers
- On-Chip 5.0 V Reference, 1.5% Accuracy
- Adjustable Dead-Time Control
- Uncommitted Output Transistor Rated to 200 mA Source or Sink
- Undervoltage Lockout

PRECISION SWITCHMODE PULSE WIDTH MODULATOR CONTROL CIRCUIT

SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

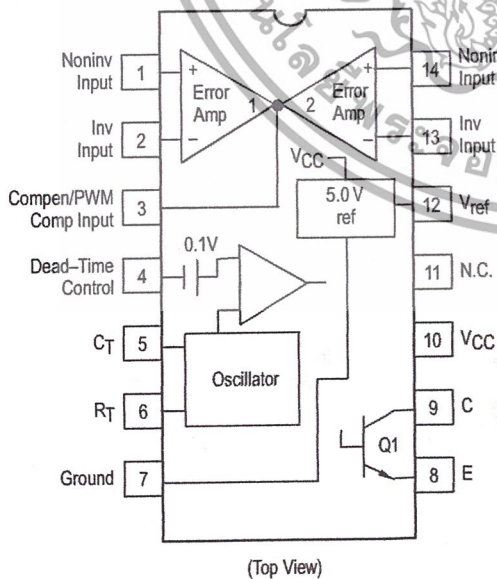


P SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 646



D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751A
(SO-14)

PIN CONNECTIONS



ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package
MC34060AD	$T_A = 0^\circ \text{ to } +70^\circ \text{C}$	SO-14
MC34060AP		Plastic DIP
MC33060AD	$T_A = -40^\circ \text{ to } +85^\circ \text{C}$	SO-14
MC33060AP		Plastic DIP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC34060A MC33060A

MAXIMUM RATINGS (Full operating ambient temperature range applies, unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	Value	Unit
Power Supply Voltage	V _{CC}	42	V
Collector Output Voltage	V _C	42	V
Collector Output Current (Note 1)	I _C	500	mA
Amplifier Input Voltage Range	V _{in}	-0.3 to +42	V
Power Dissipation @ T _A ≤ 45°C	P _D	1000	mW
Operating Junction Temperature	T _J	125	°C
Storage Temperature Range	T _{stg}	-55 to +125	°C
Operating Ambient Temperature Range For MC34060A For MC33060A	T _A	0 to +70 -40 to +85	°C

NOTES: 1. Maximum thermal limits must be observed.

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristics	Symbol	P Suffix Package	D Suffix Package	Unit
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	R _{θJA}	80	120	°C/W
Derating Ambient Temperature	T _A	45	45	°C

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

Condition/Value	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Power Supply Voltage	V _{CC}	7.0	15	40	V
Collector Output Voltage	V _C	—	30	40	V
Collector Output Current	I _C	—	—	200	mA
Amplifier Input Voltage	V _{in}	-0.3	—	V _{CC} -2	V
Current Into Feedback Terminal	I _{fb}	—	—	0.3	mA
Reference Output Current	I _{ref}	—	—	10	mA
Timing Resistor	R _T	1.8	47	500	kΩ
Timing Capacitor	C _T	0.00047	0.001	10	μF
Oscillator Frequency	f _{osc}	1.0	25	200	kHz
PWM Input Voltage (Pins 3 and 4)	—	-0.3	—	5.3	V

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{CC} = 15 V, C_T = 0.01 μF, R_T = 12 kΩ, unless otherwise noted. For typical values T_A = 25°C, for min/max values T_A is the operating ambient temperature range that applies, unless otherwise noted.)

Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
-----------------	--------	-----	-----	-----	------

REFERENCE SECTION

Reference Voltage (I _O = 1.0 mA, T _A 25°C) T _A = T _{low} to T _{high} — MC34060A — MC33060A	V _{ref}	4.925 4.9 4.85	5.0 — —	5.075 5.1 5.1	V
Line Regulation (V _{CC} = 7.0 V to 40 V, I _O = 10 mA)	Reg _{line}	—	2.0	25	mV
Load Regulation (I _O = 1.0 mA to 10 mA)	Reg _{load}	—	2.0	15	mV
Short Circuit Output Current (V _{ref} = 0 V)	I _{SC}	15	35	75	mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC34060A MC33060A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = 15\text{ V}$, $C_T = 0.01\ \mu\text{F}$, $R_T = 12\ \text{k}\Omega$, unless otherwise noted. For typical values $T_A = 25^\circ\text{C}$, for min/max values T_A is the operating ambient temperature range that applies, unless otherwise noted.)

Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
OUTPUT SECTION					
Collector Off-State Current ($V_{CC} = 40\text{ V}$, $V_{CE} = 40\text{ V}$)	$I_{C(off)}$	–	2.0	100	μA
Emitter Off-State Current ($V_{CC} = 40\text{ V}$, $V_{CE} = 40\text{ V}$, $V_E = 0\text{ V}$)	$I_{E(off)}$	–	–	–100	μA
Collector-Emitter Saturation Voltage (Note 2) Common-Emitter ($V_E = 0\text{ V}$, $I_C = 200\text{ mA}$) Emitter-Follower ($V_C = 15\text{ V}$, $I_E = -200\text{ mA}$)	$V_{sat(C)}$ $V_{sat(E)}$	–	1.1 1.5	1.5 2.5	V
Output Voltage Rise Time ($T_A = 25^\circ\text{C}$) Common-Emitter (See Figure 12) Emitter-Follower (See Figure 13)	t_r	– –	100 100	200 200	ns
Output Voltage Fall Time ($T_A = 25^\circ\text{C}$) Common-Emitter (See Figure 12) Emitter-Follower (See Figure 13)	t_f	– –	40 40	100 100	ns
ERROR AMPLIFIER SECTION					
Input Offset Voltage ($V_{O[Pin\ 3]} = 2.5\text{ V}$)	V_{IO}	–	2.0	10	mV
Input Offset Current ($V_{C[Pin\ 3]} = 2.5\text{ V}$)	I_{IO}	–	5.0	250	nA
Input Bias current ($V_{O[Pin\ 3]} = 2.5\text{ V}$)	I_{IB}	–	–0.1	–2.0	μA
Input Common Mode Voltage Range ($V_{CC} = 40\text{ V}$)	V_{ICR}	0 to $V_{CC} - 2.0$	–	–	V
Inverting Input Voltage Range	$V_{IR(INV)}$	–0.3 to $V_{CC} - 2.0$	–	–	V
Open-Loop Voltage Gain ($\Delta V_O = 3.0\text{ V}$, $V_O = 0.5\text{ V}$ to 3.5 V , $R_L = 2.0\ \text{k}\Omega$)	A_{VOL}	70	95	–	dB
Unity-Gain Crossover Frequency ($V_O = 0.5\text{ V}$ to 3.5 V , $R_L = 2.0\ \text{k}\Omega$)	f_c	–	600	–	kHz
Phase Margin at Unity-Gain ($V_O = 0.5\text{ V}$ to 3.5 V , $R_L = 2.0\ \text{k}\Omega$)	ϕ_m	–	65	–	deg.
Common Mode Rejection Ratio ($V_{CC} = 40\text{ V}$, $V_{in} = 0\text{ V}$ to 38 V)	CMRR	65	90	–	dB
Power Supply Rejection Ratio ($\Delta V_{CC} = 33\text{ V}$, $V_O = 2.5\text{ V}$, $R_L = 2.0\ \text{k}\Omega$)	PSRR	–	100	–	dB
Output Sink Current ($V_{O[Pin\ 3]} = 0.7\text{ V}$)	I_{O-}	0.3	0.7	–	mA
Output Source Current ($V_{O[Pin\ 3]} = 3.5\text{ V}$)	I_{O+}	–2.0	–4.0	–	mA

NOTES: 2. Low duty cycle techniques are used during test to maintain junction temperature as close to ambient temperatures as possible.

$T_{low} = -40^\circ\text{C}$ for MC33060A
= 0°C for MC34060A

$T_{high} = +85^\circ\text{C}$ for MC33060A
= $+70^\circ\text{C}$ for MC34060A

MC34060A MC33060A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = 15\text{ V}$, $C_T = 0.01\ \mu\text{F}$, $R_T = 12\ \text{k}\Omega$, unless otherwise noted. For typical values $T_A = 25^\circ\text{C}$, for min/max values T_A is the operating ambient temperature range that applies, unless otherwise noted.)

Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
-----------------	--------	-----	-----	-----	------

PWM COMPARATOR SECTION (Test circuit Figure 11)

Input Threshold Voltage (Zero Duty Cycle)	V_{TH}	–	3.5	4.5	V
Input Sink Current ($V_{[Pin\ 3]} = 0.7\ \text{V}$)	I_I	0.3	0.7	–	mA

DEAD-TIME CONTROL SECTION (Test circuit Figure 11)

Input Bias Current (Pin 4) ($V_{in} = 0\ \text{V}$ to $5.25\ \text{V}$)	$I_{IB(DT)}$	–	–1.0	–10	μA
Maximum Output Duty Cycle ($V_{in} = 0\ \text{V}$, $C_T = 0.01\ \mu\text{F}$, $R_T = 12\ \text{k}\Omega$) ($V_{in} = 0\ \text{V}$, $C_T = 0.001\ \mu\text{F}$, $R_T = 47\ \text{k}\Omega$)	DC_{max}	90 –	96 92	100 –	%
Input Threshold Voltage (Pin 4) (Zero Duty Cycle) (Maximum Duty Cycle)	V_{TH}	– 0	2.8 –	3.3 –	V

OSCILLATOR SECTION

Frequency ($C_T = 0.01\ \mu\text{F}$, $R_T = 12\ \text{k}\Omega$, $T_A = 25^\circ\text{C}$) $T_A = T_{low}$ to T_{high} – MC34060A – MC33060A ($C_T = 0.001\ \mu\text{F}$, $R_T = 47\ \text{k}\Omega$)	f_{osc}	9.7 9.5 9.0 –	10.5 – – 25	11.3 11.5 11.5 –	kHz
Standard Deviation of Frequency* ($C_T = 0.001\ \mu\text{F}$, $R_T = 47\ \text{k}\Omega$)	σ_{osc}	–	1.5	–	%
Frequency Change with Voltage ($V_{CC} = 7.0\ \text{V}$ to $40\ \text{V}$)	$\Delta f_{osc}(\Delta V)$	–	0.5	2.0	%
Frequency Change with Temperature ($\Delta T_A = T_{low}$ to T_{high}) ($C_T = 0.01\ \mu\text{F}$, $R_T = 12\ \text{k}\Omega$)	$\Delta f_{osc}(\Delta T)$	–	4.0 –	– –	%

UNDERVOLTAGE LOCKOUT SECTION

Turn-On Threshold (V_{CC} increasing, $I_{ref} = 1.0\ \text{mA}$)	V_{th}	4.0	4.7	5.5	V
Hysteresis	V_H	50	150	300	mV

