

เครื่องตรวจวัดคุณภาพของโรเตอร์แบบกรงกระรอก
SQUIRREL-GACE ROTER QUALITY MEASUREMENT



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 61817
วัน,เดือน,ปี..... 21 ก.ค. 2549

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SQUIRREL-GACE ROTER QUALITY MEASUREMENT



**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**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

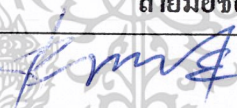
2004

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญา นิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ เครื่องตรวจวัดคุณภาพของ โรเตอร์แบบกรงกระรอก
SQUIRREL-GACE ROTER QUALITY MEASUREMENT

นักศึกษาผู้จัดทำ นายพิทักษ์ ทาเศรษฐ รหัสนประจำตัว 45015607
นายมน โฉมพระยา รหัสนประจำตัว 45015608
นายวินิต เทียนชัย รหัสนประจำตัว 45015613

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม
ปีการศึกษา 2547

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ. เชื้อ นกอยู่ อาจารย์ ประภาส เจริญ	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันพุธที่ 20 เมษายน พ.ศ. 2548
สถานที่สอบ ณ ห้องสอบปริญญาานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชารับรองแล้ว



(รศ. ประสิทธิ์ จุลเสวีวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องตรวจวัดคุณภาพของโรเตอร์แบบกรงกระรอก	
	SQUIRREL-GACE ROTER QUALITY MEASUREMENT	
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายพิทักษ์	ทาเศรษฐ
	นายมนโน	วิลพระยา
	นายวินิต	เทียนชัย
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. เชื้อ	นกออยู่
	อาจารย์ ประภาส	เริงริน
ปีการศึกษา	2547	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้ได้จัดทำเครื่องตรวจวัดคุณภาพของโรเตอร์แบบกรงกระรอกที่สร้างขึ้นนี้มีประโยชน์คือเป็นเครื่องมือตรวจวัดคุณภาพของโรเตอร์แบบกรงกระรอกก่อนที่จะนำไปประกอบกับเพลาคือเป็นประโยชน์ในการตรวจสอบข้อผิดพลาดของโรเตอร์ สภาพของโรเตอร์ เมื่อผ่านกระบวนการผลิต ก่อนที่จะนำไปขึ้นรูปเป็นโรเตอร์ที่ใช้เป็นส่วนหนึ่งของโรเตอร์ ซึ่งอาศัยหลักการของการเหนี่ยวนำโดยสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นแล้ว จึงใช้โรเตอร์ที่ผลิตขึ้นเป็นตัวนำหมุนตัดสนามแม่เหล็กซึ่งจะทำการวัดค่าที่ได้ไปแสดงผลที่ส่วนแสดงผล

Thesis Title	Squirrel-Gace Roter Quality Measurement	
Authors	Mr. Pitak	Taches
	Mr. Mano	Wadpraya
	Mr. Winit	Theanchai
Thesis Advisor	Asst.Prof.Choae	Nokyoo
	Mr. Prapas	Roengruen
Year	2004	

ABSTRACT

Advantage of this device creat measure squirrel cage quality. This method can measure before assemble it with axle. Principal of this device is measure quality of squirrel cage rotor to display at display area. When rotor cross of magnetic filed. The induce voltage of it can measure for display number, characteristic of slot.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทุกท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อาจารย์ เชื้อ นกอยู่ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้คำปรึกษา และคำแนะนำต่างๆ จนช่วยให้การทำปริญญานิพนธ์สำเร็จลุล่วง ไปด้วยดี

นอกจากนี้ต้องขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ได้ให้การช่วยเหลือทั้งทางตรงและทางอ้อมคอยอยู่เคียงข้าง เป็นเพื่อน คำแนะนำต่างๆ ให้ยืมหนังสือ และคอยให้กำลังใจเสมอมา

สุดท้ายต้องขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และบุคคลในครอบครัวที่ให้การสนับสนุนและคอยให้กำลังใจเสมอมา คุณความดีที่พึงมีจากการทำปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้ ผู้เขียนขอบแต่ บิดา มารดา อีกทั้ง ครู - อาจารย์ และ ผู้มีพระคุณทุกท่าน



คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย	หน้า
	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 เครื่องตรวจวัดคุณภาพของโรเตอร์แบบกรงกระรอก	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์	1
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์	2
1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 โครงสร้างโรเตอร์แบบสไลวเรลเกจ	3
2.1 โรเตอร์แบบสไลวเรลเกจ	3
บทที่ 3 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับปริญญานิพนธ์	6
3.1 หลักการของการเกิดแม่เหล็กไฟฟ้า	6
3.2 การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า	7
3.3 สนามแม่เหล็กหมุน	11
3.4 หลักของการเหนี่ยวนำร่วม	12
3.5 การเกิดสัญญาณเป็นกระแสสลับเกิดจากการหมุนของ โรเตอร์ตัดสนามแม่เหล็ก	16
3.6 กฎของเลนซ์	16

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ไมโครคอนโทรลเลอร์	16
4.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51	16
4.2 สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051	18
4.3 ขาใช้งานต่างๆของไมโครคอนโทรลเลอร์	19
4.4 รีจิสเตอร์สำหรับใช้งานทั่วไปใน MCS-51	23
4.5 รีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษใน MCS-51	23
4.6 วงจรปรับระดับสัญญาณ	24
บทที่ 5 พอร์ตอนุกรม RS232	26
5.1 คำจำกัดความต่างๆที่เกี่ยวกับการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม	26
5.2 พอร์ตอนุกรม	26
5.3 รูปแบบของเฟรมข้อมูล	29
บทที่ 6 Microsoft Visual Basic	31
6.1 คอมพิวเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการใช้งาน VB6	31
6.2 ไฟล์ประเภทต่างๆที่มีใน โพรเจกต์ของ VB6	31
6.3 คอนโทรลที่สำคัญที่ใช้ในงานโครงการ	32
บทที่ 7 Analog to Digital Converter (ADC)	39
7.1 การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล	39
7.2 หลักการทำงานของ A/D คอมเวอร์เตอร์	40
7.3 ความผิดพลาดของ A/D Converter	41
7.4 ซีตเชตซีพแอปพลิเคชัน A/D Converter	44
บทที่ 8 เครื่องตรวจวัดคุณภาพของโรเตอร์แบบกรงกระรอก	47
8.1 หลักการทำงานของเครื่องตรวจวัดคุณภาพของโรเตอร์แบบกรงกระรอก	47
8.2 การทำงานของอุปกรณ์วัดสัญญาณ โรเตอร์	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
8.3 รูปแบบของโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์	48
8.4 อุปกรณ์แสดงผล	48
บทที่ 9 ผลการทดลอง	54
9.1 ลักษณะของรูปคลื่นที่วัดได้จากสโคปโดยวัดการเปลี่ยนแปลงแรงดันที่จ่าย เข้าขดลวดและมอเตอร์กระแสตรงที่มอเตอร์คุณภาพดี	54
9.2 ลักษณะของรูปคลื่นที่วัดได้จากสโคปโดยวัดการเปลี่ยนแปลงโวลต์ที่จ่ายเข้า ขดลวดและมอเตอร์กระแสตรงที่มอเตอร์คุณภาพไม่ดี	58
บทที่ 10 สรุปผลการวิจัย	62
10.1 สรุป	62
10.2 วิจารณ์	62
บรรณานุกรม	63
ภาคผนวก	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 แสดงSerial Port Control Register	20
4.2 แสดงโหมดต่างๆของการรับส่งแบบอนุกรม	21
4.3 แสดงค่าในรีจิสเตอร์ TMOD ค่าต่างๆ สำหรับ Timer 0	22
4.4 แสดงค่าในรีจิสเตอร์ TMOD ค่าต่างๆ สำหรับ Counter 0	22
4.5 แสดงค่าในรีจิสเตอร์ TMOD ค่าต่างๆ สำหรับ Timer 1	22
4.6 แสดงค่าในรีจิสเตอร์ TMOD ค่าต่างๆ สำหรับ Counter1	23
4.7 แสดงรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ PSW (Program Status Word)	23
6.1 แสดงกลุ่มไฟล์ปริญญานิพนธ์	32
6.2 แสดงการตรวจเหตุการณ์	37



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงแผ่นลามีเนทของ โรเตอร์	3
2.2 แสดงแกน โรเตอร์ที่มีตัวนำแทนอลูมิเนียมอัดอยู่ในสลีตและแหวนอลูมิเนียมพร้อมครีบบีบคัต	4
2.3 แสดงให้เห็น โรเตอร์แบบกรงกระรอกที่ประกอบด้วยแกน โรเตอร์ขดลวด(แท่งอลูมิเนียม) ครีบ (ใบพัด) และเพลลา	4
2.4 แสดงให้เห็นเพลลาที่อัดแน่นอยู่กับแกน โรเตอร์	5
2.5 แสดงตัวนำของ โรเตอร์ที่ต่อกันเหมือนกับกรงกระรอก	5
3.1 แสดงสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบๆตัวนำเมื่อมีกระแสไหลผ่าน	6
3.2 แสดงแท่งเหล็กรูปตัวยูคว่าเข้าหาจานตัวนำ	7
3.3 แสดงลักษณะเส้นแรงแม่เหล็กกรวมรอบตัวนำภายใต้ขั้วแม่เหล็ก N	8
3.4 แสดงตัวนำรูปทรงกระบอกเคลื่อนที่เนื่องจากกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	9
3.5 แสดงสนามแม่เหล็กหมุนของมอเตอร์สองเฟสชนิดสอง โพล	11
3.6 แสดงการเหนี่ยวนำร่วม	14
3.7 แสดงเสมือนการเกิดฟลักเหนี่ยวนำระหว่างสเตเตอร์และ โรเตอร์แต่ละบาร์ที่ทดสอบ	15
3.8 แสดงตัวหมุดตัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า	16
4.1 แสดงโครงสร้างภายในชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051	18
4.2 แสดงคุณสมบัติและลักษณะวงจรปรับระดับแรงดัน	24
4.3 แสดงเป็นวงจรที่ต่อใช้งานจริง	25
4.4 แสดงเปรียบเทียบการปรับระดับ	25
5.1 แสดงการเชื่อมต่อสายสัญญาณระหว่าง CPU ของเครื่องคอมพิวเตอร์กับพอร์ตอนุกรม	27
6.1 แสดง Control ของ Visual Basic	35
6.2 แสดงการส่งเปลี่ยนของสายข้อมูล	38
7.1 แสดงสัญญาณของ A/D คอนเวอร์เตอร์	39
7.2 แสดงคุณสมบัติของ A/D Converter แบบ 4 บิต	39
7.3 แสดงการตอบสนองของเวลาแปลงสัญญาณของ A/D Converter	40
7.4 แสดงขบวนการแปลงสัญญาณดิจิตอลด้วย A/D Converter	41
7.5 แสดงข้อผิดพลาดของ A/D Converter	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
7.6 แสดง A/D คอนเวอร์เตอร์	43
7.7 แสดงกราฟเอาต์พุตของส่วน D/A ของ A/D Converter	44
7.8 แสดงคอนเวอร์เตอร์ซึ่งใช้เทคนิค SAR	45
7.9 แสดงกราฟของส่วน D/A ระหว่างการแปลงสัญญาณ	45
8.1 แสดงการทำงานของเครื่องตรวจวัดคุณภาพของโรเตอร์กรงกระรอก	47
8.2 แสดงลำดับการทำงานของอุปกรณ์วัดสัญญาณ โรเตอร์	47
8.3 แสดงลำดับการทำงานของอุปกรณ์แปลงอนาล็อกเป็นดิจิทัล	48
8.4 แสดงวงจรการออกแบบเครื่องทดสอบ โรเตอร์แบบกรงกระรอก	48
8.5 แสดงโครงสร้างภายนอกของเครื่องทดสอบ โรเตอร์แบบกรงกระรอก	49
8.6 แสดงโครงสร้างภายนอกของเครื่องทดสอบ โรเตอร์แบบกรงกระรอก	50
8.7 แสดงโครงสร้างภายในของเครื่องทดสอบ โรเตอร์แบบกรงกระรอก	50
8.8 แสดงโครงสร้างหัววัดสนามแม่เหล็กของเครื่องทดสอบ โรเตอร์แบบกรงกระรอก	51
8.9 แสดงฟอร์ม Visual basic	51
9.1 แสดงการต่อเครื่องวัดคุณภาพ โรเตอร์แบบกรงกระรอกที่ใช้ในการทดลอง	57
9.2 แสดงผลการทดลองที่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 V ยังไม่ผ่านวงจร INTRUMENT AMP โดยที่ทำมุมตามมุมสกรูของโรเตอร์	58
9.3 แสดงผลการทดลองที่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 V ผ่านวงจร INTRUMENT AMP โดยที่ทำมุมตามมุมสกรูของโรเตอร์	58
9.4 แสดงผลการทดลองที่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 V ผ่านวงจร INTRUMENT AMP โดยที่ทำมุมตามมุมสกรูของโรเตอร์	59
9.5 แสดงผลการทดลองที่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 V ผ่านวงจร INTRUMENT AMP โดยที่ทำมุมตามมุมสกรูของโรเตอร์	59
9.6 แสดงผลการทดลองที่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 V ไม่ผ่านวงจร INTRUMENT AMP โดยที่ขนานกับโรเตอร์	60
9.7 แสดงผลการทดลองที่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 V ผ่านวงจร INTRUMENT AMP โดยที่ทำมุมตามมุมสกรูของโรเตอร์	60