TOTAL DEVICE

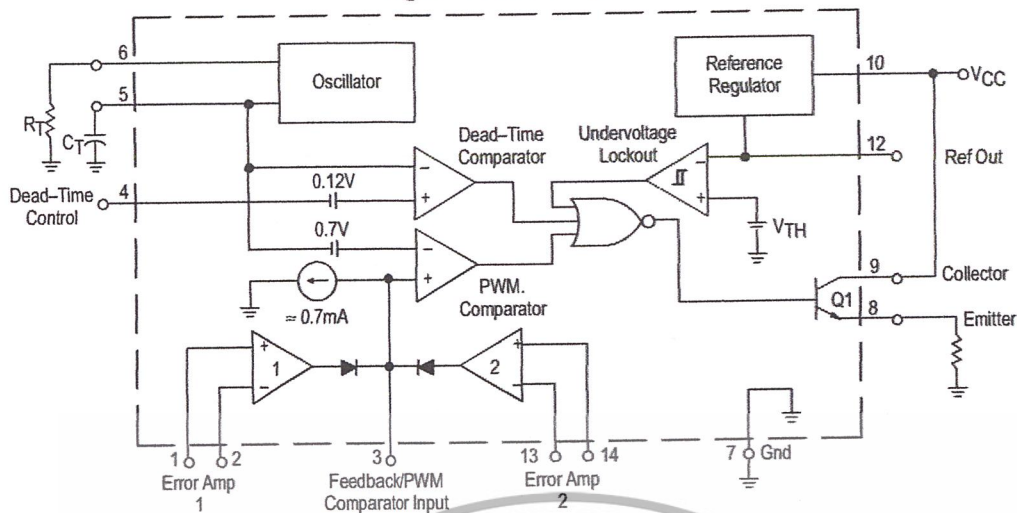
Standby Supply Current (Pin 6 at V_{ref} , all other inputs and outputs open) ($V_{CC} = 15\ \text{V}$) ($V_{CC} = 40\ \text{V}$)	I_{CC}	– –	5.5 7.0	10 15	mA
Average Supply Current ($V_{[Pin\ 4]} = 2.0\ \text{V}$, $C_T = 0.001\ \mu\text{F}$, $R_T = 47\ \text{k}\Omega$). See Figure 11.	I_S	–	7.0	–	mA

*Standard deviation is a measure of the statistical distribution about the mean as derived from the formula: $\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_n - \bar{x})^2}{n - 1}}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC34060A MC33060A

Figure 1. Block Diagram



This device contains 46 active transistors.

Description

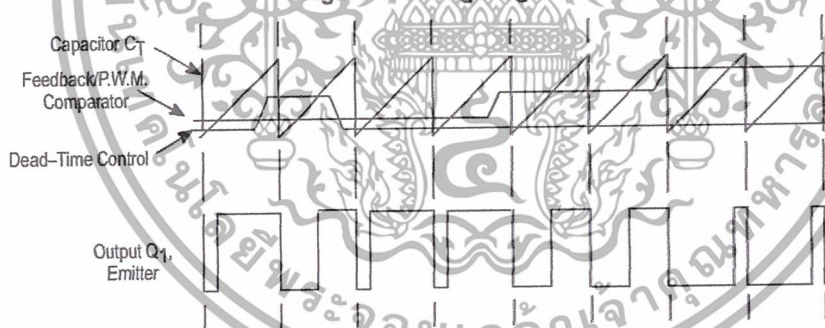
The MC34060A is a fixed-frequency pulse width modulation control circuit, incorporating the primary building blocks required for the control of a switching power supply (see Figure 1). An internal linear sawtooth oscillator is frequency-programmable by two external components, R_T and C_T . The approximate oscillator frequency is determined by:

$$f_{osc} \approx \frac{1.2}{R_T \cdot C_T}$$

For more information refer to Figure 3.

Output pulse width modulation is accomplished by comparison of the positive sawtooth waveform across capacitor C_T to either of two control signals. The output is enabled only during that portion of time when the sawtooth voltage is greater than the control signals. Therefore, an increase in control-signal amplitude causes a corresponding linear decrease of output pulse width. (Refer to the Timing Diagram shown in Figure 2.)

Figure 2. Timing Diagram



APPLICATIONS INFORMATION

The control signals are external inputs that can be fed into the dead-time control, the error amplifier inputs, or the feedback input. The dead-time control comparator has an effective 120 mV input offset which limits the minimum output dead time to approximately the first 4% of the sawtooth-cycle time. This would result in a maximum duty cycle of 96%. Additional dead time may be imposed on the output by setting the dead-time-control input to a fixed voltage, ranging between 0 V to 3.3 V.

The pulse width modulator comparator provides a means for the error amplifiers to adjust the output pulse width from the maximum percent on-time, established by the dead time control input, down to zero, as the voltage at the feedback pin

varies from 0.5 V to 3.5 V. Both error amplifiers have a common mode input range from -0.3 V to $(V_{CC} - 2.0)$ V, and may be used to sense power supply output voltage and current. The error-amplifier outputs are active high and are ORed together at the noninverting input of the pulse-width modulator comparator. With this configuration, the amplifier that demands minimum output on time, dominates control of the loop.

The MC34060A has an internal 5.0 V reference capable of sourcing up to 10 mA of load currents for external bias circuits. The reference has an internal accuracy of $\pm 5\%$ with a typical thermal drift of less than 50 mV over an operating temperature range of 0° to $+70^\circ$ C.

Figure 3. Oscillator Frequency versus Timing Resistance

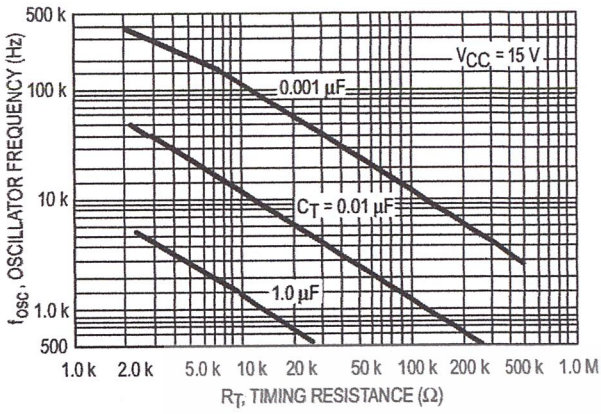


Figure 4. Open Loop Voltage Gain and Phase versus Frequency

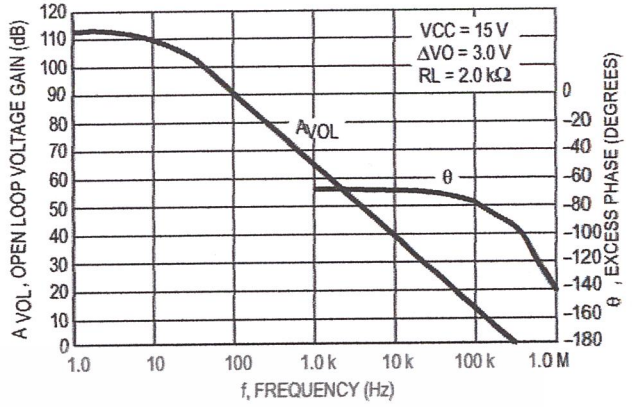


Figure 5. Percent Deadtime versus Oscillator Frequency

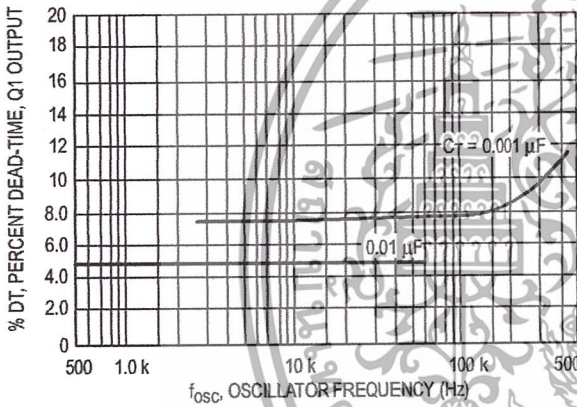


Figure 6. Percent Duty Cycle versus Dead-Time Control Voltage

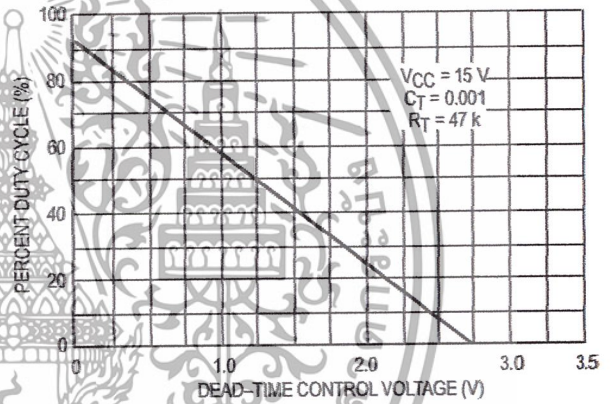


Figure 7. Emitter-Follower Configuration Output Saturation Voltage versus Emitter Current

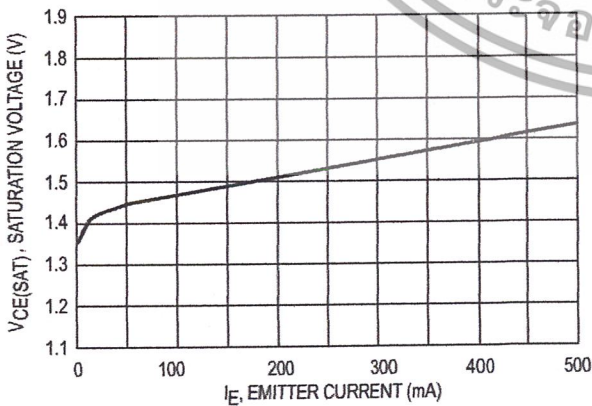
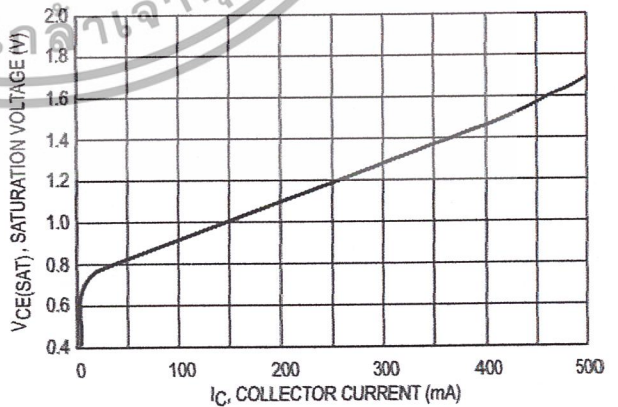


Figure 8. Common-Emitter Configuration Output Saturation Voltage versus Collector Current