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
9.8 แสดงผลการทดลองที่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 V ยังไม่ผ่านวงจร INSTRUMENT AMP โดยที่ทำมุมตัดกับมุมสกรูของโรเตอร์	61
9.9 แสดงผลการทดลองที่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 V ยังไม่ผ่านวงจร INSTRUMENT AMP โดยที่ทำมุมตัดกับมุมสกรูของโรเตอร์	61
9.10 แสดงผลการทดลองที่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 V ยังไม่ผ่านวงจร INSTRUMENT AMP โดยที่ทำมุมตามมุมสกรูของโรเตอร์คุณภาพไม่ดีโดยที่บาร์ภายในโรเตอร์ขาด	62
9.11 แสดงผลการทดลองที่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 V ผ่านวงจร INSTRUMENT AMP โดยที่ทำมุมตามมุมสกรูของโรเตอร์คุณภาพไม่ดีโดยที่บาร์ภายในโรเตอร์ขาด	62
9.12 แสดงผลการทดลองที่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 V ผ่านวงจร INSTRUMENT AMP โดยที่ทำมุมตามมุมสกรูของโรเตอร์คุณภาพไม่ดีโดยที่บาร์ภายในโรเตอร์ขาด	63
9.13 แสดงผลการทดลองที่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 V ผ่านวงจร INSTRUMENT AMP โดยที่ทำมุมตามมุมสกรูของโรเตอร์คุณภาพไม่ดีโดยที่บาร์ภายในโรเตอร์ขาด	63
9.14 แสดงผลการทดลองที่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 V ไม่ผ่านวงจร INSTRUMENT AMP โดยที่ทำมุมขนานกับโรเตอร์คุณภาพไม่ดีโดยที่บาร์ภายในโรเตอร์ขาด	64
9.15 แสดงผลการทดลองที่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 V ผ่านวงจร INSTRUMENT AMP โดยที่ทำมุมขนานกับโรเตอร์คุณภาพไม่ดีโดยที่บาร์ภายในโรเตอร์ขาด	64
9.16 แสดงผลการทดลองที่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 V ไม่ผ่านวงจร INSTRUMENT AMP โดยที่ทำมุมตัดกับมุมสกรูของโรเตอร์คุณภาพไม่ดีโดยที่บาร์ภายในโรเตอร์ขาด	65
9.17 แสดงผลการทดลองที่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 V ผ่านวงจร INSTRUMENT AMP โดยที่ทำมุมตัดกับมุมสกรูของโรเตอร์คุณภาพไม่ดีโดยที่บาร์ภายในโรเตอร์ขาด	65
9.18 แสดงการต่อร่วมกันของเครื่องวัดคุณภาพ โรเตอร์แบบกรงกระรอก แสดงผลผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์โดยใช้ Visual Basic โดยจ่ายไฟฟ้าให้ขดลวด 12 V จ่าย แสดง โรเตอร์ คุณภาพดี	66
9.19 แสดงการต่อร่วมกันของเครื่องวัดคุณภาพ โรเตอร์แบบกรงกระรอกเซอร์ แสดงผลผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์โดยใช้ Visual Basic โดยจ่ายไฟฟ้าให้ขดลวด 12 V แสดง โรเตอร์ คุณภาพไม่ดีโดยที่บาร์ภายในโรเตอร์ขาด	66

บทที่ 1

บทนำ

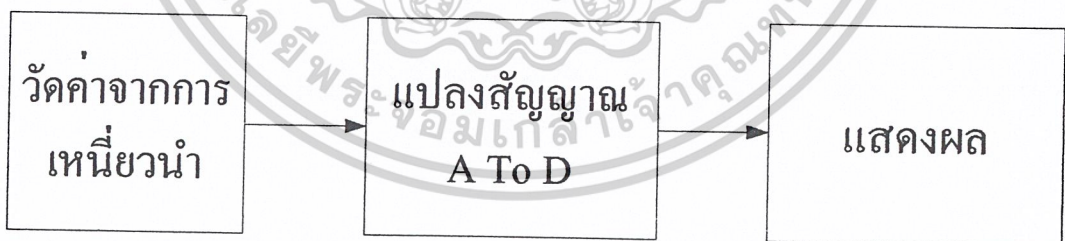
1.1 เครื่องตรวจวัดคุณภาพของโรเตอร์แบบกรงกระรอก

ปัจจุบันกระบวนการผลิตต่าง ๆ ในอุตสาหกรรมได้พัฒนาไปรวดเร็วซึ่งชิ้นส่วนต่าง ๆ ได้จากการผลิตมีจำนวนการและใช้เวลาเล็กน้อย โดยก่อนที่ชิ้นส่วนที่ผลิตขึ้นก่อนที่จะนำไปประกอบเป็นงานหนึ่งชิ้น จะต้องผ่านการตรวจวัดคุณภาพเสียก่อน

โครงการเครื่องตรวจวัดคุณภาพของโรเตอร์กรงกระรอกนี้เป็นการตรวจสอบจำนวนสลีตสภาพของโรเตอร์ว่าชี้ตัวนำภายใน หัก แดก จำนวนชี้สลีตไม่ครบ ฯลฯ โดยใช้หลักการการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กแล้ว ทำการแสดงผลโดยใช้ ADC (analog to digital converter) และส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์รวบรวมเป็นชุดในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ แล้วจึงส่งให้คอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรมมาตรฐาน RS-232 รับข้อมูลเพื่อแสดงผลเป็นกราฟ เพื่อสามารถเห็นภาพทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งในอีกกรณีอาจจะดูผลการวัดได้โดยใช้ Scope แทนก็ได้เช่นกัน

ประโยชน์ในการใช้งาน จะใช้ในการตรวจเช็คคุณภาพของโรเตอร์ก่อนนำไปผลิตเป็นชิ้นงานเป็นตัวแกนโรเตอร์ที่ประกอบกับเพลาลูกเบี้ยวแล้ว เพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาด ซึ่งสามารถทำให้เราทราบข้อผิดพลาดในการผลิต และนำไปหาสาเหตุเพื่อปรับปรุงในการผลิตต่อไป

บล็อกไดอะแกรมการทำงาน



1.2 วัตถุประสงค์ของปฏิญานิพนธ์

1. เพื่อการศึกษาเกี่ยวกับการเกิดแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำมาประยุกต์ใช้งาน
2. เพื่อใช้เป็นเครื่องมือวัดคุณภาพโรเตอร์แบบกรงกระรอก
3. เพื่อนำ MCS-51 มาประยุกต์ใช้งาน
4. เพื่อสร้างเครื่องมือที่ใช้วัดและทดสอบโรเตอร์ในโรงงานอุตสาหกรรม
5. เพื่อศึกษาโปรแกรม Visual Basic นำมาใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของปริญญาโท

1. สร้างเครื่องมือวัดคุณภาพโรเตอร์แบบกรงกระรอก
2. สร้างอุปกรณ์เชื่อมต่อการแสดงผลเข้ากับคอมพิวเตอร์
3. แสดงสัญญาณ ใ้้ออกหน้าจอคอมพิวเตอร์

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาทฤษฎีการทำงานของมอเตอร์กระแสสลับที่โรเตอร์เป็นแบบกรงกระรอก
2. ศึกษาทฤษฎีสร้างกระบวนการผลิตของ โรเตอร์แบบกรงกระรอก
3. ศึกษาการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล และเลือกใช้งานวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล
4. ศึกษาการเขียน โปรแกรม Visual Basic
5. ศึกษาไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51
6. ออกแบบชุดการสร้างสนามแม่เหล็กและวงจรสัญญาณ
7. ออกแบบและเขียนโปรแกรม MCS-51 Visual Basic เพื่อแสดงผล
9. นำผลที่ออกแบบสร้างทั้งในส่วนทั้งในฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์
10. ทดสอบการทำงานของตัวโรเตอร์ให้เอาท์พุตแสดงเป็นสัญญาณชานน์
11. ทดสอบการทำงานในการแสดงผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์
12. ทดสอบการทำงานการต่อร่วมกันทั้งหมด และแก้ไขส่วนที่ผิดพลาดที่เกิดขึ้นตลอดจนทำการปรับปรุงการทำงานของเครื่องวัดคุณภาพโรเตอร์แบบกรงกระรอก
13. สรุปการทดลองและแก้ปัญหาในการทำงาน

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้เราทราบและเข้าใจในการนำ MCS-51 และ Visual Basic ไปประยุกต์ใช้งาน
2. ทำให้เรารู้จักการออกแบบวงจรขยายสัญญาณ
3. ทำให้ได้เครื่องตรวจวัดคุณภาพของโรเตอร์แบบกรงกระรอก
4. สามารถนำโครงการนี้ไปพัฒนาให้ดีขึ้นและนำไปใช้ประโยชน์ได้ต่อไป
5. รู้จักนำเอาทฤษฎีทางไฟฟ้ามาประยุกต์แนวทางที่พัฒนาความรู้ไปใช้งานในส่วนของโรงงานอุตสาหกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

โครงสร้างโรเตอร์แบบสไลควเรลเกอ

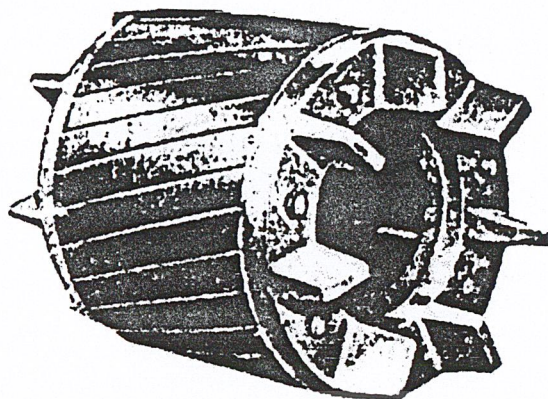
2.1 โรเตอร์แบบสไลควเรลเกอ

เป็นโรเตอร์ที่ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับหรือมอเตอร์ที่ทำงานด้วยหลักการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้าที่เรียกว่า อินดักชันมอเตอร์ แกนโรเตอร์จะทำด้วยแผ่นเหล็กบางๆที่เราจะเรียกว่า แผ่นลามิเนท(Laminated sheet steel) เช่นเดียวกับแกนขดลวดของสเตเตอร์ มีลักษณะกลมเซาะที่ส่วนผิวภายนอกให้เป็นร่องโดยรอบที่เรียกว่า สล็อต ตรงกลางแผ่นจะถูกเจาะรูสำหรับสอดเพลลา บริเวณระหว่างสล็อตรอบ ๆ ขอบกับรูกลางแผ่นจะเจาะรูไว้เพื่อใช้ในการระบายความร้อน และให้โรเตอร์มีน้ำหนักเบา ดังรูปที่ 2.1 เมื่อเอาแผ่นลามิเนทเหล่านี้มาอัดเข้าด้วยกันจะได้แกนโรเตอร์



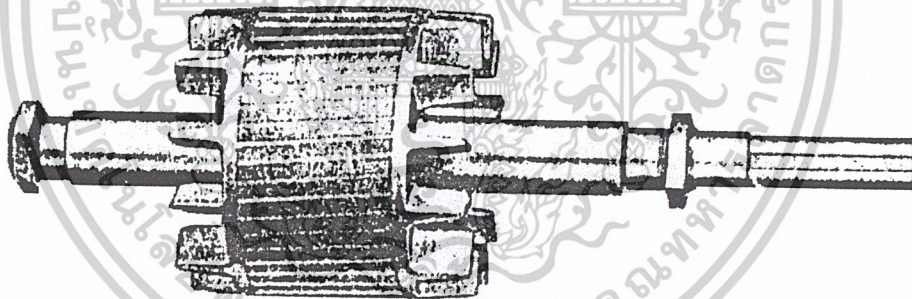
รูปที่ 2.1 แผ่นลามิเนทของโรเตอร์

ขดลวดที่อัดเข้าไปในแกนสล็อตของแกนของโรเตอร์นั้นแทนที่จะทำด้วยลวดทองแดงเส้นเล็กๆ ดังเช่นกรณีของขดลวดสเตเตอร์ แต่จะทำด้วยแท่งอลูมิเนียมหล่อ อัดเข้าไปในสล็อตให้แน่น แล้วยัดวงแหวนที่มีครีบบนออกมาเข้ากับปลายแต่ละข้างของแท่งอลูมิเนียมที่ไหลออกมาจากสล็อต เพื่อให้แท่งอลูมิเนียมเหล่านั้นครบวงจรทางไฟฟ้าหรือไม่ก็นำเอาแกนโรเตอร์เข้าไปไว้ในแบบพิมพ์ (Mold) แล้วฉีดอลูมิเนียมเหลวเข้าไปจะได้อลูมิเนียมอัดแน่นอยู่ในสล็อตจนเต็มและมีครีบบนออกไปทั้งสองข้างของแกนโรเตอร์ด้วย



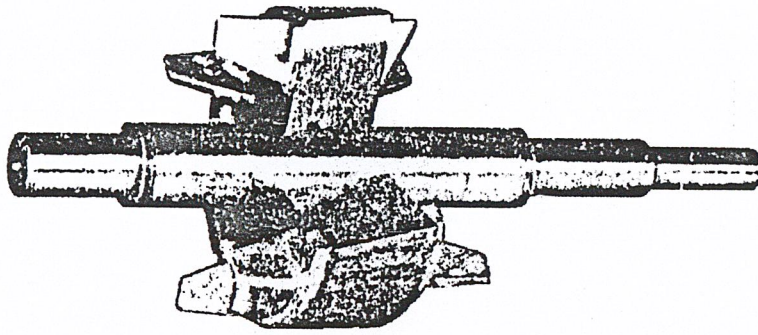
รูปที่ 2.2 แกนโรเตอร์ที่มีตัวนำแทนอลูมิเนียมอัดอยู่ในสล๊อทและแหวนอลูมิเนียมพร้อมครีบบีบติด

ครีบบีบที่ยื่นออกไปเหล่านี้ เรียกว่าไบพัดใช้สำหรับระบายความร้อน และเมื่ออัดเข้าไปในรูกลางของแกนแล้ว จะได้แกนโรเตอร์ ดังรูปที่ 2.3 และ รูปที่ 2.4



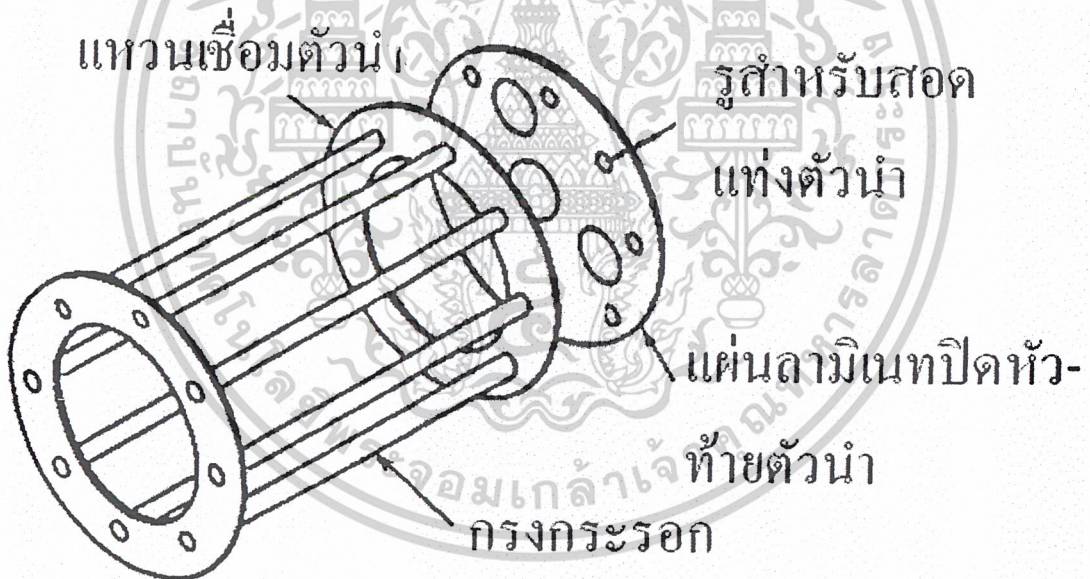
รูปที่ 2.3 แสดงให้เห็นโรเตอร์แบบกรงกระรอกที่ประกอบด้วยแกนโรเตอร์ ขดลวด (แท่งอลูมิเนียม) ครีบบีบ (ไบพัด) และเพลลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แสดงให้เห็นเพลลาที่อัดแน่นอยู่กับแกนโรเตอร์

สาเหตุที่เรียกแกนโรเตอร์แบบนี้ว่า แกนแบบกรงกระรอกเพราะว่า ถ้านำเอาแทนอลูมิเนียมที่อัดอยู่ในสล๊อทของแกนโรเตอร์ออกมาประกอบร่วมกับแผ่นวงแหวนที่ยึดติดหัวท้าย จะได้ตัวนำที่มีโครงสร้างเหมือนกับกรงกระรอก หรือถ้านำเอาแกนโรเตอร์ออกจากโรเตอร์ ก็จะเหลือตัวนำทั้งหมดที่มีโครงสร้างเหมือนกับกรงกระรอก ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ตัวนำของโรเตอร์ที่ต่อกันเหมือนกับกรงกระรอก

จากรูปที่ 2.2 จะเห็นว่า สล๊อทจะมีลักษณะทำมุมเอียงกับแกนเพลลาของ โรเตอร์แต่บางแบบนั้นสล๊อทมีลักษณะเป็นเส้นตรงขนานกับเพลลา ข้อดีของ โรเตอร์ที่มีสล๊อททำมุมเอียงกับเพลลา (Skewed) ก็คือเมื่อมอเตอร์ทำงานจะหมุนเรียบและเสียบกว่าแบบที่มีสล๊อทขนาน

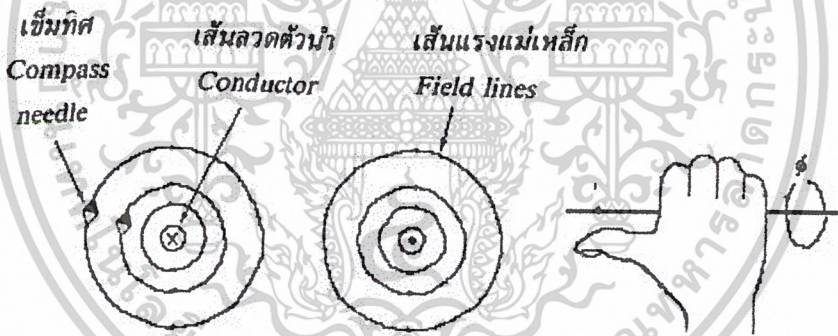
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับปรีญญาพันธ

3.1 หลักการของการเกิดแม่เหล็กไฟฟ้า

เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับตัวนำจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ ตัวนำสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นนี้เกิดจากการเคลื่อนตัวของอิเล็กตรอน ที่เคลื่อนไปในสายตัวนำซึ่งจะทำให้เกิดแรงเคลื่อนแม่เหล็ก แรงเคลื่อนแม่เหล็กจะมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับจำนวนรอบของขดลวดและจำนวนกระแสที่ไหลในแต่ละขดลวด ถ้าแรงเคลื่อนของแม่เหล็กมากจะทำให้มีความเข้มของสนามแม่เหล็กมากขึ้นตามไปด้วย (ในกรณีที่ความยาวคงที่) ขณะเดียวกันหากค่าความเข้มสนามแม่เหล็กมากก็จะทำให้ค่าฟลักซ์แม่เหล็กมีค่ามากตามไปด้วย นอกจากนี้ค่าฟลักซ์แม่เหล็กจะขึ้นอยู่กับค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กแล้วยังแปรผันตามค่าความซึมซาบของวัตถุที่มาทำเป็นสารแม่เหล็กอีกด้วย ขั้วของตัวแม่เหล็กไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับการไหลของกระแสไฟฟ้าในขดลวด



รูปที่ 3.1 สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นรอบๆตัวนำเมื่อมีกระแสไหลผ่าน
สมการแรงเคลื่อนแม่เหล็ก

$$m = NI \quad (3.1)$$

โดยที่

$$m = \text{แรงเคลื่อนแม่เหล็ก (AT)}$$

$$N = \text{จำนวนรอบของขดลวด (T)}$$

$$I = \text{กระแสไฟฟ้า (A)}$$

สมการความเข้มสนามแม่เหล็ก

$$H = m/L \quad (3.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

H = ความเข้มสนามแม่เหล็ก (AT/m)

L = ความยาวของลวด (m)

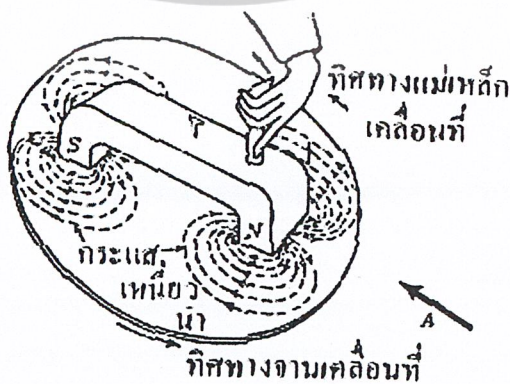
ดังนั้นเมื่อแทนค่าสมการที่ (3.1) ลงไปใน สมการ(3.2) จะได้สมการเป็น

$$H = (NI)/L \quad (3.3)$$

3.2 การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า

หลักการของการเกิดการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า คือการที่ตัวนำเคลื่อนที่ตัดสนามแม่เหล็ก จะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า และทำให้เกิดแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำอีกกรณีหนึ่งคือการที่ สนามเคลื่อนที่ตัดตัวนำที่อยู่กับที่ก็จะทำอยู่กับที่ก็จะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำเช่นเดียวกันกับกรณีแรก จะเห็นได้ว่า การเกิดแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำมีความสัมพันธ์กันระหว่างตัวนำและสนามแม่เหล็ก ถ้าเราให้สนามแม่เหล็กเกิดจากส่วนที่อยู่กับที่คือ สเตเตอร์ แล้วตัวนำก็คือโรเตอร์ ถ้าหมุนโรเตอร์ตัดสนามแม่เหล็กเพื่อให้ชี้ตัวนำเหล่านี้ตัดกับเส้นแรงของสนามแม่เหล็กก็จะเกิดการเหนี่ยวนำทำให้เกิดแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำ โดยแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับฟลักซ์แม่เหล็กนั่นเอง

เมื่อให้ส่วนเคลื่อนที่มีลักษณะเป็นจานตัวนำกลมบาง นำเอาแท่งเหล็กคว่ำให้ขั้วแม่เหล็ก N และ S หันเข้าหาจานตัวนำที่ทำด้วยแผ่นเหล็กหรือทองแดงหรืออลูมิเนียมดัง รูปที่ 2.21 โดยให้จานตัวนำและแท่งเหล็กมีศูนย์กลางร่วมกัน เส้นแรงแม่เหล็กจากขั้ว N จะพุ่งหาจาน ตัวนำและกลับเข้าหาขั้ว S เมื่อแท่งแม่เหล็กและจานตัวนำอยู่นิ่งกับที่ จะไม่เกิดการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นที่จานตัวนำ ถึงแม้ว่าจะมีเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งผ่านจานตัวนำก็ตาม เพราะเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้ว N จะพุ่งหาจานตัวนำและกลับเข้าหาขั้ว S เมื่อแท่งแม่เหล็กและจานตัวนำอยู่นิ่งกับที่ จะเกิดการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นที่จานตัวนำ ถึงแม้ว่าจะมีเส้นแรงแม่เหล็กพุ่งผ่านจานตัวนำก็ตาม เพราะเส้นแรงแม่เหล็กและจานแม่เหล็กและจานตัวนำไม่มีการเคลื่อนที่



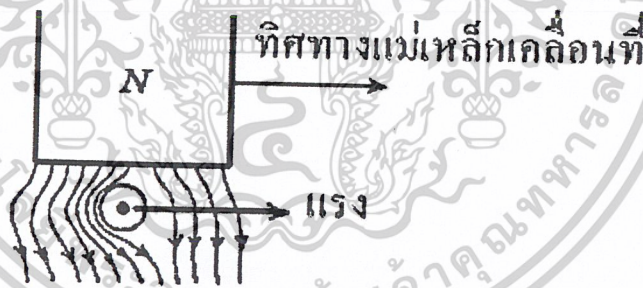
รูปที่ 3.2 แท่งเหล็กรูปตัวคว่ำเข้าหาจานตัวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ผู้ใดเห็นนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าให้งานตัวนำอยู่กับที่แล้วให้แท่งแม่เหล็กเคลื่อนที่ทวนเข็มนาฬิกา ในกรณีนี้เหมือนกับให้แท่งแม่เหล็กอยู่กับที่แล้วให้งานเคลื่อนที่ตามเข็มนาฬิกา ก็ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำแม่เหล็กขึ้นที่งานตัวนำ จะเกิดทั้งแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำและกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ทิศทางของการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ หาโดยใช้กฎมือขวาของเฟลมมิ่ง จะได้ว่าทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำภายใต้ขั้วแม่เหล็ก S จะไหลจากขอบงานตัวนำเข้าสู่ภายใต้ขั้วแม่เหล็ก S ทิศทางการไหลของกระแสเหนี่ยวนำได้โดยใช้กฎมือขวาของเฟลมมิ่ง

จากทิศทางการไหลของกระแสเหนี่ยวนำภายใต้ขั้วแม่เหล็กแต่ละขั้วจะพิจารณาค่าไปอีกว่าที่ขั้วแม่เหล็ก N เส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากกระแสเหนี่ยวนำด้านซ้ายมือจะเสริมกับเส้นแรงแม่เหล็กที่พุ่งออกจากขั้วแม่เหล็ก N และเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสเหนี่ยวนำด้านขวามือจะหักล้างกับเส้นแรงแม่เหล็กที่พุ่งออกจากขั้วแม่เหล็ก N ที่ขั้วแม่เหล็ก S เส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสเหนี่ยวนำด้านซ้ายมือ จะหักล้างกับเส้นแรงแม่เหล็กที่พุ่งเข้าหาขั้วแม่เหล็ก S และในส่วนเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสเหนี่ยวนำจะเสริมกับเส้นแรงแม่เหล็กที่พุ่งเข้าหาขั้วแม่เหล็ก S ทิศทางการเคลื่อนที่ของเส้นแรงแม่เหล็ก ที่เกิดจากกระแสเหนี่ยวนำส่วนนี้หาได้กฎมือขวา (Right hand rule) ดังนั้นลักษณะเป็นเส้นแรงแม่เหล็กรวบรอบตัวนำภายใต้ขั้วแม่เหล็ก N จะเห็นได้จากรูป 3.3 ซึ่งเป็นเส้นแรงแม่เหล็กรวบรอบตัวนำที่งานตัวนำภายใต้ขั้ว



รูปที่ 3.3 ลักษณะเส้นแรงแม่เหล็กรวบรอบตัวนำภายใต้ขั้วแม่เหล็ก N

แม่เหล็ก N นี้ เกิดจากเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสเหนี่ยวนำและเส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วของแม่เหล็ก N เมื่อเป็นเช่นนี้จะทำให้เกิดแรงขึ้นที่ตัวนำภายใต้ขั้วแม่เหล็ก N และมีทิศทางการเคลื่อนที่ไปทางขวามือ ดังรูป 3.3 หรือจากตัวนำจะมีทิศทางการเคลื่อนที่ทวนเข็มนาฬิกานั้นก็คือจากตัวนำจะเคลื่อนที่ไปทางเดียวกับทิศทางการเคลื่อนที่ของแม่เหล็กที่กำหนดไว้ครั้งแรก ซึ่งทิศทางการเคลื่อนที่ของงานตัวนำนี้ก็หาได้โดยใช้กฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง และงานตัวนำดังรูป 3.2 ซึ่งเป็นส่วนเคลื่อนที่นี้จะเคลื่อนที่หรือหมุนด้วยความเร็วที่น้อยกว่าความเร็วของแท่งแม่เหล็กเคลื่อนที่หรือแท่งแม่เหล็กหมุนเสมอ