MC34060A MC33060A

Figure 9. Standby Supply Current versus Supply Voltage

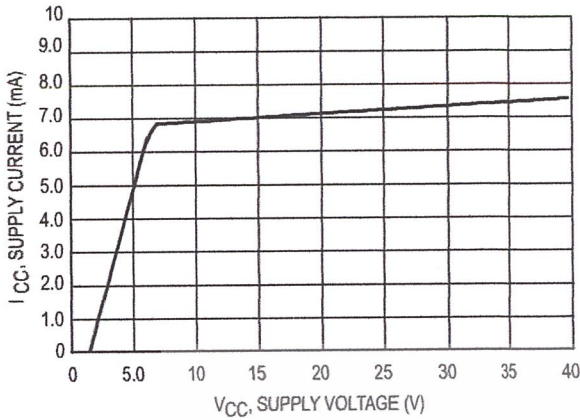


Figure 10. Undervoltage Lockout Thresholds versus Reference Load Current

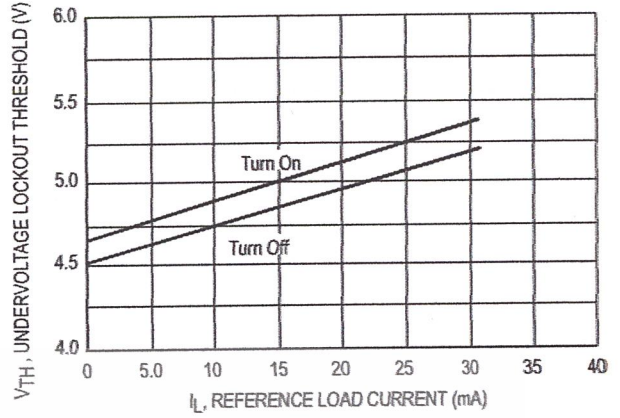


Figure 11. Error Amplifier Characteristics

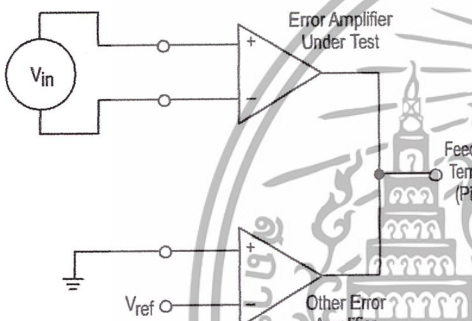


Figure 12. Deadtime and Feedback Control

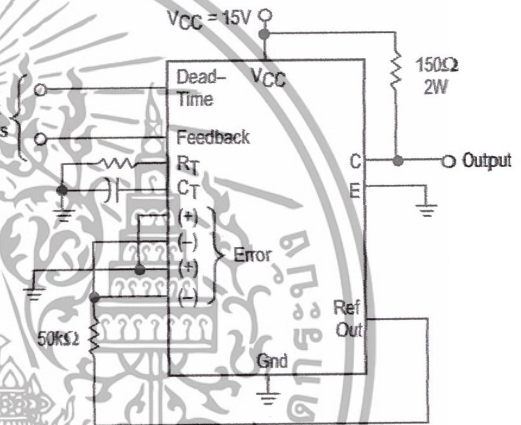


Figure 13. Common-Emitter Configuration and Waveform

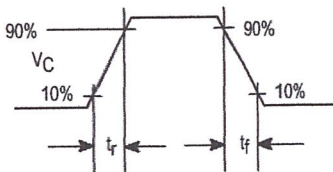
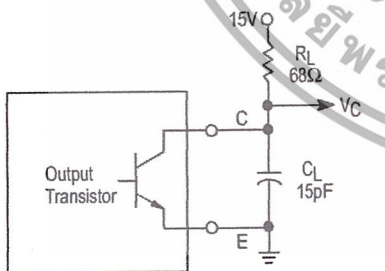
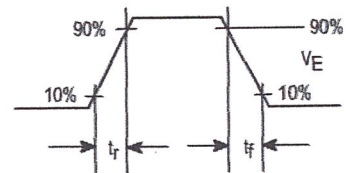
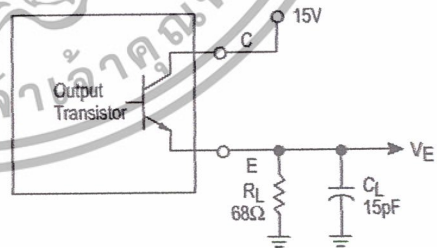


Figure 14. Emitter-Follower Configuration and Waveform



MC34060A MC33060A

Figure 15. Error Amplifier Sensing Techniques

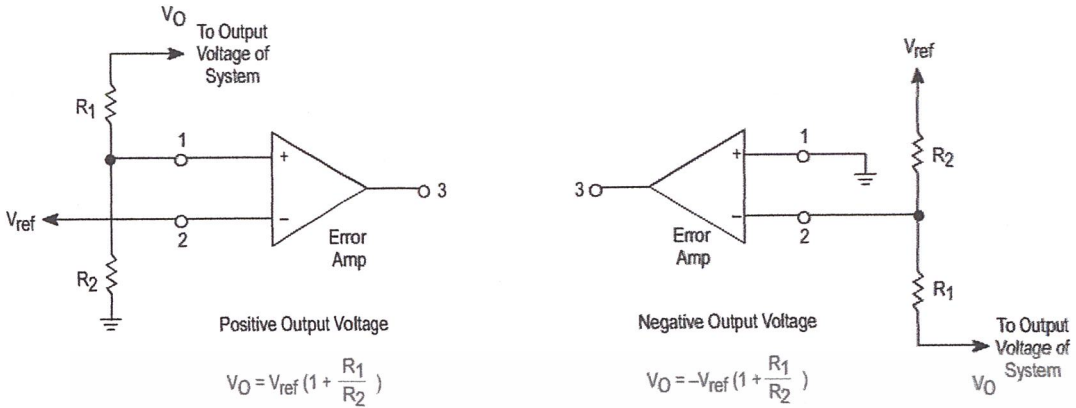


Figure 16. Deadtime Control Circuit

Figure 17. Soft-Start Circuit

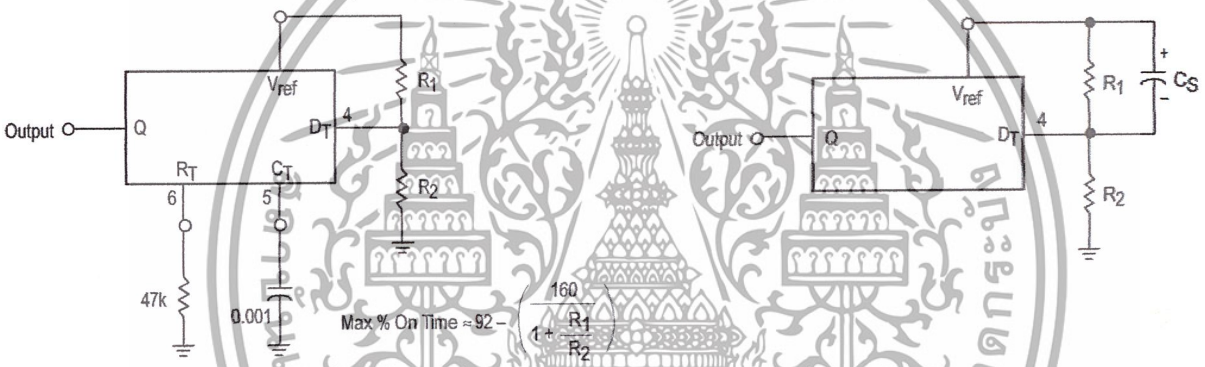
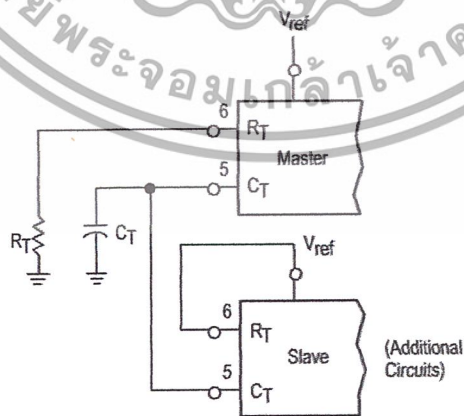
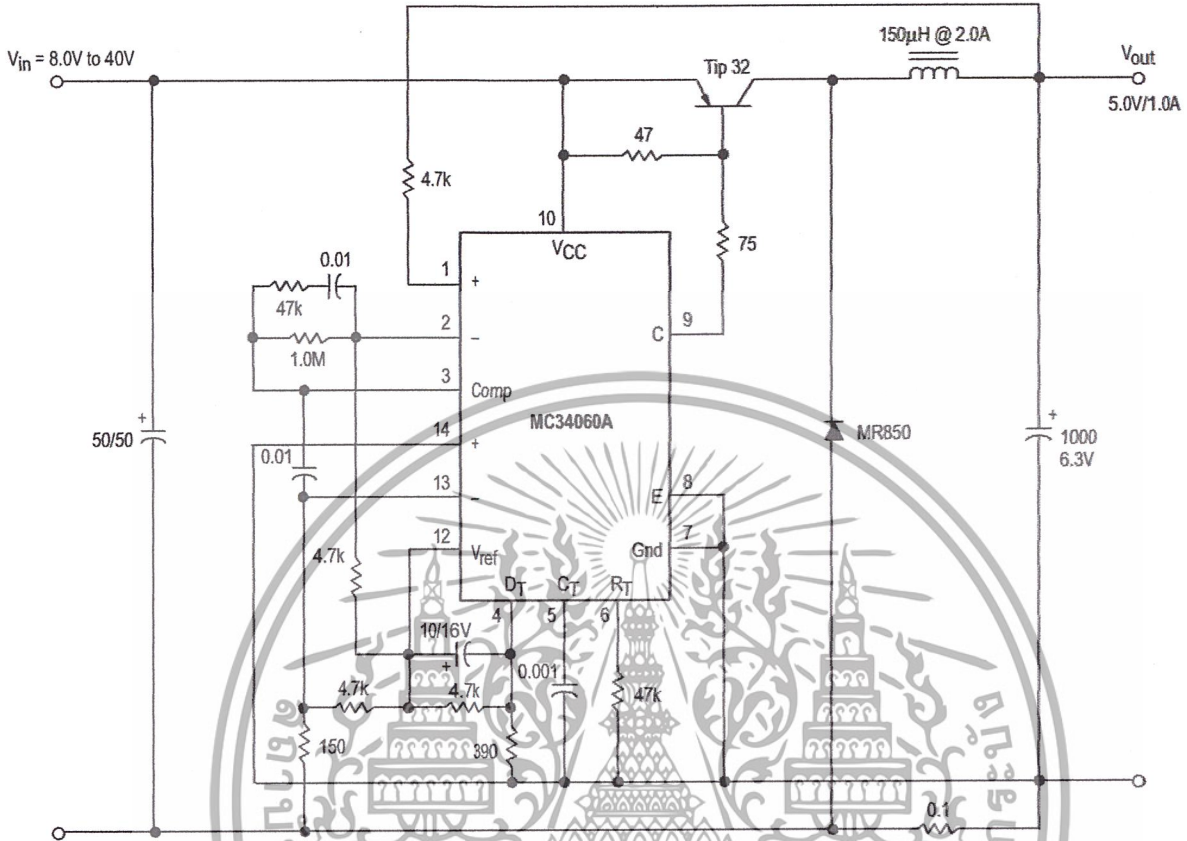


Figure 18. Slaving Two or More Control Circuits



MC34060A MC33060A

Figure 19. Step-Down Converter with Soft-Start and Output Current Limiting

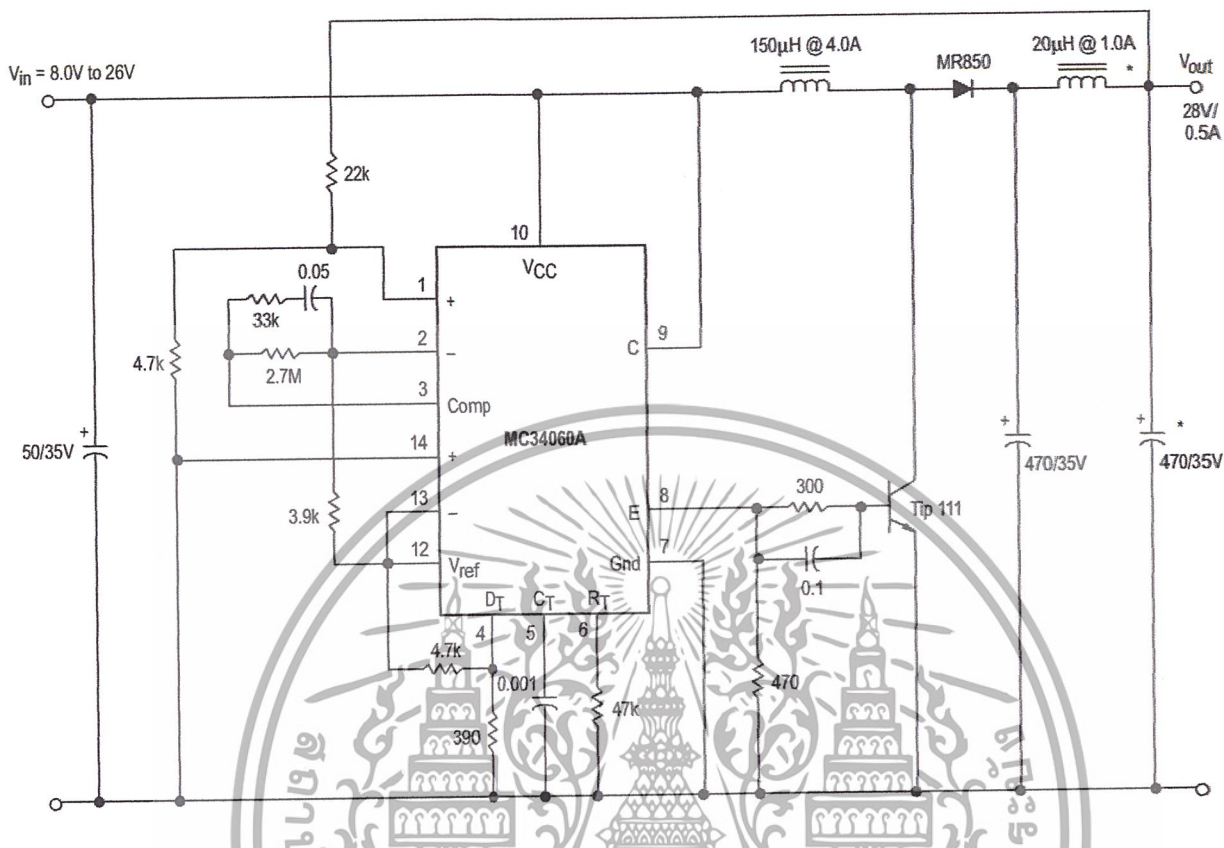


Test	Conditions	Results
Line Regulation	$V_{in} = 8.0\text{ V to }40\text{ V}, I_O = 1.0\text{ A}$	25 mV 0.5%
Load Regulation	$V_{in} = 12\text{ V}, I_O = 1.0\text{ mA to }1.0\text{ A}$	3.0 mV 0.03%
Output Ripple	$V_{in} = 12\text{ V}, I_O = 1.0\text{ A}$	75 mV p-p P.A.R.D.
Short Circuit Current	$V_{in} = 12\text{ V}, R_L = 0.1\ \Omega$	1.6 A
Efficiency	$V_{in} = 12\text{ V}, I_O = 1.0\text{ A}$	73%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC34060A MC33060A

Figure 20. Step-Up Converter

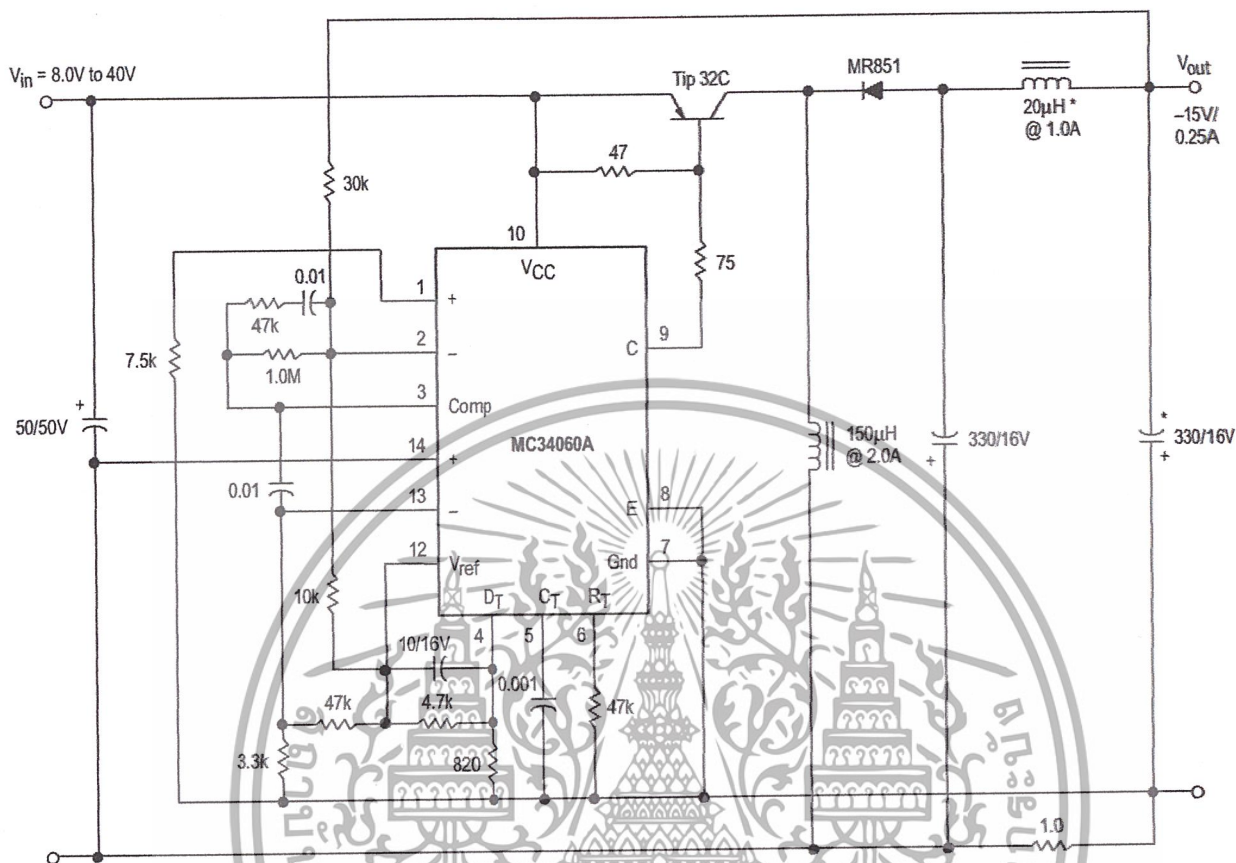


Test	Conditions	Results
Line Regulation	$V_{in} = 8.0 \text{ V to } 26 \text{ V}, I_O = 0.5 \text{ A}$	40 mV 0.14%
Load Regulation	$V_{in} = 12 \text{ V}, I_O = 1.0 \text{ mA to } 0.5 \text{ A}$	5.0 mV 0.18%
Output Ripple	$V_{in} = 12 \text{ V}, I_O = 0.5 \text{ A}$	24 mV p-p P.A.R.D.
Efficiency	$V_{in} = 12 \text{ V}, I_O = 0.5 \text{ A}$	75%

* Optional circuit to minimize output ripple

MC34060A MC33060A

Figure 21. Step-Up/Down Voltage Inverting Converter with Soft-Start and Current Limiting