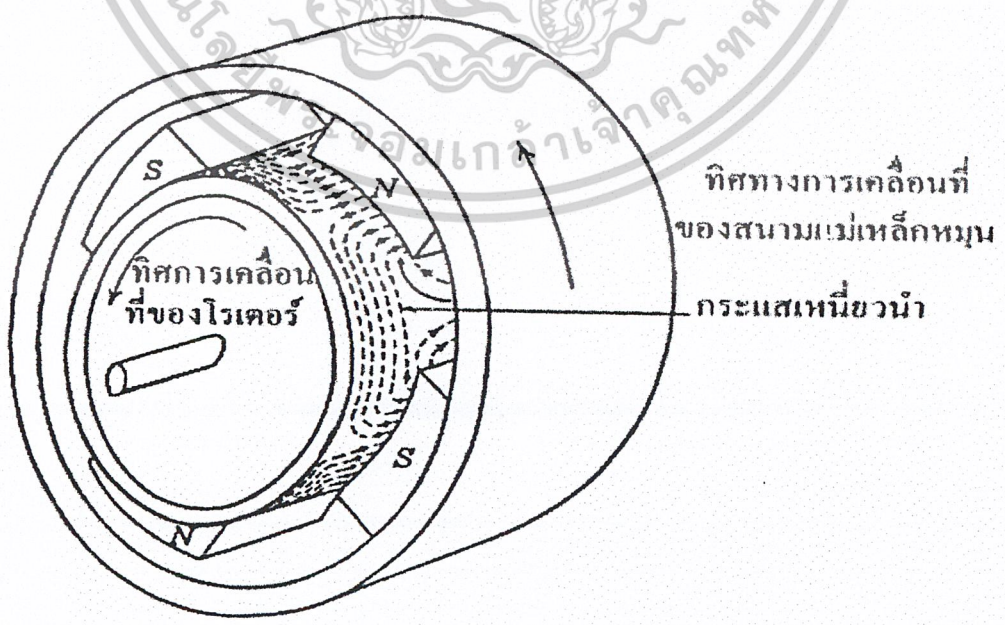
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อให้ส่วนเคลื่อนที่เป็นแกนทรงกระบอก จากรูปที่ 3.4 ส่วนเคลื่อนที่เป็นค้ำนำรูปทรงกระบอก จะอยู่ภายใน โครงเหล็กทรงกระบอกที่มีขั้วแม่เหล็ก N และ S ยึดติดอยู่ 2 คู่หรือมีขนาด 4 ขั้วแม่เหล็กสมมุติว่าถ้าทำให้ค้ำนำของทรงกระบอกอยู่กับที่แล้วขั้วแม่เหล็กที่ยึดติดอยู่กับส่วน โครงเหล็กเคลื่อนที่ทวนเข็มนาฬิกา ก็เหมือนกับว่าถ้าขั้วแม่เหล็กอยู่กับที่แล้วทำให้ค้ำนำทรงกระบอกเคลื่อนที่ตามเข็มนาฬิกา จะเกิดการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นที่ค้ำนำ ทิศทางการเคลื่อนที่หรือการไหลของกระแสเหนี่ยวนำหาได้โดยใช้กฎมือขวาของเฟลมมิ่ง ซึ่งจะได้ว่ากระแสเหนี่ยวนำภายในขั้วของแม่เหล็ก N จะไหลจากขอบแกนทรงกระบอกเข้าสู่ภายในขั้วแม่เหล็ก N และกระแสเหนี่ยวนำภายในขั้วแม่เหล็ก S จะไหลจากแกนทรงกระบอกผ่านภายในขั้วแม่เหล็ก S ไปยังขอบแกนขั้วมือค้ำนำนอก

ดังนั้นทิศทางของกระแสเหนี่ยวนำภายในขั้วแม่เหล็ก N ทั้งสองขั้วนี้จะมีทิศทางเหมือนกันคือไหลจากขอบค้ำนำนอกของแกนค้ำนำขั้วมือ ผ่านขั้ว N ไปสู่ขอบแกนค้ำนำขั้วมือ และทิศทางของกระแสเหนี่ยวนำภายในขั้วแม่เหล็ก S ทั้งสองขั้วก็จะมีทิศทางเหมือนกันคือไหลจากขอบแกนค้ำนำค้ำนำขั้วมือ ภายในขั้ว S ออกมาสู่ขอบแกนค้ำนำค้ำนำขั้วมือ

เมื่อเกิดกระแสเหนี่ยวนำขึ้นภายในขั้วแม่เหล็กแล้ว จะทำให้แกนค้ำนำทรงกระบอกเคลื่อนที่ที่หมุนไป ซึ่งทิศทางการเคลื่อนที่ที่หมุนไปของแกนค้ำนำทรงกระบอกนี้หาโดยใช้กฎมือซ้ายของ เฟลมมิ่ง คือการนิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ และนิ้วกลางให้ตั้งฉากซึ่งกันและกัน มือให้นิ้วชี้แทนการเคลื่อนที่ของเส้นแรงแม่เหล็ก N หรือ S แล้วนิ้วหัวแม่มือแทนการเคลื่อนที่ของแกนค้ำนำทรงกระบอกที่เคลื่อนที่ไป ดังนั้นจะทำให้แกนค้ำนำทรงกระบอก ตามรูป 3.4 หมุนทวนเข็มนาฬิกาตามทิศทางการเคลื่อนที่ของขั้วแม่เหล็กที่กำหนดไว้ครั้งแรก



รูปที่ 3.4 ค้ำนำรูปทรงกระบอกเคลื่อนที่เนื่องจากกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก

$$B = \mu H \quad (3.4)$$

โดยที่

B = ความหนาแน่นของฟลักซ์แม่เหล็ก (Tesla)

μ = ความซึมซาบได้ของวัสดุ (H/m)

เมื่อแทนค่าสมการ (3.3) ในสมการ (3.4) จะได้สมการ

$$B = \mu \{ (NI)/L \} \quad (3.5)$$

สมการฟลักซ์แม่เหล็ก

$$\Phi = BA \quad (3.6)$$

โดยที่

Φ = ฟลักซ์แม่เหล็กหรือปริมาณเส้นแรงแม่เหล็ก (Wb)

A = พื้นที่หน้าตัด (m^2)

เมื่อแทนค่าสมการ (3.5) ในสมการ (3.6) จะได้สมการ

$$\Phi = \mu \{ (NI)/L \} A \quad (3.7)$$

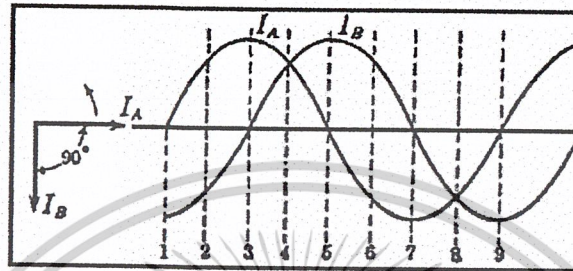
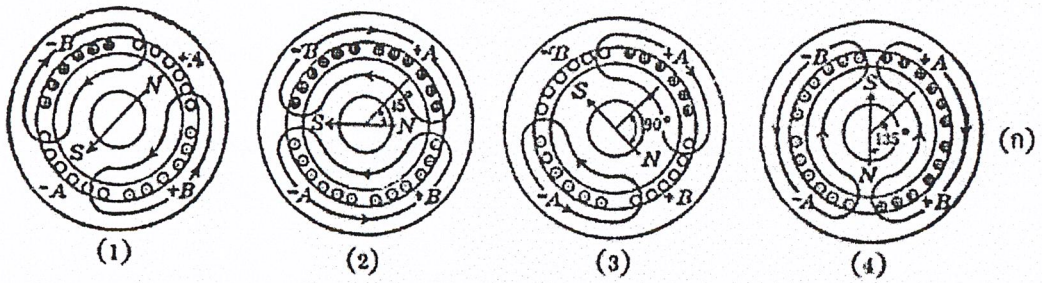
จากสมการ (3.7) การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าจะแปรผันตามจำนวนรอบกระแสไฟฟ้าในขดลวดและพื้นที่หน้าตัดของทางเดินเส้นแรงแม่เหล็กแต่แปรผกผันกับความยาวขดลวด

3.3 สนามแม่เหล็กหมุน (Revoling field หรือ Rotaring field)

สนามแม่เหล็กหมุนในมอเตอร์ในมอเตอร์สองเฟส ก่อนอื่นต้องทำความเข้าใจให้ดีกว่านั้นว่า มอเตอร์หนึ่งเฟส จะมีขดลวดสนามแม่เหล็กสเตเตอร์หนึ่งชุด ต่อขั้วแม่เหล็กหนึ่งขั้วในมอเตอร์สองเฟสจะมีขดลวดสนามแม่เหล็กสเตเตอร์สองชุดต่อขั้วแม่เหล็กหนึ่งขั้ว และมอเตอร์สามเฟสจะมีขดลวดสนามแม่เหล็กที่สเตเตอร์สามชุดต่อขั้วแม่เหล็กหนึ่งขั้ว

ดังนั้นในกรณีที่กำลังกล่าวอยู่นี้เป็นมอเตอร์สองเฟส ถ้าเป็นมอเตอร์ชนิดสองขั้วแม่เหล็กหรือสองโพล คือมีขั้ว N หนึ่งขั้วและขั้ว S หนึ่งขั้ว ขั้ว N ก็จะมีขดลวดสนามแม่เหล็ก 2 ชุด และที่ขั้ว S จะมีขดลวดสนามแม่เหล็ก 2 ชุดเช่นเดียวกัน โดยที่ขดลวดแต่ละชุดห่างกัน 90 องศาไฟฟ้า

เพื่อให้เกิดความเข้าใจได้ง่าย จะกล่าวถึงขดลวดสเตเตอร์ชนิดที่พันลงในสล๊อทละหนึ่งคอยล์ที่เรียกว่า Single layer ตามรูป 3.5 ก ดังนั้นขดลวดทั้งชุด ก และ ข ภายใต้ขั้วแม่เหล็ก N หรือขั้วแม่เหล็ก S ดังนั้นจะพันลงในสล๊อทให้ห่างกัน 90 องศาไฟฟ้า หรือที่เรียกว่าแรงดันไฟฟ้าเฟสที่หนึ่งจะนำหน้าแรงดันไฟฟ้าเฟสที่สองเป็นมุม 90 องศาไฟฟ้า



รูปที่ 3.5 สนามแม่เหล็กหมุนของมอเตอร์สองเฟสชนิดสองโพล

เพื่อให้เกิดความเข้าใจได้ง่าย จะกล่าวถึงขดลวดสเตเตอร์ชนิดที่พันลงในสล็อตหนึ่งคอลลที่เรียกว่า Single layer ตามรูป 3.5 ก ดังนั้นขดลวดทั้งสองชุด ก และชุด ข ภายใต้ขั้วแม่เหล็ก N หรือขั้วแม่เหล็ก S ดังนั้นจะพันลงในสล็อตให้ห่างกัน 90 องศาไฟฟ้า

จากรูป 3.5 ก ขดลวดชุด A หรือเฟส A มีต้นกับปลายคือ +A และ -A ขดลวดชุด B หรือเฟส B มีต้นกับปลายคือ +B และ -B สมมติให้จากระบบสองเฟสที่เป็นบวกไหลเข้าขดลวดด้าน + ออกทางด้าน - และกระแสไฟฟ้าที่เป็นลบเข้าขดลวดทางด้าน - ออกทางด้าน + สำหรับรูป 3.1 ข เป็นลักษณะไฟสองเฟสคือ กระแสไฟเฟส A ia และกระแสไฟเฟส B ib กระแสไฟเฟส ib จะเกิดการล้าหลังไฟ ia อยู่ 90 องศาไฟฟ้า เมื่อป้อนกระแสไฟฟ้า ia และ ib เข้าขดลวดเฟส A และเฟส B จะเกิดผลดังนี้

ณ จุดที่ 1 ในรูป 3.5 ก และรูป 3.5 ข กระแส ia มีค่าเป็นศูนย์ กระแส ib มีค่าเป็นลบสูงสุด (-ib) ดังนั้นกระแส i จะไหลเข้าขดลวดเฟส B ที่ด้าน -B และไหลออกทางด้าน +B เมื่อทราบทิศทางของกระแสไหลในขดลวดแต่ละเฟสแล้ว ก็ทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กเคลื่อนที่ได้โดยใช้มือขวากำขดลวดแต่ละขดละด้าน ให้หัวแม่มือแทนทิศทางกระแสส่วนนิ้วทั้งสี่ที่เหลือจะแทนทิศทางเคลื่อนที่ของเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากขดเฟส B จะเคลื่อนที่ที่แยงจากขวามือไปสู่ซ้ายมือ หรือจากด้าน A ไปสู่ด้าน -A ของขดลวดเฟส A

ณ จุดที่ 2 กระแส ia จะมีค่าเป็นบวกจึงไหลเข้าขดลวดเฟส A ที่ด้าน +A และไหลออกที่ด้าน A- กระแส ib จะมีค่าเป็นลบ จึงไหลเข้าขดลวดเฟส B ที่ด้าน B- และไหลออกที่ด้าน +B เมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้มือขวาหาทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดทั้งสองเฟสแล้ว ก็จะได้ว่าเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากเฟส A ที่ด้าน +A และเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากขดลวดเฟส B ที่ด้าน -B จะมีทิศทางการเคลื่อนที่เสริมกัน และเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดเฟส A ที่ด้าน -A เส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดเฟส B ที่ด้าน +B จะมีทิศทางการเคลื่อนที่เสริมกันทำให้เส้นแรงแม่เหล็กเคลื่อนที่ในแนวระดับจากขวาไปซ้ายมือ

ณ จุดที่ 3 กระแส ia มีค่าเป็นบวกจึงไหลเข้าขดลวดเฟส A ที่ด้าน +A และไหลออกที่ด้าน -A กระแส Ib จะมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้นขดลวดเฟส B จึงไม่มีกระแสไฟไหลเข้า เมื่อใช้มือขวาหาทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กเคลื่อนที่ที่จะพบว่าเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจะเคลื่อนที่เคลื่อนที่เคลื่อนที่ทแยงขึ้นทางขวามือไปทางซ้ายมือ

ณ จุดที่ 4 กระแส ia และ ib เป็นบวก จึงไหลเข้าขดลวดเฟส A และเฟส B ที่ด้าน +A และด้าน +B และไหลออกทางด้าน -A และด้าน -B ตามลำดับ เมื่อใช้กฎไขควงมือขวาหาทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากขดลวดทั้ง 2 เฟส จะพบว่าเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดเฟส A และ เฟส B มีทิศทางการเคลื่อนที่เสริมกัน

3.4 หลักของการเหนี่ยวนำร่วม

การเหนี่ยวนำร่วม (Mutual inductance) การไหลของประจุหรือกระแสสามารถทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก ถ้ากระแสแปรเปลี่ยนตามเวลาไหลผ่านขดลวดมีความเหนี่ยวนำ L_1 ดังนั้นเกิดสนามของฟลักซ์แม่เหล็กแปรเปลี่ยนตามเวลา เหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันตามกฎของฟาราเดย์ (Faraday law) ถ้าหากส่วนของฟลักซ์แปรเปลี่ยนตามเวลาที่เกิดขึ้นในตัวเหนี่ยวนำ L_1 (Inductor) เชื่อมต่อเข้ากับขดลวดอื่นๆ ซึ่งมีความเหนี่ยวนำ L_2 ทำให้แรงดันถูกเหนี่ยวนำคครวมที่ขั้ว L_2 เมื่อขดลวดจำนวนสองขดหรือมากกว่าเชื่อมต่อกันโดยสนามแม่เหล็กร่วม (Mutual magnetic field) เกิดขึ้นจริงและวงจรไฟฟ้าที่มีความเหนี่ยวนำร่วมจึงหมายถึงวงจรที่เชื่อมต่อกัน โดยสนามแม่เหล็ก