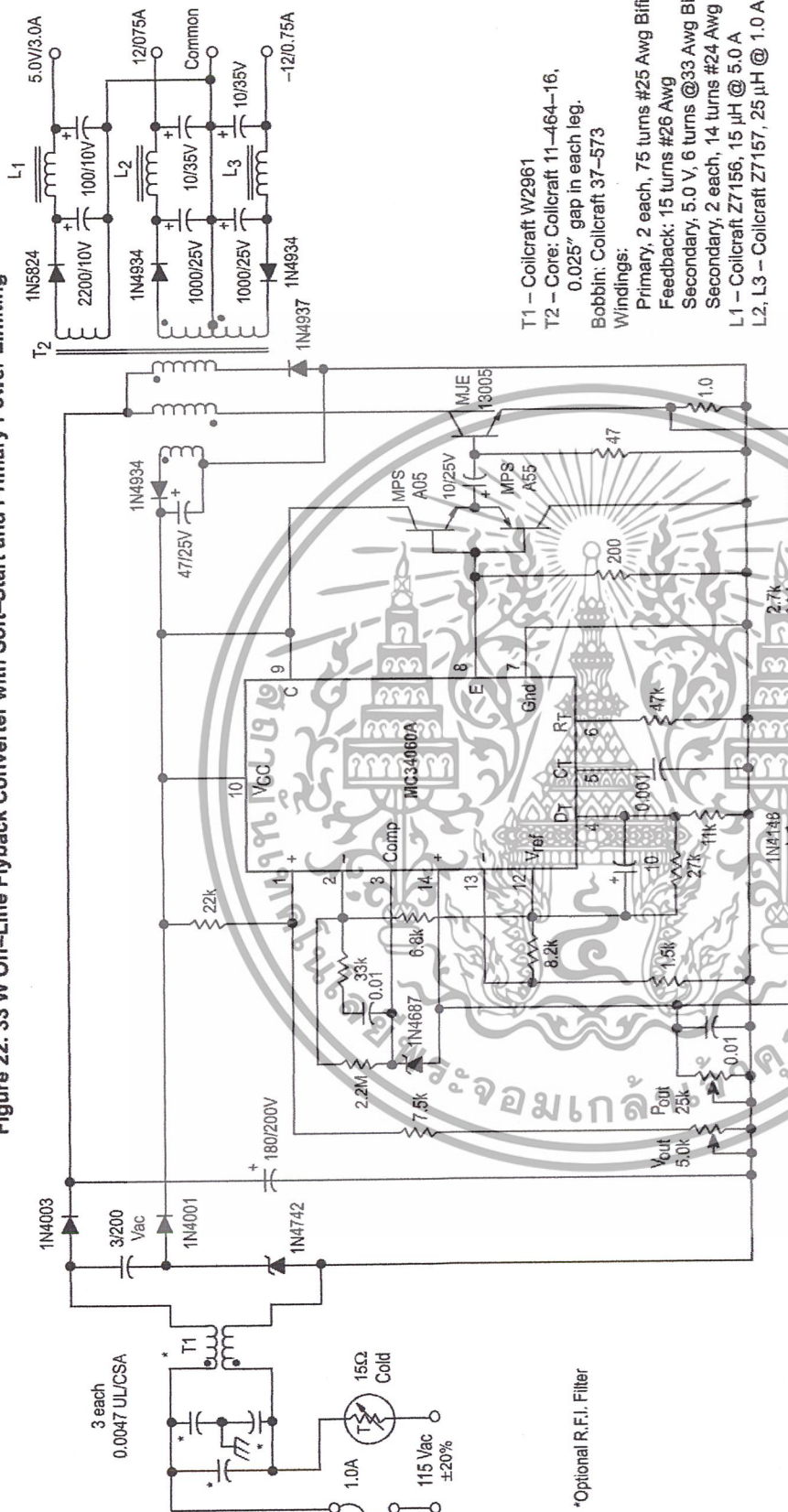


Test	Conditions	Results
Line Regulation	$V_{in} = 8.0\text{ V to }40\text{ V}, I_O = 250\text{ mA}$	52 mV 0.35%
Load Regulation	$V_{in} = 12\text{ V}, I_O = 1.0\text{ to }250\text{ mA}$	47 mV 0.32%
Output Ripple	$V_{in} = 12\text{ V}, I_O = 250\text{ mA}$	10 mV p-p P.A.R.D.
Short Circuit Current	$V_{in} = 12\text{ V}, R_L = 0.1\ \Omega$	330 mA
Efficiency	$V_{in} = 12\text{ V}, I_O = 250\text{ mA}$	86%

* Optional circuit to minimize output ripple

MC34060A MC33060A

Figure 22. 33 W Off-Line Flyback Converter with Soft-Start and Primary Power Limiting



- T1 - Coilcraft W2961
- T2 - Core: Coilcraft 11-464-16,
0.025" gap in each leg.
- Bobbin: Coilcraft 37-573
- Windings:
 Primary, 2 each, 75 turns #25 Awg Bifilar wound
 Feedback: 15 turns #26 Awg
 Secondary, 5.0 V, 6 turns @33 Awg Bifilar wound
 Secondary, 2 each, 14 turns #24 Awg Bifilar wound
 L1 - Coilcraft Z7156, 15 μ H @ 5.0 A
 L2, L3 - Coilcraft Z7157, 25 μ H @ 1.0 A

Test	Conditions	Results
Line Regulation 5.0 V	$V_{in} = 95 \text{ Vac}$ to 135 Vac , $I_O = 3.0 \text{ A}$	20 mV 0.40%
Line Regulation $\pm 12 \text{ V}$	$V_{in} = 95 \text{ Vac}$ to 135 Vac , $I_O = \pm 0.75 \text{ A}$	52 mV 0.26%
Load Regulation 5.0 V	$V_{in} = 115 \text{ Vac}$, $I_O = 1.0 \text{ A}$ to 4.0 A	476 mV 9.5%
Load Regulation $\pm 12 \text{ V}$	$V_{in} = 115 \text{ Vac}$, $I_O = \pm 0.4 \text{ A}$ to $\pm 0.9 \text{ A}$	300 mV 2.5%
Output Ripple 5.0 V	$V_{in} = 115 \text{ Vac}$, $I_O = 3.0 \text{ A}$	45 mV p-p P.A.R.D.
Output Ripple $\pm 12 \text{ V}$	$V_{in} = 115 \text{ Vac}$, $I_O = \pm 0.75 \text{ A}$	75 mV p-p P.A.R.D.
Efficiency	$V_{in} = 115 \text{ Vac}$, $I_O 5.0 \text{ V} = 3.0 \text{ A}$ $I_O \pm 12 \text{ V} = \pm 0.75 \text{ A}$	74%

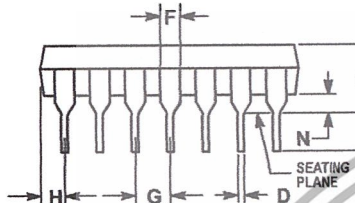
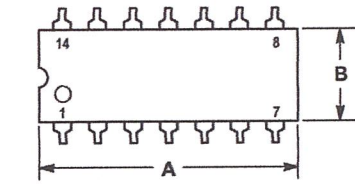
*Optional R.F.I. Filter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC34060A MC33060A

OUTLINE DIMENSIONS

P SUFFIX PLASTIC PACKAGE CASE 646-06 ISSUE L

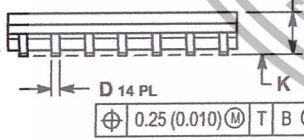
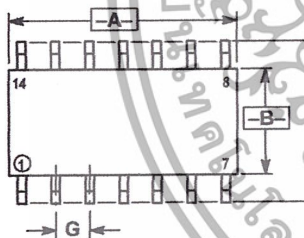


NOTES:

- LEADS WITHIN 0.13 (0.005) RADIUS OF TRUE POSITION AT SEATING PLANE AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.
- DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
- DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.
- ROUNDED CORNERS OPTIONAL.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.715	0.770	18.16	19.56
B	0.240	0.260	6.10	6.60
C	0.145	0.185	3.69	4.69
D	0.015	0.021	0.38	0.53
F	0.040	0.070	1.02	1.78
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.052	0.095	1.32	2.41
J	0.008	0.015	0.20	0.38
K	0.115	0.135	2.92	3.43
L	0.300 BSC		7.62 BSC	
M	0°	10°	0°	10°
N	0.015	0.039	0.39	1.01

D SUFFIX PLASTIC PACKAGE CASE 751A-03 (SO-14) ISSUE F



NOTES:

- DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
- CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
- DIMENSIONS A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
- MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006) PER SIDE.
- DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.127 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF THE D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	8.65	8.75	0.337	0.344
B	3.90	4.00	0.150	0.157
C	1.35	1.75	0.054	0.069
D	0.35	0.49	0.014	0.019
F	0.40	1.25	0.016	0.049
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
J	0.19	0.25	0.008	0.009
K	0.10	0.25	0.004	0.009
M	0°	7°	0°	7°
P	5.80	6.20	0.228	0.244
R	0.25	0.50	0.010	0.019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC34060A MC33060A
NOTES




MC34060A MC33060A
NOTES



MC34060A MC33060A



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

How to reach us:

USA/EUROPE/Locations Not Listed: Motorola Literature Distribution;
P.O. Box 20912; Phoenix, Arizona 85036. 1-800-441-2447 or 602-303-5454

MFAX: RMFAX0@email.sps.mot.com – TOUCHTONE 602-244-6609
INTERNET: <http://Design-NET.com>

JAPAN: Nippon Motorola Ltd.; Tatsumi-SPD-JLDC, 6F Seibu-Butsuryu-Center,
3-14-2 Tatsumi Koto-Ku, Tokyo 135, Japan. 03-81-3521-8315

ASIA/PACIFIC: Motorola Semiconductors H.K. Ltd.; 8B Tai Ping Industrial Park,
51 Ting Kok Road, Tai Po, N.T., Hong Kong. 852-26629298



MOTOROLA

MC34060A/D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรใช้เพื่อการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DAC0808 8-Bit D/A Converter

General Description

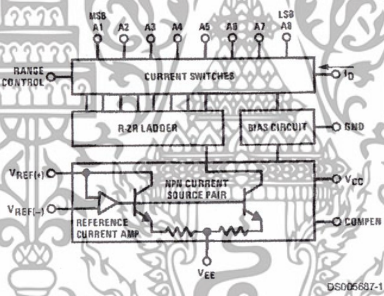
The DAC0808 is an 8-bit monolithic digital-to-analog converter (DAC) featuring a full scale output current settling time of 150 ns while dissipating only 33 mW with $\pm 5V$ supplies. No reference current (I_{REF}) trimming is required for most applications since the full scale output current is typically ± 1 LSB of $255 I_{REF}/256$. Relative accuracies of better than $\pm 0.19\%$ assure 8-bit monotonicity and linearity while zero level output current of less than $4 \mu A$ provides 8-bit zero accuracy for $I_{REF} \geq 2$ mA. The power supply currents of the DAC0808 is independent of bit codes, and exhibits essentially constant device characteristics over the entire supply voltage range.

The DAC0808 will interface directly with popular TTL, DTL or CMOS logic levels, and is a direct replacement for the MC1508/MC1408. For higher speed applications, see DAC0800 data sheet.