ความเหนี่ยวนำร่วม (Mutual inductance) เนื่องจากสนามแม่เหล็กเปลี่ยนแปลงทำให้เกิดกระแสไม่คงที่และสามารถเหนี่ยวนำแรงดันคครวมขดลวด โดยอาศัยการสังเกตดังกล่าวจึงนำไปสู่แนวความคิดของการคล้องของฟลักซ์แม่เหล็ก (Magnetic flux linkage) $\lambda = N \Phi$ เนื่องจากส่วนประกอบการเหนี่ยวนำเชิงเส้นฟลักซ์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับการไหลของกระแส นั่นคือจำนวนการคล้องของฟลักซ์ คือ $\lambda = Li$ ค่าคงที่สัดส่วนได้ L คือความเหนี่ยวนำที่ได้จากกฎของฟาราเดย์แสดงความสัมพันธ์การกำเนิดแรงดันเหนี่ยวนำกับอัตราการเปลี่ยนแปลงของการคล้องของฟลักซ์

$$V = d\lambda / dt$$

$$\text{แทน } \lambda = Li \text{ จะได้}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน $V = L(di/dt)$ เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าตัวนำเหนี่ยวนำหรือขดลวดสองขดวางใกล้กันการไหลของกระแสที่เปลี่ยนแปลง เกิดการคดของฟลักซ์ในขดลวดและเหนี่ยวนำให้เกิดแรงดันในขดลวดอีกด้านหนึ่ง เช่น ในรูปที่ 3.5 แรงดัน V_1 เกิดจากกระแส i_1

$$V_{11} = L_1 (di_1 / dt)$$

เนื่องจากการคดของฟลักซ์ที่เกิดจากกระแส i_2 ทำให้แรงดันในขดลวดเพิ่มขึ้น

$$V_{12} = M_{12} (di_2 / dt)$$

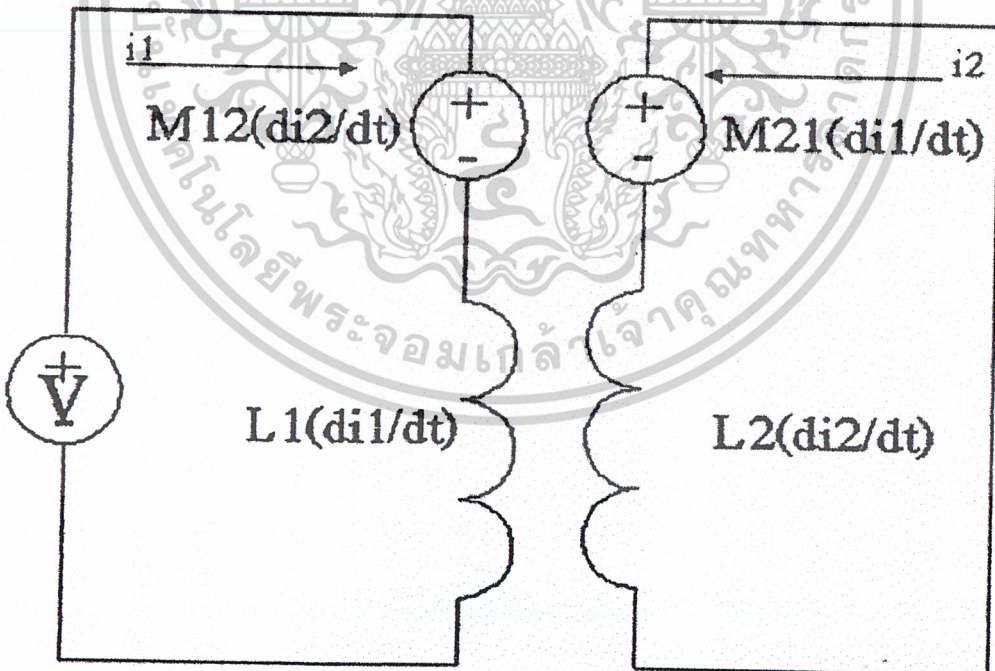
เมื่อส่วนประกอบของวงจรเป็นเชิงเส้นใช้หลักการทับซ้อน จะได้แรงดันตกคร่อมขดลวดทั้งหมดคือ

$$V_1 = V_{11} + V_{12} = L_1 (di_1 / dt) \pm M_{12} (di_2 / dt) \tag{3.8}$$

โดยที่เครื่องหมายบวก (+) หรือลบ (-) ขึ้นกับการวางขดลวดจริง ๆ ในทำนองเดียวกันกับสมการแรงดันตกคร่อมขดลวด 2 คือ

$$V_2 = V_{22} + V_{21} = L_2 (di_2 / dt) \pm M_{21} (di_1 / dt) \tag{3.9}$$

พารามิเตอร์ M_{12} และ M_{21} เรียกว่า ความเหนี่ยวนำร่วม (Mutual inductance)



รูปที่ 3.6 แสดงการเหนี่ยวนำร่วม

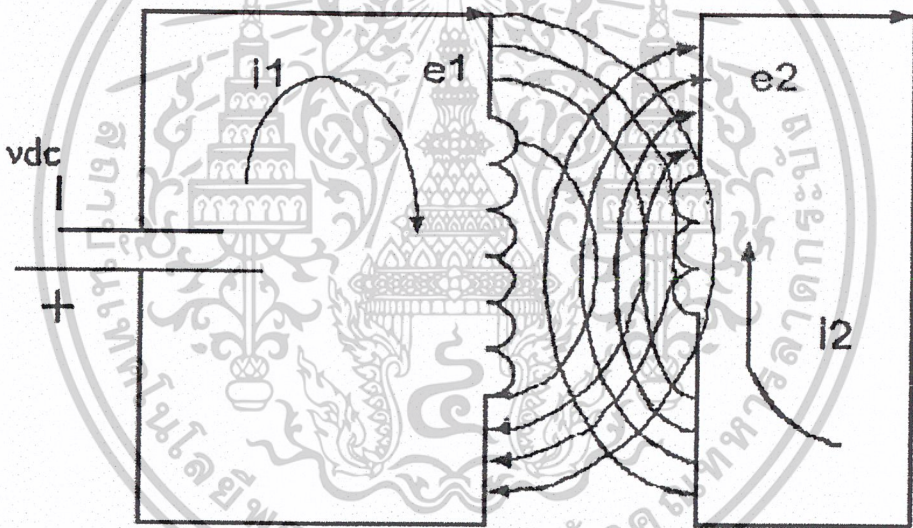
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเราจ่ายแรงดันกระแสตรงให้กับขดลวดจะทำให้มีกระแส i_1 ไหลภายในรูปที่ 1 โดยกระแสเกิดขึ้นจากสมการ ที่ 3.99 ตามรูปที่ 3.7

$$i = V/R$$

โดยที่ i_1 จะแปรผันตรงกับการจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (V_{dc}) และแปรผกผันกับ Reluctance กระแสที่ไหลจะทำให้มี ϕ_1 เกิดขึ้นโดยที่ ϕ_1 ขึ้นอยู่กับกระแสและจำนวนรอบของขดลวดทำให้เกิดสนามไฟฟ้าขึ้น

เมื่อ โรเตอร์ที่อยู่ในมีลักษณะเป็นบาร์เคลื่อนตัดสนามไฟฟ้า ทำให้ฟลักซ์ที่เกิดจาก i_1 เหนี่ยวนำบาร์ของโรเตอร์แต่ละบาร์เปรียบเสมือนขดลวดตัวนำที่ต่อลัดวงจร ดังรูปที่ 3.6 จะเห็นว่า ϕ_1 ที่เกี่ยวข้องทำให้เกิดลัดวงจรทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นภายในบาร์ ดังสมการ



รูปที่ 3.7 แสดงเสมือนการเกิดฟลักเหนี่ยวนำระหว่างสเตเตอร์และ โรเตอร์แต่ละบาร์ที่ทดสอบ

$$e_2 = N_2 d\phi_1 / dt$$

โดยที่ $N_2 = 1$ e_2 แปรผันตาม ϕ_1

เมื่อเกิด e_2 ในรูปที่ 2 จะทำให้มีกระแสไหลภายในรูปที่ 2 (i_2) ก็จะทำให้เกิดฟลัก 2 (ϕ_2) เกี่ยวข้องกลับไปขดลวดสเตเตอร์ ทำให้เกิด e_1 ขึ้นในรูปที่ 1

$$i_1 = (V - e_1) / R$$

เมื่อ

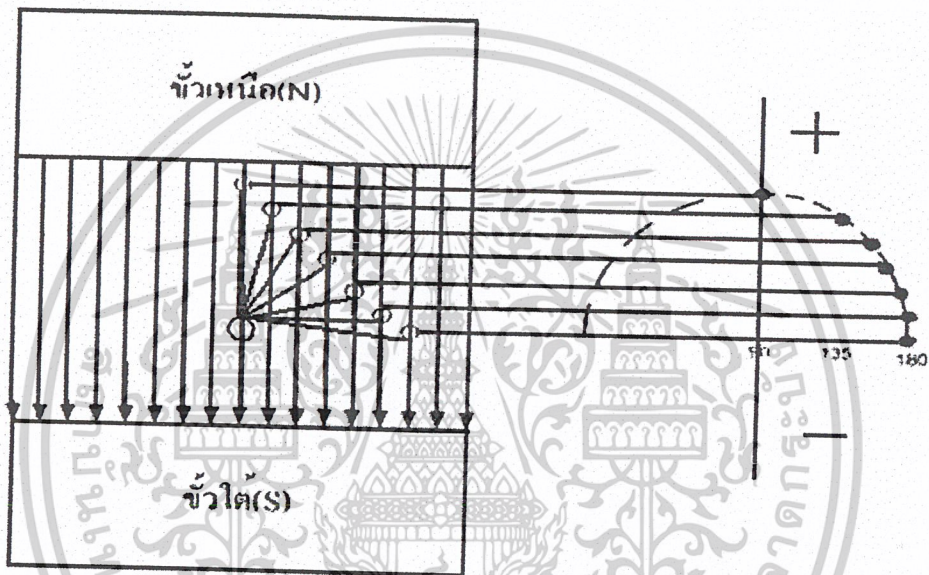
$$e_1 = N_1 d\phi_2 / dt$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นกระแสไฟฟ้าในรูปที่ 1 ขึ้นอยู่กับฟลักซ์ขึ้นในรูปที่ 2 ซึ่งแสดงรูปคลื่นจะติไม่ตินั้น ขึ้นอยู่กับบาร์แต่ละบาร์ของโรเตอร์นั้น ๆ

ส่งผลให้เกิดกระแสที่ไหลในรูปที่ 1 เกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อนำความต้านทานขนาด 1Ω มาต่อยังขดลวดสเตเตอร์ในรูปที่ 1 เพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงของกระแสที่เกิดขึ้น ซึ่งกระแสที่ได้เป็นกระแสสลับจะกล่าวในข้อถัดไป

3.5 การเกิดสัญญาณเป็นกระแสสลับเกิดจากการหมุนของโรเตอร์ตัดสนามแม่เหล็ก



รูปที่ 3.8 แสดงตัวหมุนตัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

จากรูปที่ 3.8 เส้นแรงไฟฟ้าที่เกิดขึ้นระหว่างขั้วระหว่างขั้วเหนือและขั้วใต้เมื่อ โรเตอร์หมุน บาร์ของโรเตอร์แต่ละบาร์ ตัดผ่านสนามแม่เหล็กบาร์แต่ละบาร์เปรียบเสมือนตัวนำตัดผ่านนั่นเอง ในขณะที่ตัวนำ ตัดสนามแม่เหล็กเกิดแรงเคลื่อน ชักนำทำให้มีกระแสไหลในตัวนำถ้าตัวนำตั้งฉาก ในสนามแม่เหล็กจะไม่เกิด 0 องศาหมุนไปเรื่อยๆองศาของชายนั้นก็เปลี่ยนแปลงตามตัวนำที่ตัด สนามแม่เหล็กและเมื่อตัวนำขนานกับสนามแม่เหล็กก็จะเกิดที่มุม 90 องศา แสดงในรูปที่ 3.8

3.6 กฎของเลนส์

กฎของเลนส์กล่าวไว้ว่าแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นจะต้องเป็นไปตามทิศทางของกระแสที่เกิดขึ้น จากตัวมันและกระแสดังกล่าวนี้ เป็นตัวทำให้เกิดฟลักซ์ที่มีทิศทางตรงกันข้ามกับการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ในฟลักซ์ที่เกิดขึ้นในตอนแรกหรือฟลักซ์ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำซึ่งอีกนัยหนึ่งคือเมื่อจ่ายไฟเข้าที่ขดลวดสเตเตอร์ จะทำให้มีกระแสไหลเป็นผลทำให้เกิดฟลักซ์แม่เหล็ก และเกิดกระแสไหลที่โรเตอร์ ทำให้เกิดการพยายามต่อต้านการเพิ่มขึ้นของฟลักซ์ที่เกิดขึ้นในสเตเตอร์ จะมีทิศทางตรงกันข้ามกับฟลักซ์ที่เกิดขึ้นในโรเตอร์ ในทิศทางกลับกันเมื่อเราหยุดจ่ายไฟให้สเตเตอร์ตามกฎของเลนส์ กระแสทางด้านโรเตอร์จะพยายามต่อต้านการยุบตัวของฟลักซ์ทางด้านสเตเตอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ไมโครคอนโทรลเลอร์

4.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51

MCS – 51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิปเดี่ยวที่มีข้อดีเมื่อเทียบกับไมโครโปรเซสเซอร์ขนาด 8 บิต ตระกูลอื่น ดังนี้

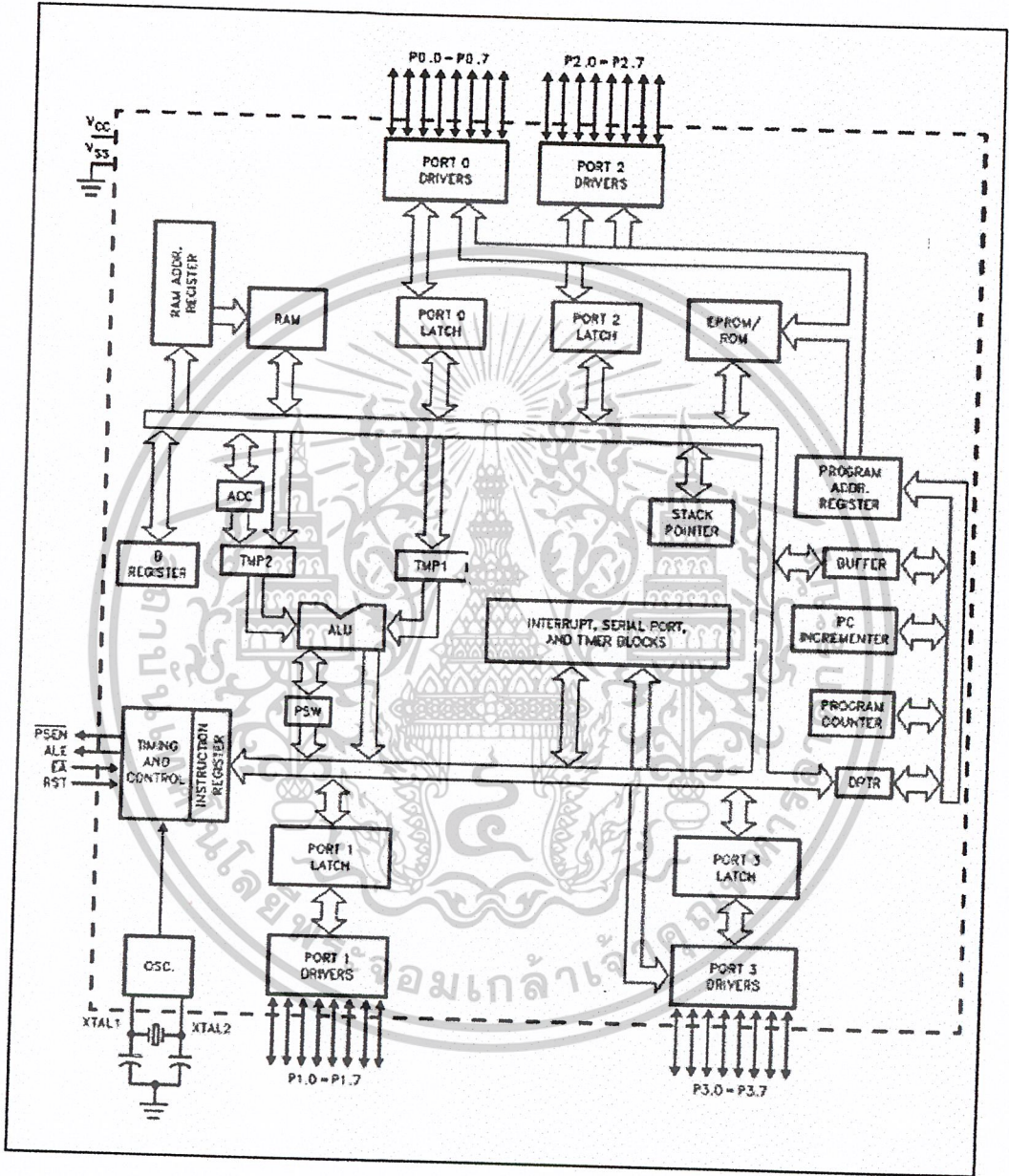
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไป (RAM) บรรจุไว้ภายใน 128-256 ไบต์
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานอยู่ภายในจำนวน 4 กิโลไบต์
- มีวงจรตั้งเวลาวางจรนับขนาด 16 บิต 2 ตัวอยู่ภายใน
- มีวงจรรับส่งข้อมูลอนุกรมได้ 2 ทิศทาง
- มีสัญญาณนาฬิกาภายในตัว
- มีพอร์ตที่สามารถรับหรือส่งข้อมูลได้ 2 ทิศทาง จำนวน 4 พอร์ตๆ ละ 8 บิตนอกจากนี้

MCS-51 ยังมีคุณสมบัติอื่นๆที่น่าสนใจคือ

- ต้องการแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์เพียงชุดเดียว
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิปได้อย่างละ 6 กิโลไบต์
- จัดลำดับความสำคัญของสัญญาณอินเทอร์รัปต์ได้ 2 ระดับ
- รับและส่งข้อมูลแบบอนุกรมได้ในตัว โดยสามารถกำหนดอัตราเร็วในการรับและส่งข้อมูลได้ตั้งแต่ 300 ถึง 375 กิโลบิตต่อวินาที
- สามารถประมวลผลแบบบูลีนเพื่อใช้งานควบคุม โดยเฉพาะ
- มีรีจิสเตอร์สำหรับใช้งานเป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ เพื่อบันทึกจำนวนของสัญญาณนาฬิกาภายในชิป หรือนับการเปลี่ยนสถานะของสัญญาณภายนอกขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัว เพื่อใช้สำหรับนับจำนวนพัลส์ วัดความกว้างของพัลส์หรือใช้วัดช่วงเวลา
- หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลในบางส่วนสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ทั้งระดับไบต์และในระดับบิต เพื่อให้การออกแบบโปรแกรมและการควบคุมระบบงานทำได้ง่ายขึ้น

4.2 สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051

โครงสร้างภายในชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 ชิปเดี่ยวดังรูปที่ 4.1 ซึ่งอธิบายถึงส่วนย่อยๆภายใน 8051



รูปที่ 4.1 แสดงโครงสร้างภายในชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ขาใช้งานต่างๆของไมโครคอนโทรลเลอร์ มีดังนี้

- Vcc ขา 40 เป็นขาที่ป้อนไฟเลี้ยง +5 โวลต์เข้าไปเพื่อให้วงจรสามารถทำงานได้
- Vss ขา 20 เป็นขาที่ต้องต่อกับกราวด์ของแหล่งจ่ายไฟ
- RST ขา 9 รีเซตนี้จะรีเซตการทำงานของ 8051 ถ้าป้อนสัญญาณที่มีสภาวะลอจิก 1 ที่ขา นี้จะเป็นการรีเซตการทำงานกลับไปเริ่มการทำงานจากคำสั่งที่อยู่ในหน่วยความจำตำแหน่ง 0000
- ALE ขา 30 ใช้เป็นขาส่งสัญญาณออกไปภายนอกเพื่อควบคุมการแลตช์ค่าตำแหน่ง ไบต์ค่าจากพอร์ท 0 ในระหว่างการติดต่อหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล โปรแกรมหรือข้อมูล ภายนอก
- PSEN ขา 29 ใช้ส่งสัญญาณเพื่ออ่านคำสั่งจากโปรแกรมที่เก็บไว้ในหน่วยความจำ ภายนอกชิป
- XTAL1 ขา 19 ใช้ต่อคริสตัลภายนอก โดยเป็นอินพุตเข้าสู่วงจรถอสซิลเลเตอร์
- XTAL2 ขา 18 ใช้ต่อคริสตัลภายนอก โดยเป็นเอาต์พุตออกจากวงจรถอสซิลเลเตอร์
- PORT 0 เป็นพอร์ทขนาน 8 บิตอยู่ที่ขา 39 ถึง 32 เริ่มจากบิต 0 ถึง 7 ตามลำดับพอร์ท 0 นี้ ใช้ได้ทั้งการรับส่งตำแหน่งและข้อมูลกับหน่วยความจำหรือใช้รับส่งข้อมูลก็ได้ นอกจากนี้ยังใช้งานได้หลายอย่างดังนี้
 1. ใช้สำหรับส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำที่ต้องการติดต่อด้วย โดย 8 บิตล่างถูกส่งออกไปทางพอร์ท 0 และ 8 บิตบนถูกส่งออกทางพอร์ท 2
 2. ใช้รับส่งข้อมูลกับ Data Memory หรือใช้รับข้อมูลจาก Program Memory
 3. ใช้รับส่งข้อมูลออกจากพอร์ทโดยตรง
- PORT 1 เป็นพอร์ทขนานขนาด 8 บิต อยู่ที่ขา 1 ถึง 8 เริ่มจากบิต 0 ถึง 7 ตามลำดับใช้ทำหน้าที่เป็นตัวรับส่งข้อมูลเท่านั้นไม่สามารถส่งตำแหน่งได้
- PORT 2 เป็นพอร์ทขนานขนาด 8 บิต อยู่ที่ขา 21 ถึง 28 เริ่มจากบิต 0 ถึง 7 ตามลำดับใช้งานเพียง 2 ลักษณะ คือ
 1. ใช้ส่งค่าตำแหน่งหน่วยความจำภายนอกที่ต้องการติดต่อทำงานร่วมกับพอร์ท 0
 2. ใช้เป็นพอร์ทรับส่งข้อมูล
- PORT 3 เป็นพอร์ทขนานขนาด 8 บิต อยู่ที่ขา 10 ถึง 17 เริ่มจากบิต 0 ถึงบิต 7 ตามลำดับนอกจากใช้งานเหมือนพอร์ทอื่นๆแล้วยังใช้งานอื่น โดยสังเขป ดังนี้

P3.0 (RxD)	เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม
P3.1 (TxD)	เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม
P3.2 (INT0)	ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก
P3.3 (INT1)	ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- P3.4 (T0) ใช้เป็นขารับสัญญาณให้เคาน์เตอร์ของไทม์เมอร์ 0
 P3.5 (T1) ใช้เป็นขารับสัญญาณให้เคาน์เตอร์ของไทม์เมอร์ 1
 P3.6 (WR) ใช้เป็นขารับสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลไปยัง
 หน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก

พอร์ท 3 ของ MCS - 51 ถูกใช้เป็นพอร์ทอนุกรมจะใช้ขา TxD และ RxD ในการรับส่งข้อมูลโดยขาทั้ง 2 จะอยู่ในพอร์ท 3 คือ P3.1 หรือ ขา 11 เป็น TxD และ P3.0 หรือขา 10 เป็น RxD พอร์ทอนุกรมของ MCS - 51 สามารถทำงานเป็นแบบ Full Duplex ได้คือสามารถรับส่งข้อมูลในเวลาเดียวกันได้ โดยมีการรับและส่งข้อมูลจะมีบัฟเฟอร์สำหรับเก็บข้อมูลให้ได้

รีจิสเตอร์ที่สำคัญในการรับส่งข้อมูลคือ SBUF และ SCON ซึ่งเป็นรีจิสเตอร์ที่อยู่ใน Special Function Register โดยรีจิสเตอร์ Serial Port Buffer (SBUF) จะอยู่ในตำแหน่ง 99 H ถ้าเขียนข้อมูลลงไปตำแหน่งนี้จะเป็นการส่งข้อมูลออกจากพอร์ทอนุกรม และถ้าอ่านข้อมูลจากตำแหน่งนี้จะเป็นการรับข้อมูลจากพอร์ทอนุกรม โดยใน SBUF จะประกอบด้วยบัฟเฟอร์ 2 ตัว สำหรับส่งข้อมูลและรับข้อมูล

ถ้ารับ Serial Port Register (SCON) ซึ่งอยู่ในตำแหน่ง 98 H จะเป็นรีจิสเตอร์ที่สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้รีจิสเตอร์นี้จะทำหน้าที่ควบคุม และบอกสถานะต่างๆของการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

ตารางที่ 4.1 แสดง Serial Port Control Register (SCON)

บิต	ชื่อ	ตำแหน่ง	ความหมาย
SCON.7	SM0	9FH	บิตเลือกโหมดการทำงานบิต 0
SCON.6	SM1	9EH	บิตเลือกโหมดการทำงานบิต 1
SCON.5	SM2	9DH	บิตเลือกโหมดการทำงานบิต 2
SCON.4	REN	9CH	บิตแฟลคกำหนดยอมให้มีการรับข้อมูล
SCON.3	TB8	9BH	ค่าของบิต 9 สำหรับการส่งข้อมูลในโหมด 2 และ 3 สามารถเซต และเคลียร์ได้ซอฟต์แวร์
SCON.2	RB8	9AH	ค่าบิต 9 เมื่อรับข้อมูลเข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงโหมดต่างๆของการรับส่งแบบอนุกรม

SM0	SM1	MODE	ความหมาย	Baud Rate
0	0	0	Shift Register	เปลี่ยนแปลงไม่ได้ (Oscillator Frequency / 12)
0	1	1	8-bit UART	สามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยกำหนดจากไทม์เมอร์
1	0	2	9-bit UART	เปลี่ยนแปลงไม่ได้ (Oscillator Frequency / 12หรือ/64)
1	1	3	9-bit UART	สามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยกำหนดจากไทม์เมอร์

ไทม์เมอร์ / เคาน์เตอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ ในตระกูลนี้มีรีจิสเตอร์พิเศษ ที่สามารถเลือกใช้งานเป็น ไทม์เมอร์ หรือ เคาน์เตอร์ อย่างใดอย่างหนึ่งรีจิสเตอร์ประเภทนี้มีอยู่ด้วยกัน 2 ตัว แต่ละขนาด 16 บิต เรียก ไทม์เมอร์ 0 และ ไทม์เมอร์ 1 ตามลำดับ

- ไทม์เมอร์นั้น ค่าในรีจิสเตอร์ที่ใช้เป็น ไทม์เมอร์ที่เลือกใช้งานจะถูกเพิ่มขึ้นทุกเมกซ์ซินไซเคิล
- เคาน์เตอร์นั้นค่าในรีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นเคาน์เตอร์ที่ถูกเลือกใช้งานจะถูกใช้งานจะถูกเพิ่มค่าทีละ 1 เมื่อมีการเปลี่ยนสถานะ

ไทม์เมอร์ 0 และ ไทม์เมอร์ 1

สามารถเลือกการทำงานให้เป็น ไทม์เมอร์ หรือ เคาน์เตอร์ ได้โดยการกำหนดค่าบิตในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ โดยหากบิตนี้มีค่าเป็น 0 หมายถึงเลือกใช้งานใน ไทม์เมอร์ ถ้าบิตนี้มีค่าเป็น 1 หมายถึงเลือกใช้งานเป็น เคาน์เตอร์

นอกจากนี้จะเลือกการทำงานของรีจิสเตอร์ให้เป็นไปตาม ไทม์เมอร์ หรือ เคาน์เตอร์ แล้วในแต่ละการทำงานยังมีการทำงานย่อยอยู่อีก 4 แบบ ตามความเหมาะสมของการใช้งาน

โหมด 0 จะใช้รีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต เป็นตัวนับโดยมีการเพิ่มค่าครั้งละ 1 ทุกครั้งนับสัญญาณได้ครบ 32 ครั้ง โดยในโหมดนี้รีจิสเตอร์ที่ใช้รับเพียง 13 บิต (8 บิตในรีจิสเตอร์ TLx รวมกับ 5 บิต ใน THx)

โหมด 1 การทำงานเหมือน โหมด 0 เว้นแต่ค่าในรีจิสเตอร์ถูกใช้งานครบทั้ง 16 บิตนั่นเอง คือ ไทม์เมอร์ หรือ เคาน์เตอร์ ในโหมดนี้มีขนาด 16 บิต