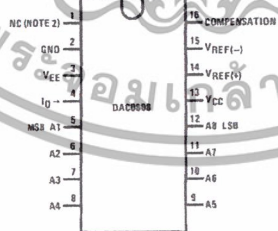
Features

- Relative accuracy: $\pm 0.19\%$ error maximum
- Full scale current match: ± 1 LSB typ
- Fast settling time: 150 ns typ
- Noninverting digital inputs are TTL and CMOS compatible
- High speed multiplying input slew rate: 8 mA/ μs
- Power supply voltage range: $\pm 4.5V$ to $\pm 18V$
- Low power consumption: 33 mW @ $\pm 5V$

Block and Connection Diagrams



Dual-In-Line Package

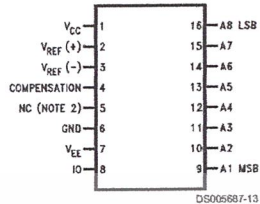


Top View
Order Number DAC0808
See NS Package M16A or N16A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block and Connection Diagrams (Continued)

Small-Outline Package

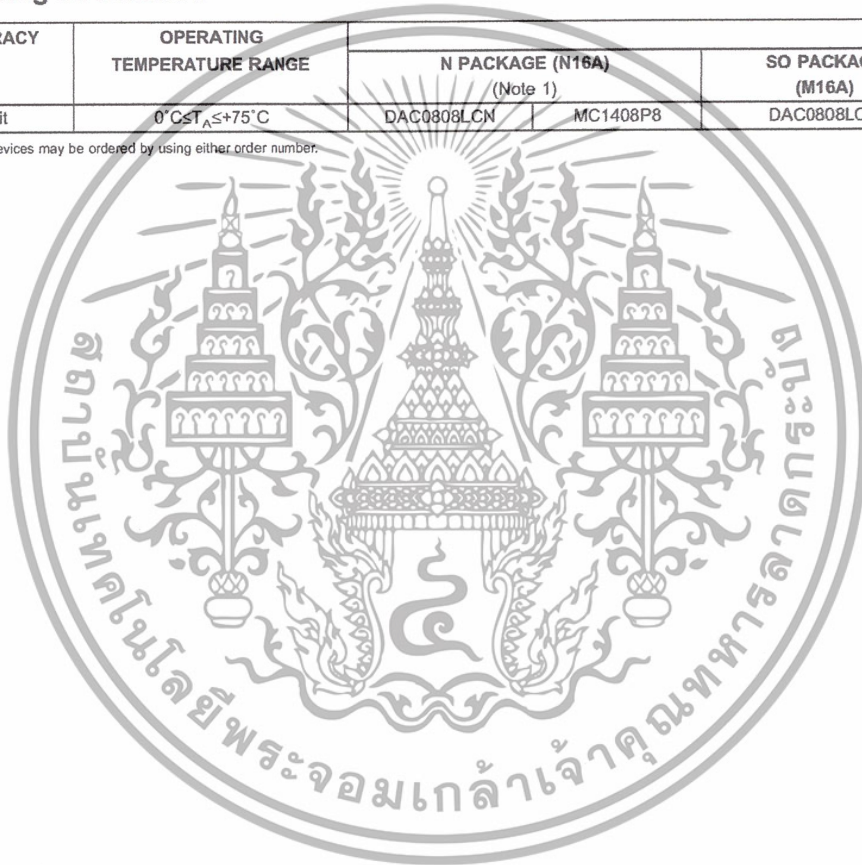


DS006687-13

Ordering Information

ACCURACY	OPERATING TEMPERATURE RANGE	N PACKAGE (N16A) (Note 1)		SO PACKAGE (M16A)
		DAC0808LCN	MC1408P8	DAC0808LCM
8-bit	$0^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +75^{\circ}\text{C}$			

Note 1: Devices may be ordered by using either order number.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note 2)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Power Supply Voltage

V_{CC}	+18 V_{DC}
V_{EE}	-18 V_{DC}

Digital Input Voltage, V_5 - V_{12} -10 V_{DC} to +18 V_{DC}

Applied Output Voltage, V_O -11 V_{DC} to +18 V_{DC}

Reference Current, I_{14} 5 mA

Reference Amplifier Inputs, V_{14} , V_{15} V_{CC} , V_{EE}

Power Dissipation (Note 4) 1000 mW

ESD Susceptibility (Note 5) TBD

Storage Temperature Range

-65°C to +150°C

Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)

Dual-In-Line Package (Plastic) 260°C

Dual-In-Line Package (Ceramic) 300°C

Surface Mount Package

Vapor Phase (60 seconds) 215°C

Infrared (15 seconds) 220°C

Operating Ratings

Temperature Range
DAC0808

$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$
 $0 \leq T_A \leq +75^\circ C$

Electrical Characteristics

($V_{CC} = 5V$, $V_{EE} = -15V_{DC}$, $V_{REF}/R_{14} = 2mA$, and all digital inputs at high logic level unless otherwise noted.)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
E_r	Relative Accuracy (Error Relative to Full Scale I_O)	(Figure 4)				%
	DAC0808LC (LM1408-8)				± 0.19	%
	Settling Time to Within 1/2 LSB (Includes t_{PLH})	$T_A = 25^\circ C$ (Note 7), (Figure 5)		150		ns
t_{PLH} , t_{PHL}	Propagation Delay Time	$T_A = 25^\circ C$, (Figure 5)		30	100	ns
TCI_O	Output Full Scale Current Drift			± 20		ppm/°C
MSB	Digital Input Logic Levels	(Figure 3)				
V_{IH}	High Level, Logic "1"		2			V_{DC}
V_{IL}	Low Level, Logic "0"				0.8	V_{DC}
MSB	Digital Input Current	(Figure 3)				
	High Level	$V_{IH} = 5V$		0	0.040	mA
	Low Level	$V_{IL} = 0.8V$		-0.003	-0.8	mA
I_{15}	Reference Input Bias Current	(Figure 3)		-1	-3	μA
	Output Current Range	(Figure 3)				
		$V_{EE} = -5V$	0	2.0	2.1	mA
$V_{EE} = -15V$, $T_A = 25^\circ C$	0	2.0	4.2	mA		
I_O	Output Current	$V_{REF} = 2.000V$, $R_{14} = 1000\Omega$, (Figure 3)	1.9	1.99	2.1	mA
	Output Current, All Bits Low	(Figure 3)		0	4	μA
	Output Voltage Compliance (Note 3)	$E_r \leq 0.19\%$, $T_A = 25^\circ C$				
SRI_{REF}	Reference Current Slew Rate	(Figure 6)	4	8		mA/ μs
	Output Current Power Supply Sensitivity	$-5V \leq V_{EE} \leq -16.5V$		0.05	2.7	$\mu A/V$
	Power Supply Current (All Bits Low)	(Figure 3)				
I_{CC}				2.3	22	mA
I_{EE}				-4.3	-13	mA
V_{CC} V_{EE}	Power Supply Voltage Range	$T_A = 25^\circ C$, (Figure 3)	4.5	5.0	5.5	V_{DC}
			-4.5	-15	-16.5	V_{DC}
	Power Dissipation					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (Continued)

($V_{CC} = 5V$, $V_{EE} = -15V$, V_{DC} , $V_{REF}/R14 = 2\text{ mA}$, and all digital inputs at high logic level unless otherwise noted.)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
	All Bits Low	$V_{CC} = 5V$, $V_{EE} = -5V$		33	170	mW
		$V_{CC} = 5V$, $V_{EE} = -15V$		106	305	mW
	All Bits High	$V_{CC} = 15V$, $V_{EE} = -5V$		90		mW
		$V_{CC} = 15V$, $V_{EE} = -15V$		160		mW

Note 2: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its specified operating conditions.

Note 3: Range control is not required.

Note 4: The maximum power dissipation must be derated at elevated temperatures and is dictated by T_{JMAX} , θ_{JA} , and the ambient temperature, T_A . The maximum allowable power dissipation at any temperature is $P_D = (T_{JMAX} - T_A)/\theta_{JA}$ or the number given in the Absolute Maximum Ratings, whichever is lower. For this device, $T_{JMAX} = 125^\circ\text{C}$, and the typical junction-to-ambient thermal resistance of the dual-in-line J package when the board mounted is 100°C/W . For the dual-in-line N package, this number increases to 175°C/W and for the small outline M package this number is 100°C/W .

Note 5: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 k Ω resistor.

Note 6: All current switches are tested to guarantee at least 50% of rated current.

Note 7: All bits switched.

Note 8: Pin-out numbers for the DAL080X represent the dual-in-line package. The small outline package pinout differs from the dual-in-line package.

Typical Application

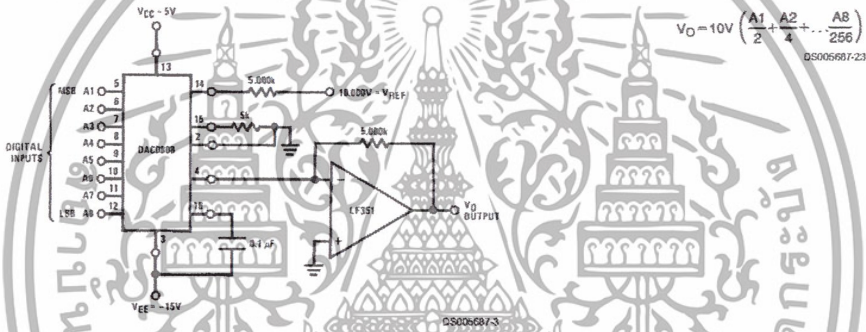
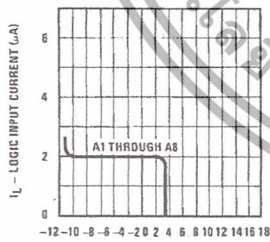


FIGURE 1. +10V Output Digital to Analog Converter (Note 8)

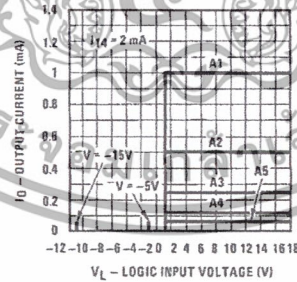
Typical Performance Characteristics $V_{CC} = 5V$, $V_{EE} = -15V$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted

Logic Input Current vs Input Voltage



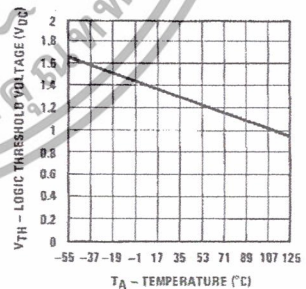
DS005687-14

Bit Transfer Characteristics



DS005687-15

Logic Threshold Voltage vs Temperature

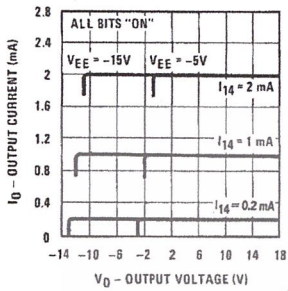


DS005687-16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

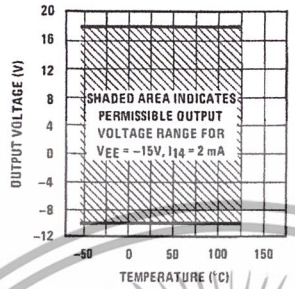
Typical Performance Characteristics $V_{CC} = 5V$, $V_{EE} = -15V$, $T_A = 25^\circ C$, unless otherwise noted (Continued)

Output Current vs Output Voltage (Output Voltage Compliance)