โหมด 2 ในโหมดนี้จะกำหนดรีจิสเตอร์ใช้งานในการนับเพียง 8 บิต (จากรีจิสเตอร์ TLx) ที่มีการไหลค่าด้วยค่าในรีจิสเตอร์ THx การใช้งานโหมดนี้มีไว้เพื่อสร้างสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่มีความหลากหลายที่

โหมด 3 ในโหมดนี้ไทม์เมอร์ 1 จะไม่มีการนับแต่ไทม์เมอร์จะบังคับให้รีจิสเตอร์ TLO ของไทม์เมอร์ 0 ถูกใช้เป็นไทม์เมอร์เพียงอย่างเดียว การทำงาน โหมด 3 มีไว้เพื่อใช้งานที่ต้องการไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ขนาด 8 บิตเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าในรีจิสเตอร์ TMOD ค่าต่างๆ สำหรับ Timer 0

โหมด	ฟังก์ชันไทม์เมอร์ 0	ควบคุมจากโปรแกรม	TMOD ควบคุมจากฮาร์ดแวร์ภายนอก
0	13 bit Timer	00H	08H
1	13 bit Timer	01H	09H
2	8 bit Auto Reload	02H	0AH
3	two 8 bit Timer	03H	0BH

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าในรีจิสเตอร์ TMOD ค่าต่างๆ สำหรับ Counter 0

โหมด	ฟังก์ชันไทม์เมอร์ 0	ควบคุมจากโปรแกรม	TMOD ควบคุมจากฮาร์ดแวร์ภายนอก
0	13 bit Timer	04H	0CH
1	13 bit Timer	05H	0CH
2	8 bit Auto Reload	06H	0EH
3	two 8 bit Timer	07H	0FH

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าในรีจิสเตอร์ TMOD ค่าต่างๆ สำหรับ Timer 1

โหมด	ฟังก์ชันไทม์เมอร์ 0	ควบคุมจากโปรแกรม	TMOD ควบคุมจากฮาร์ดแวร์ภายนอก
0	13 bit Timer	00H	80H
1	13 bit Timer	10H	90H
2	8 bit Auto Reload	20H	A0H
3	Does not run	30H	B0H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าในรีจิสเตอร์ TMOD ค่าต่างๆ สำหรับ Counter 1

โหมด	ฟังก์ชันไทมเมอร์ 0	ควบคุมจากโปรแกรม	TMOD ควบคุมจากฮาร์ดแวร์ภายนอก
0	13 bit Timer	40H	C0H
1	13 bit Timer	50H	D0H
2	8 bit Auto Reload	60H	E0H
3	not available	--	--

4.4 รีจิสเตอร์สำหรับใช้งานทั่วไปใน MCS-51

รีจิสเตอร์ A B และรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 ซึ่งอยู่ในหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายในชิปบริเวณ 128 ไบต์แรก รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 ใน MCS-51 มีอยู่ด้วยกันทั้งหมด 4 กลุ่ม แต่ละกลุ่มประกอบด้วยรีจิสเตอร์ จำนวน 8 ตัว (R0-R7) ซึ่งมีชื่อเรียกเหมือนกัน ดังนั้นรีจิสเตอร์ที่ใช้งานทั่วไป R0-R7 ใน MCS-51 จึงมีทั้งหมด 32 ตัวในการทำงานขณะใด ๆ รีจิสเตอร์ทั้ง 4 กลุ่ม (R0-R7) จะถูกเลือกใช้งานเพียงกลุ่มเดียวเท่านั้น การเลือกใช้งานรีจิสเตอร์ R0-R7 กลุ่มใดกลุ่มหนึ่งใน 4 กลุ่ม กระทำโดยการเซตหรือเคลียร์บิต RS0 RS1 ในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ PSW

4.5 รีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษใน MCS-51

ใน MCS-51 รีจิสเตอร์จะใช้หน่วยความจำ RAM ภายในชิป โดยส่วนหนึ่งเป็นรีจิสเตอร์พิเศษ (Special Function Register SFR) ซึ่งมีทั้งหมด 21 ตัว โดยมีรีจิสเตอร์พิเศษต่างๆ จะเริ่มที่หน่วยความจำตั้งแต่ 80H ถึง FFH ซึ่งมีทั้งหมด 128 ตำแหน่ง แต่จะเป็นรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษเพียง 21 ตำแหน่ง แต่ถ้าเป็น 8032/80512 จะใช้ 26 ตำแหน่ง หรือมี SFR 26 ตัว

ตารางที่ 4.7 แสดงรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ PSW (Program Status Word)

บิต	ชื่อบิต	ตำแหน่ง	ความหมาย
PSW.7	CY	D7H	Carry Flag
PSW.6	AC	D6H	Auxiliary Carry Flag
PSW.5	F0	D5H	Flag 0
PSW.4	RS1	D4H	บิตสำหรับเลือกรีจิสเตอร์ แบงค์ 1
PSW.3	RS0	D3H	บิตสำหรับเลือกรีจิสเตอร์ แบงค์ 2

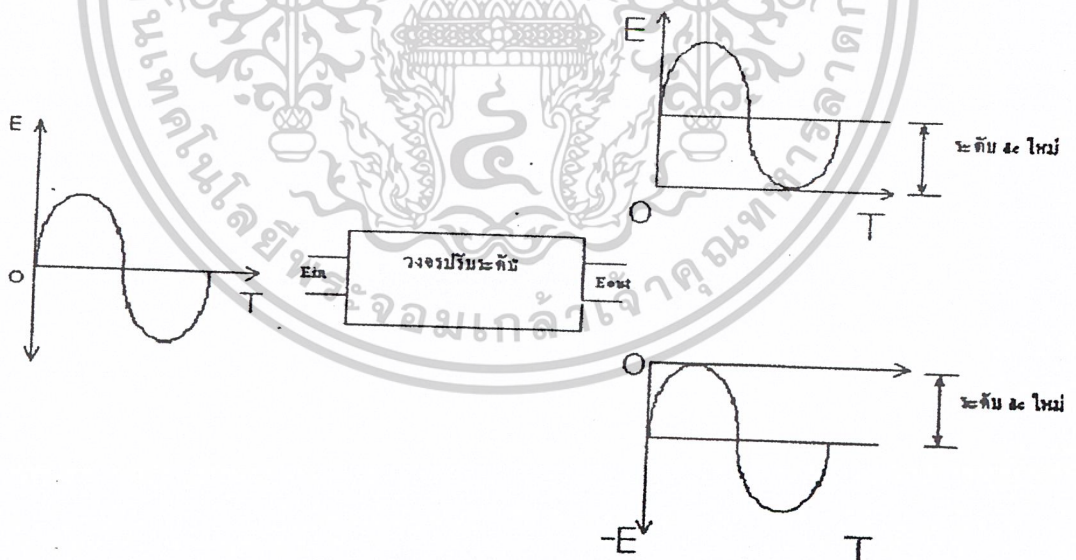
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			00 = Bank 0; Address 00H-07H 01 = Bank 1; Address 08H-0FH 10 = Bank 2; Address 10H-17H 11 = Bank 3; Address 18H-1FH
PSW.2	0V	D2H	Overflow Flag
PSW.1	-	D1H	Reserved
PSW.0	P	D0H	Even Parity Flag ^{7.20}

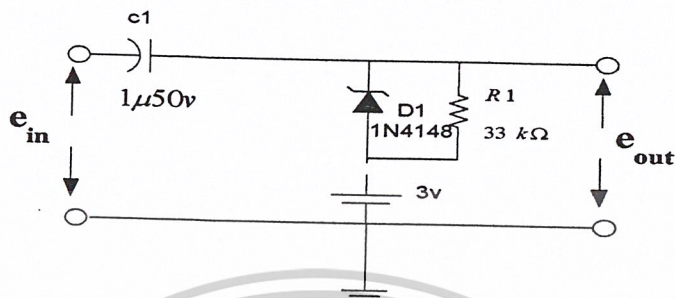
4.6 วงจรปรับระดับสัญญาณ (Clamper Circuit)

วงจรปรับระดับสัญญาณ (Clamper Circuit) เป็นวงจรไฟฟ้าซึ่งสามารถปรับหรือเปลี่ยนระดับของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าได้โดยทั่วไปมักหมายถึงการเปลี่ยนแปลงหรือปรับระดับขนาดของสัญญาณกระแสตลับให้มีระดับที่ต้องการ โดยมีลักษณะของคลื่นสัญญาณกระแสตรงใดๆก็ได้วงจรดังกล่าว นี้โดยบางทีถูกเรียกว่า “วงจรเพิ่มกระแสตรง” (DC Restorer) หรือวงจรเติมกระแสตรงมี (DC Inserter Circuit) สัญญาณที่เอาท์พุทจะมีลักษณะเหมือนกับสัญญาณอินพุททุกประการ นอกจากระดับกระแสตรงซึ่งเป็นระดับเปรียบเทียบเท่านั้นที่มีการเปลี่ยนแปลงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงคุณสมบัติและลักษณะของสัญญาณแรงดันรูปไซน์ที่อินพุทและเอาท์พุทของวงจรปรับระดับแรงดัน

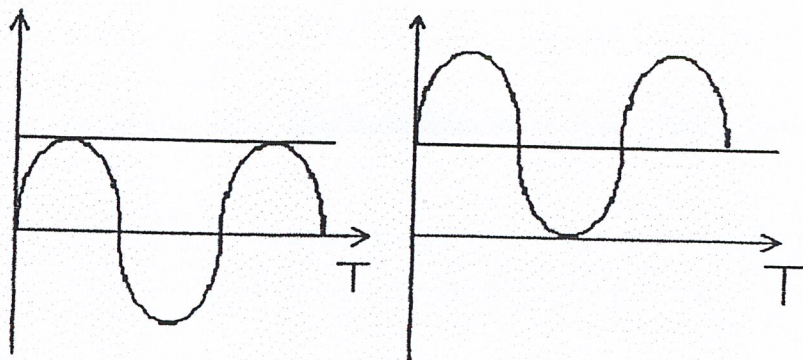
ซึ่งในโครงการนี้จะใช้วงจรปรับระดับแรงดันค่านเอาท์พุทให้อยู่ในระดับแรงดันค่าหนึ่งค่าใดที่ไม่เป็นศูนย์ซึ่งจากรูปที่ 2 เป็นวงจรที่เพิ่มเบตเตอร์รี่ ซึ่งมีแรงดันคงที่ E เข้าไปในวงจรแรงดันเอาท์พุทจะมีแรงดันค่าสุดท้ายอยู่ระดับ E โวลต์เท่ากับของเบตเตอร์รี่



รูปที่ 4.3 แสดงเป็นวงจรที่ต่อใช้งานจริง

ซึ่งจากวงจรจะมีหลักการทำงาน คือขณะที่แรงดันอินพุทมีค่า -5 โวลต์ แรงดันนี้จะช่วยเสริมของแรงดันของเบตเตอร์รี่ในวงจรและทำให้ไดโอดรับไบอัสตรง ไดโอดจึงทำงานคล้ายกับเป็นสวิตช์ ดังนั้นแรงดันที่เอาท์พุท จะมีค่าเท่ากับแรงดันของเบตเตอร์รี่ คือ $+3$ โวลต์ ซึ่งที่ส่วน ตัวเก็บประจุจะสะสมประจุทำให้มีแรงดันตกคร่อม 8 โวลต์ และทันทีที่แรงดันอินพุทเปลี่ยนจาก -5 โวลต์ เป็น $+5$ โวลต์ แรงดันนี้จะไปหักล้างกับแรงดันเบตเตอร์รี่ แต่จะเสริมแรงดันที่ตกคร่อมในตัวเก็บประจุผลรวมแรงดันอินพุทและแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ $(+5 + (+8))$ จะค่ามากกว่าค่าแรงดันที่เอาท์พุทจึงมีค่าเท่ากับผลรวมของแรงดันอินพุท และแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ $(+13$ โวลต์) นั่นคือที่ t แรงดันเอาท์พุท = $+3$ โวลต์ ที่ $t+1$ แรงดันอินพุทมีค่าเป็น -5 โวลต์ ไดโอดจะกลายเป็นสวิตช์ปิดแรงดันเอาท์พุทจึงเป็น $+3$ โวลต์ ดังนั้นสัญญาณแรงดันเอาท์พุทจึงมีลักษณะ ดังแสดงใน รูปที่ 4.4

ลักษณะการทำงานของวงจร



รูปที่ 4.4 แสดงเปรียบเทียบการปรับระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

พอร์ทอนุกรม RS232

5.1 คำจำกัดความต่างๆที่เกี่ยวกับการสื่อสารผ่านพอร์ทอนุกรมมีดังนี้

- **Baud Rate** คือ อัตราความเร็วในการส่งถ่ายข้อมูลของพอร์ท ในอดีตพอร์ทจะอัตราในส่วนความเร็วในการส่งถ่ายข้อมูล 1 บิตต่ออัตรา 1 Baud แต่ในปัจจุบันหลังจากที่พอร์ทได้รับการพัฒนาไปอย่างมาก อัตราความเร็วการส่งถ่ายข้อมูล 1 บิต จะไม่เท่ากับอัตรา 1 Baud อีกต่อไป เช่นตามมาตรฐาน V 22bis นั้นอัตรา 1 baud จะเท่ากับ 4 บิต ดังนั้นพอร์ทที่มีความเร็ว 9,000 baud จะเท่ากับอัตราความเร็วในการส่งถ่ายข้อมูล 38,400 บิตต่อวินาที เป็นต้น

- **Bit Per Second** คือ อัตราความเร็วในการส่งถ่ายจำนวนบิตของพอร์ท ในปัจจุบันพอร์ทจะมีอัตราความเร็วในการส่งถ่ายจำนวนบิตมาตรฐานอยู่ที่ 9,600 BPS

- **Through Put** จำนวนของบิตที่สามารถส่งผ่านพอร์ทได้จริงๆภายในช่วงเวลา 1 วินาที ในทางปฏิบัติแม้ว่าพอร์ทจะมีความเร็วเพียงใดก็ตาม อัตราการส่งผ่านข้อมูลผ่านทางพอร์ทในแต่ละช่วงเวลาจะมีค่าไม่เท่ากันตลอดก็ได้ขึ้นอยู่กับปัญหาต่างๆ เช่นการเกิดสัญญาณรบกวนหรือความไม่พร้อมของโฮสต์ปลายทาง เป็นต้น ดังนั้นอัตราการส่งผ่านข้อมูลอาจจะต่ำกว่าความสามารถในการส่งผ่านข้อมูลของพอร์ทก็ได้