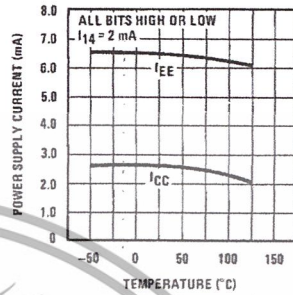
DS006687-7

Output Voltage Compliance vs Temperature



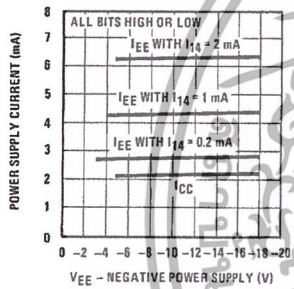
DS006687-18

Typical Power Supply Current vs Temperature



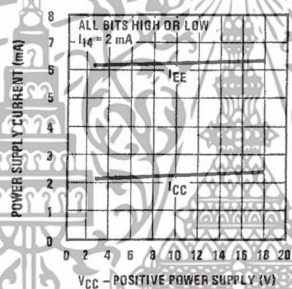
DS006687-19

Typical Power Supply Current vs V_{EE}



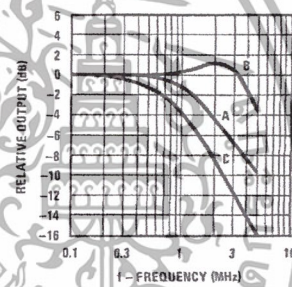
DS006687-20

Typical Power Supply Current vs V_{CC}



DS006687-21

Reference Input Frequency Response



DS006687-22

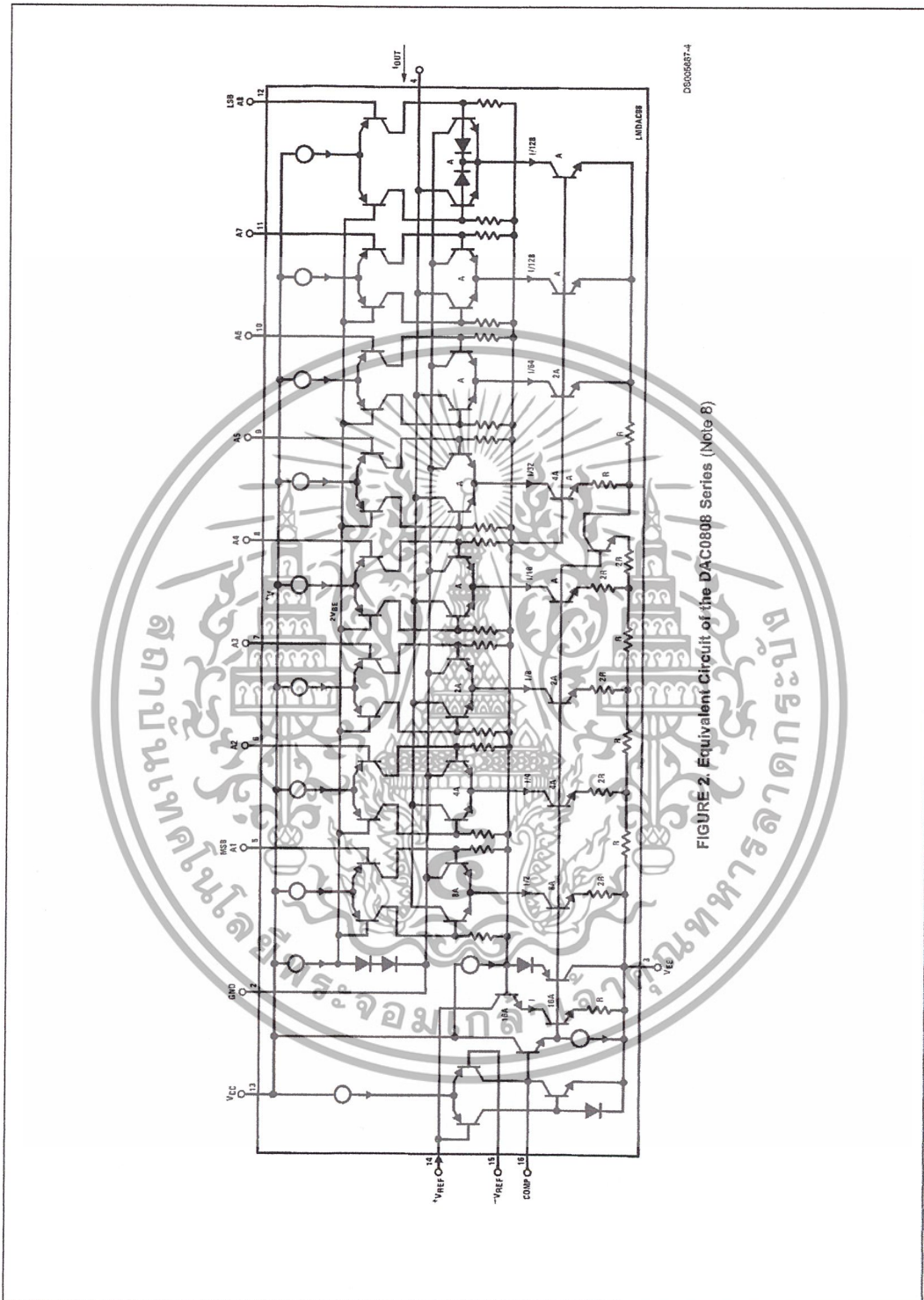
Unless otherwise specified: $R_{14} = R_{15} = 1\text{ k}\Omega$, $C = 15\text{ pF}$, pin 16 to V_{EE} ; $R_L = 50\Omega$, pin 4 to ground.

Curve A: Large Signal Bandwidth Method of Figure 7, $V_{REF} = 2\text{ Vp-p}$ offset 1V above ground.

Curve B: Small Signal Bandwidth Method of Figure 7, $R_L = 250\Omega$, $V_{REF} = 50\text{ mVp-p}$ offset 200 mV above ground.

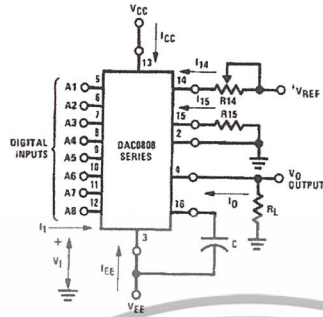
Curve C: Large and Small Signal Bandwidth Method of Figure 9 (no op amp, $R_L = 50\Omega$), $R_S = 50\Omega$, $V_{REF} = 2V$, $V_S = 100\text{ mVp-p}$ centered at 0V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Circuits



DS006687-6

V_i and I_i apply to inputs A1–A8.

The resistor tied to pin 15 is to temperature compensate the bias current and may not be necessary for all applications.

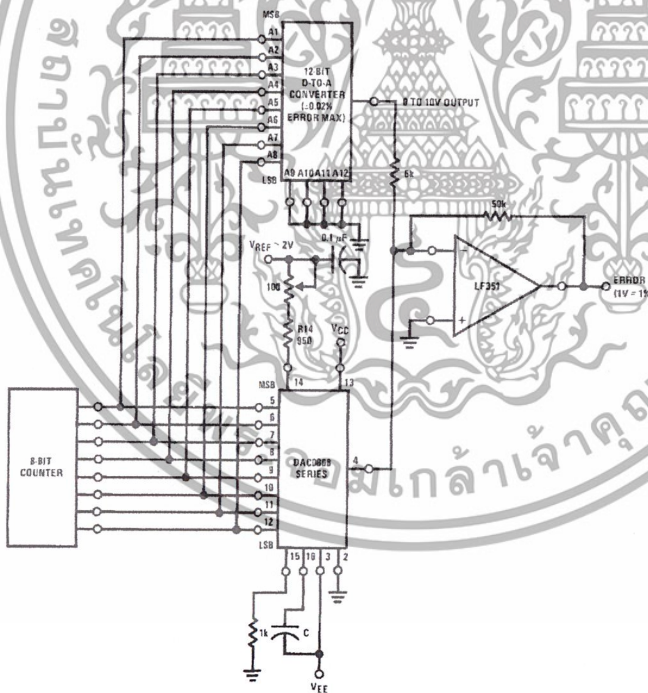
$$I_O = K \left(\frac{A_1}{2} + \frac{A_2}{4} + \frac{A_3}{8} + \frac{A_4}{16} + \frac{A_5}{32} + \frac{A_6}{64} + \frac{A_7}{128} + \frac{A_8}{256} \right)$$

$$\text{where } K \approx \frac{V_{REF}}{R_{14}}$$

and $A_N = "1"$ if A_N is at high level

$A_N = "0"$ if A_N is at low level

FIGURE 3. Notation Definitions Test Circuit (Note 8)



DS006687-7

FIGURE 4. Relative Accuracy Test Circuit (Note 8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Circuits (Continued)

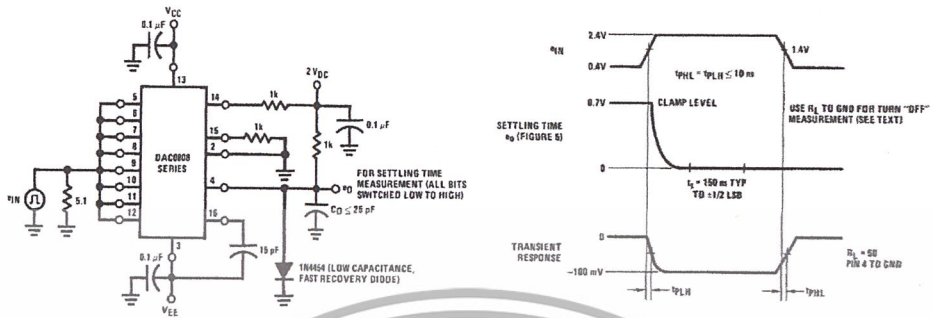


FIGURE 5. Transient Response and Settling Time (Note 8)

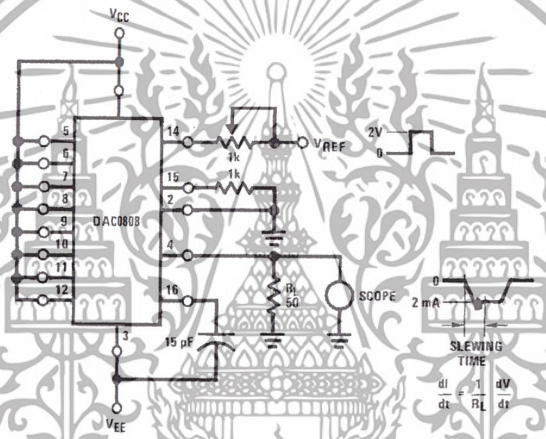


FIGURE 6. Reference Current Slew Rate Measurement (Note 8)

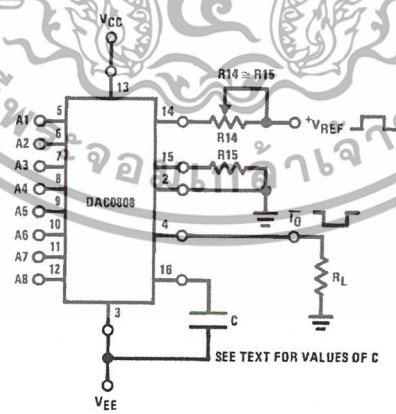


FIGURE 7. Positive V_{REF} (Note 8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Circuits (Continued)

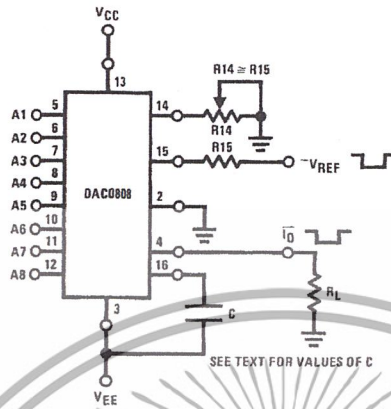


FIGURE 8. Negative V_{REF} (Note 8)

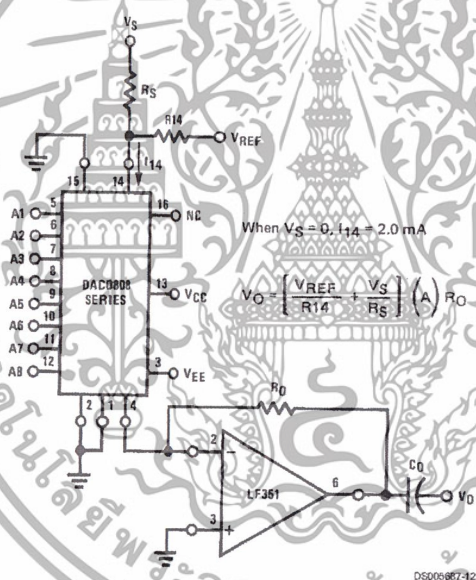


FIGURE 9. Programmable Gain Amplifier or Digital Attenuator Circuit (Note 8)

Application Hints

REFERENCE AMPLIFIER DRIVE AND COMPENSATION

The reference amplifier provides a voltage at pin 14 for converting the reference voltage to a current, and a turn-around circuit or current mirror for feeding the ladder. The reference amplifier input current, I_{14} , must always flow into pin 14, regardless of the set-up method or reference voltage polarity. Connections for a positive voltage are shown in Figure 7. The reference voltage source supplies the full current I_{14} . For bipolar reference signals, as in the multiplying mode,

R_{15} can be tied to a negative voltage corresponding to the minimum input level. It is possible to eliminate R_{15} with only a small sacrifice in accuracy and temperature drift.

The compensation capacitor value must be increased with increases in R_{14} to maintain proper phase margin; for R_{14} values of 1, 2.5 and 5 k Ω , minimum capacitor values are 15, 37 and 75 pF. The capacitor may be tied to either V_{EE} or ground, but using V_{EE} increases negative supply rejection.

A negative reference voltage may be used if R_{14} is grounded and the reference voltage is applied to R_{15} as shown in Figure 8. A high input impedance is the main advantage of this method. Compensation involves a capacitor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Hints (Continued)

to V_{EE} on pin 16, using the values of the previous paragraph. The negative reference voltage must be at least 4V above the V_{EE} supply. Bipolar input signals may be handled by connecting R14 to a positive reference voltage equal to the peak positive input level at pin 15.

When a DC reference voltage is used, capacitive bypass to ground is recommended. The 5V logic supply is not recommended as a reference voltage. If a well regulated 5V supply which drives logic is to be used as the reference, R14 should be decoupled by connecting it to 5V through another resistor and bypassing the junction of the 2 resistors with 0.1 μ F to ground. For reference voltages greater than 5V, a clamp diode is recommended between pin 14 and ground.

If pin 14 is driven by a high impedance such as a transistor current source, none of the above compensation methods apply and the amplifier must be heavily compensated, decreasing the overall bandwidth.

OUTPUT VOLTAGE RANGE

The voltage on pin 4 is restricted to a range of -0.55 to 0.4V when $V_{EE} = -5V$ due to the current switching methods employed in the DAC0808.

The negative output voltage compliance of the DAC0808 is extended to -5V where the negative supply voltage is more negative than -10V. Using a full-scale current of 1.992 mA and load resistor of 2.5 k Ω between pin 4 and ground will yield a voltage output of 256 levels between 0 and -4.980V. Floating pin 1 does not affect the converter speed or power dissipation. However, the value of the load resistor determines the switching time due to increased voltage swing. Values of R_L up to 500 Ω do not significantly affect performance, but a 2.5 k Ω load increases worst-case settling time to 1.2 μ s (when all bits are switched ON). Refer to the subsequent text section on Settling Time for more details on output loading.

OUTPUT CURRENT RANGE

The output current maximum rating of 4.2 mA may be used only for negative supply voltages more negative than -8V, due to the increased voltage drop across the resistors in the reference current amplifier.

ACCURACY

Absolute accuracy is the measure of each output current level with respect to its intended value, and is dependent upon relative accuracy and full-scale current drift. Relative accuracy is the measure of each output current level as a fraction of the full-scale current. The relative accuracy of the DAC0808 is essentially constant with temperature due to the excellent temperature tracking of the monolithic resistor ladder.

The reference current may drift with temperature, causing a change in the absolute accuracy of output current. However, the DAC0808 has a very low full-scale current drift with temperature.

The DAC0808 series is guaranteed accurate to within $\pm 1/2$ LSB at a full-scale output current of 1.992 mA. This corresponds to a reference amplifier output current drive to the ladder network of 2 mA, with the loss of 1 LSB (8 μ A) which is the ladder remainder shunted to ground. The input current to pin 14 has a guaranteed value of between 1.9 and 2.1 mA, allowing some mismatch in the NPN current source pair. The accuracy test circuit is shown in Figure 4. The 12-bit converter is calibrated for a full-scale output current of 1.992 mA. This is an optional step since the DAC0808 accuracy is essentially the same between 1.5 and 2.5 mA. Then the DAC0808 circuits' full-scale current is trimmed to the same value with R14 so that a zero value appears at the error amplifier output. The counter is activated and the error band may be displayed on an oscilloscope, detected by comparators, or stored in a peak detector.

Two 8-bit D-to-A converters may not be used to construct a 16-bit accuracy D-to-A converter. 16-bit accuracy implies a total error of $\pm 1/2$ of one part in 65,536 or $\pm 0.00076\%$, which is much more accurate than the $\pm 0.019\%$ specification provided by the DAC0808.

MULTIPLYING ACCURACY

The DAC0808 may be used in the multiplying mode with 8-bit accuracy when the reference current is varied over a range of 256:1. If the reference current in the multiplying mode ranges from 16 μ A to 4 mA, the additional error contributions are less than 1.6 μ A. This is well within 8-bit accuracy when referred to full-scale.

A monotonic converter is one which supplies an increase in current for each increment in the binary word. Typically, the DAC0808 is monotonic for all values of reference current above 0.5 mA. The recommended range for operation with a DC reference current is 0.5 to 4 mA.

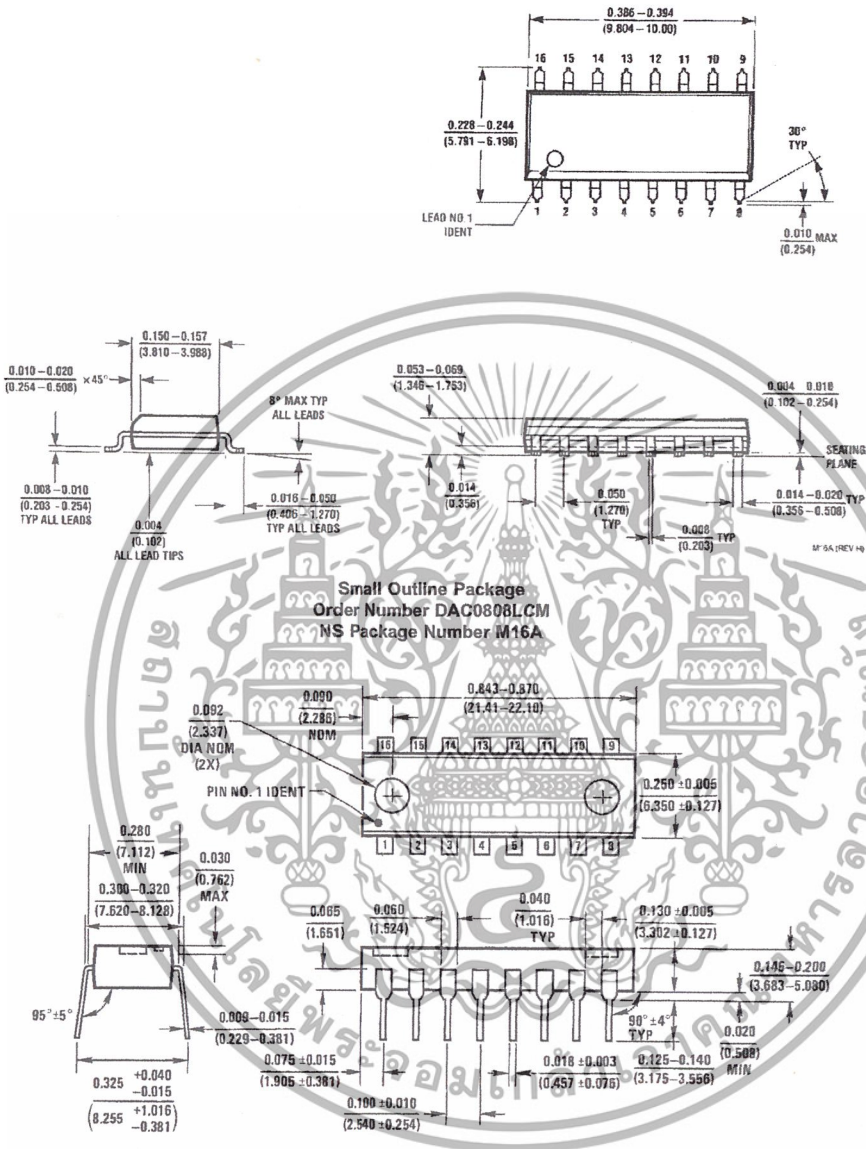
SETTLING TIME

The worst-case switching condition occurs when all bits are switched ON, which corresponds to a low-to-high transition for all bits. This time is typically 150 ns for settling to within $\pm 1/2$ LSB, for 8-bit accuracy, and 100 ns to $1/2$ LSB for 7 and 6-bit accuracy. The turn OFF is typically under 100 ns. These times apply when $R_L \leq 500\Omega$ and $C_O \leq 25$ pF.

Extra care must be taken in board layout since this is usually the dominant factor in satisfactory test results when measuring settling time. Short leads, 100 μ F supply bypassing for low frequencies, and minimum scope lead length are all mandatory.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted



Dual-In-Line Package
Order Number DAC0808
NS Package Number N16A

N16A (REV E)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Notes



LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT AND GENERAL COUNSEL OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

National Semiconductor Corporation
Americas
Tel: 1-800-272-9959
Fax: 1-800-737-7018
Email: support@nsc.com

National Semiconductor Europe
Fax: +49 (0) 1 80-530 85 86
Email: europe.support@nsc.com
Deutsch Tel: +49 (0) 1 80-530 85 85
English Tel: +49 (0) 1 80-532 78 32
Français Tel: +49 (0) 1 80-532 93 58
Italiano Tel: +49 (0) 1 80-534 16 80

National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group
Tel: 65-2544466
Fax: 65-2504466
Email: sea.support@nsc.com

National Semiconductor Japan Ltd.
Tel: 81-3-5639-7560
Fax: 81-3-5639-7507

www.national.com

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้