5.2 พอร์ทอนุกรม (Serial Port)

เนื่องจากในปัจจุบันมีการใช้งานตามมาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ RS-232 กันอย่างแพร่หลายดังนั้นขอกล่าวรายละเอียดเฉพาะมาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ RS-232 เท่านั้น ซึ่งเป็นมาตรฐานถูกกำหนดโดย EIA ซึ่งเป็นองค์กรอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ของอเมริกา โดยแบ่งการเชื่อมเป็น 2 ลักษณะ คือ DTE (Data Terminal Equipment) และ DCE (Data Communication Equipment) ซึ่งโดยปกติ DTE จะต้องต่อเข้ากับ DCE เสมอ เช่น การต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ (อุปกรณ์ DTE) เข้ากับพอร์ท (อุปกรณ์ DCE) เป็นต้น

พอร์ทอนุกรม RS-232 จะเป็นพอร์ทของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีขาต่อ (Connector) ทั้งประเภท 9 และ 25 ขา และเราเรียกว่า พอร์ท COM 1 และ COM 2 นั้นเองในความเป็นจริงนั้นในส่วนพอร์ทอนุกรมไม่ได้ถูกควบคุมโดยตรงจาก CPU บนเมนบอร์ด แต่การสื่อสารทั้งหมดจะถูกจัดการโดยชิป UART (Universal Asynchronous Receivers/Transmitter) อีกทีหนึ่ง ซึ่งปัจจุบันเปอร์ที่ใช้กันมากที่สุดคือเบอร์ 16550C ซึ่งเป็นเวอร์ชันที่ได้รับการแก้ไขข้อผิดพลาดแล้วซึ่งชิป UART นี้จะทำหน้าที่ในการรับและส่งข้อมูลต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่งข้อมูล (Data Transmission)

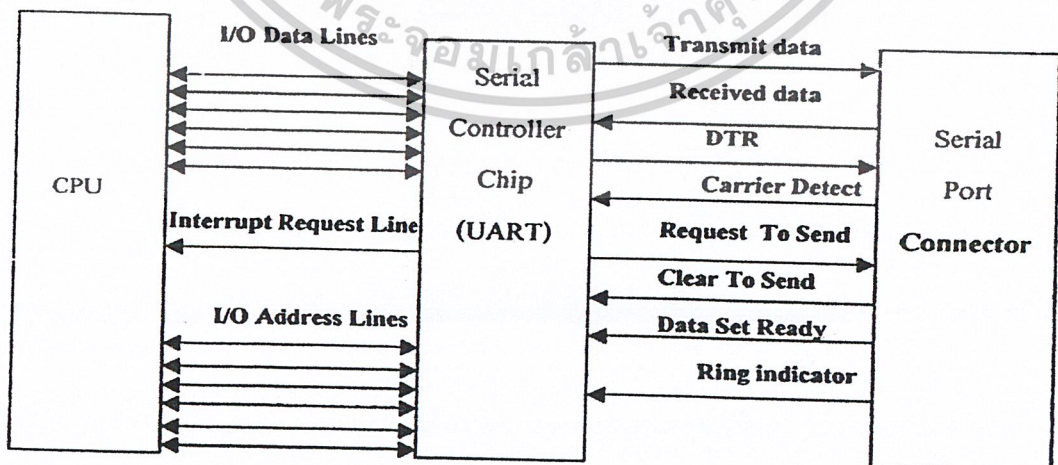
1. รับตัวอักษรจากเครื่องคอมพิวเตอร์
2. แปลงตัวอักษรให้เป็นสายข้อมูลแบบบิต (เราเรียกว่าขบวนการ Serialization)
3. สร้างเฟรมข้อมูลโดยการเพิ่มบิตที่จำเป็นสำหรับการสื่อสารและการตรวจสอบ เช่น บิต Star Stop และ Parity เป็นต้น
4. ส่งผ่านเฟรมข้อมูลที่สร้างขึ้นมาแล้วจากขั้นตอนในส่วนที่ผ่านมา ด้วยความเร็วของพอร์ทอนุกรม (Baud Rate)
5. แสดงสถานะความพร้อมที่จะรับข้อมูลตัวอักษรถัดไปให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อรับ

ข้อมูล (Data Receiver)

1. รับตัวอักษรจากอินเตอร์เฟส
2. ตรวจสอบความถูกต้องของเฟรมข้อมูล ตามมาตรฐานเฟรมที่กำหนดโดยถ้าเฟรม

ข้อมูลมีรูปแบบที่ไม่ถูกต้องก็จะมีแจ้งเตือนผิดพลาดทันที

1. ตรวจสอบความถูกต้องของพาริตี
2. แปลงสายข้อมูลแบบบิตให้เป็นตัวอักษร
3. ส่งตัวอักษรให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์
4. แสดงสถานะความพร้อมที่จะรับข้อมูลตัวอักษรถัดไปให้กับอินเตอร์เฟส สำหรับการเชื่อมต่อสายสัญญาณต่างๆระหว่าง CPU ของเมนบอร์ดของเครื่องคอมพิวเตอร์กับพอร์ทอนุกรมนั้น จะต้องกระทำการผ่านชิป UART ซึ่งจะมีวิธีการเชื่อมต่อดังรูปข้างล่าง



รูปที่ 5.1 แสดงการเชื่อมต่อสายสัญญาณระหว่าง CPU ของเครื่องคอมพิวเตอร์กับพอร์ทอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปจะเห็นได้ว่าการเชื่อมต่อระหว่าง UART กับพอร์ทอนุกรมนั้น มีสายสัญญาณมากมายที่ช่วยให้การสื่อสารมีความถูกต้องมากขึ้น โดยที่สายสัญญาณแต่ละเส้นมีความหมายดังต่อไปนี้

- **Transmit Data (TD)**

เป็นวงจรที่สร้างสัญญาณ Transmit Data ซึ่งถูกส่งออกมาจาก DTE ไปยัง DCE ซึ่งสัญญาณที่ส่งออกมาอาจเป็น ไค้คคำสั่งของพอร์ทหรือข้อมูลก็ได้

- **Received Data (RD)**

เป็นวงจรที่สร้างสัญญาณ Received Data ซึ่งถูกส่งมาจาก DCE ไปยัง DTE ซึ่งสัญญาณที่ส่งออกมาจะเป็น ไค้คคำสั่งของพอร์ทหรือข้อมูลก็ได้ ซึ่งเป็นสัญญาณที่มีทิศทางตรงข้ามกับสัญญาณ Transmit Data

- **Data Terminal Ready (DTR)**

สัญญาณ DTR จะถูกส่งจาก DTE ไปยัง DCE เพื่อเป็นการแจ้งความพร้อมในการสื่อสารให้อุปกรณ์ได้ทราบ โดยถ้าหากพอร์ทนั้น (อุปกรณ์ DCE) มีความสามารถในการตอบรับแบบอัตโนมัติ (Automatically Answer) อุปกรณ์นั้นสามารถตอบรับได้เฉพาะเมื่อสัญญาณ DTR อยู่ในสถานะ ON เท่านั้น

- **Carrier Detect (CD)**

สัญญาณ CD จะถูกส่งมาจาก DCE ไปยัง DTE เพื่อเป็นการแจ้งว่าพอร์ทอยู่ในสถานะกำลังติดต่อกับพอร์ทตัวอื่น หรือพอร์ทกำลังได้รับสัญญาณที่พร้อมสำหรับการติดต่อสื่อสารสำหรับสัญญาณ Carrier Detect นี้ สามารถเรียกอีกชื่อได้ว่า Received Line Signal

- **Request To Send (RTS)**

สัญญาณ RTS จะถูกส่งจาก DTE ไปยัง DCE โดยเมื่อสัญญาณ RTS อยู่ในสถานะ ON ก็หมายถึงเครื่องคอมพิวเตอร์พร้อมที่จะรับข้อมูลจากพอร์ท และในทางกลับกันหากสัญญาณ RTS อยู่ในสถานะ OFF ก็หมายถึงเครื่องคอมพิวเตอร์ไม่พร้อมจะรับข้อมูลจากพอร์ท

- **Clear To Send (CTS)**

สัญญาณ CTS จะถูกส่งจาก DCE ไปยัง DTE ซึ่งเป็นสัญญาณที่ทำหน้าที่ตรงข้ามกับสัญญาณ RTS โดยเมื่อสัญญาณ CTS อยู่ในสถานะ ON ก็หมายถึงพอร์ทพร้อมที่จะรับข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์และในทางกลับกันถ้าหากสัญญาณ CTS อยู่ในสถานะ OFF ก็หมายถึง พอร์ทไม่พร้อมที่จะรับข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์

- **Data Set Ready (DSR)**

สัญญาณ DSR จะถูกส่งจาก DCE ไปยัง DTE เพื่อเป็นการแจ้งความพร้อมในการสื่อสารจากพอร์ทให้กับคอมพิวเตอร์ได้ทราบ โดยสัญญาณ DSR จะอยู่ในสถานะ ON ก็ต่อเมื่อพอร์ทได้รับสัญญาณ DTR เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Ring Indicator (RI)

สัญญาณ RI จะถูกส่งจาก DCE ไปยัง DTE เพื่อเป็นการแจ้งให้เครื่องคอมพิวเตอร์ทราบว่าพอร์ทกำลังได้รับสัญญาณกระดิ่ง (ring signal) จากอุปกรณ์ตัวอื่น โดยที่สัญญาณ RI จะอยู่ในสถานะ ON พอร์ทได้รับสัญญาณกระดิ่ง และ OFF เมื่อพอร์ทไม่ได้รับสัญญาณกระดิ่ง เนื่องจากอุปกรณ์รุ่นใหม่ๆ ในปัจจุบันจะมีความสามารถในการตอบรับแบบอัตโนมัติ (Automatically Answer) ดังนั้นจึงไม่มีความจำเป็นต้องใช้สัญญาณ RI อีกต่อไป

5.3 รูปแบบของเฟรมข้อมูล (Data Format)

ในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ 2 ตัวนั้น อุปกรณ์ทั้งสองต้องมีความเข้าใจถึงรูปแบบของเฟรมข้อมูลที่ตรงกัน ซึ่งการส่งข้อมูลแบบ Asynchronous นั้น นอกจากข้อมูลที่ต้องส่งผ่านแล้ว อุปกรณ์นั้นยังต้องจัดการข้างจังหวะในการส่งหรือรับข้อมูลระหว่างกันอีกด้วย โดยที่เฟรมข้อมูลในการส่งหรือรับจะประกอบด้วยบิตข้อมูลที่มีความหมายดังต่อไปนี้

- บิตข้อมูล (Data Bit)

เมื่อชิป UART ได้รับตัวอักษรที่ส่งมาจากเครื่องคอมพิวเตอร์แล้ว ก็ต้องทำการแปลงตัวอักษรดังกล่าวให้เป็นสายข้อมูลที่มีความยาวตั้งแต่ 5 ถึง 8 บิตซึ่งเราเรียกขบวนการเปลี่ยนแปลงตัวอักษรให้เป็นสายข้อมูลชนิดบิตนี้ว่า ขบวนการ Serialization จากนั้นพอร์ทก็จะทำการส่งแต่ละบิตไปยังอุปกรณ์ปลายทาง โดยจะเริ่มส่งจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (Least Significant Bit) ไปยังบิตที่มีนัยสำคัญสูงสุด (Most Significant Bit)

- บิตเริ่มต้นข้อมูล (START BIT)

ในการส่งข้อมูลแบบ Asynchronous นั้น เราจะต้องมีวิธีการบอกพอร์ทให้ทราบถึงจุดเริ่มต้นของข้อมูลที่ต้องการส่ง ดังนั้นก่อนหน้าข้อมูลในทุกๆ เฟรมจะต้องถูกนำหน้าด้วยบิตเริ่มต้นข้อมูล START BIT เสมอ

- บิตสิ้นสุดข้อมูล (STOP BIT)

ในการส่งข้อมูลแบบ Asynchronous นั้น ในกรณีที่บิตเริ่มต้นข้อมูลเกิดการสูญหายในระหว่างการส่ง อุปกรณ์ปลายทางก็จะไม่สามารถทราบถึงจุดสิ้นสุดของสายข้อมูลบิตได้เลย นอกเสียจากอุปกรณ์นั้นจะตรวจพบบิตเริ่มต้นข้อมูลใหม่อีกครั้งเท่านั้น ดังนั้นจึงมีการเพิ่มบิตสิ้นสุดข้อมูลต่อท้ายทุกๆ ข้อมูลแต่ละตัวอักษรเพื่อแจ้งการสิ้นสุดของสายข้อมูลบิต โดยที่การเรียงกันของบิตเริ่มต้นข้อมูลเรียกว่า เฟรมข้อมูล (Data Frame)

- บิตพาริตี (Parity Bit)

เนื่องจากการส่งผ่านข้อมูลทางสายโทรศัพท์นั้น สามารถเกิดสัญญาณรบกวนได้ง่าย ด้วยเหตุนี้จึงเป็นไปได้มากที่สถานะของแต่ละบิตของข้อมูล ที่ถูกส่งจะมีการเปลี่ยนแปลง เช่น จากบิต 0 เป็น 1 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต 1 เป็นต้น ในระหว่างการส่งผ่านข้อมูล ด้วยเหตุนี้จึงมีการคิดค้นวิธีที่ง่ายที่สุดในการตรวจสอบความถูกต้องของสถานะของบิตข้อมูล ซึ่งเรียกกันว่า การตรวจสอบค่าพริตี้ (Parity Check) โดยในการส่งผ่านข้อมูลด้วยโปรโตคอล START/STOP นั้น ในการส่งตัวอักษรข้อความทั่วไปจะใช้เพียง 7 บิตข้อมูลเท่านั้น ดังนั้นจึงมีการเพิ่มพริตี้ต่อสายเฟรมข้อมูลที่ถูกสร้างขึ้นมาตามที่กล่าวมาแล้วในส่วนของบิตที่สิ้นสุดข้อมูล เพื่อตรวจสอบสถานะของผลบวกบิตที่เป็น 1 ของสายข้อมูลของแต่ละตัวอักษร สำหรับหลักการในการคำนวณของบิตพริตี้มีดังนี้

1. ถ้าหากจำนวนที่มีค่าเท่ากับ 1 ของสายบิตข้อมูลมีค่าเป็นเลขคู่ (Even number) บิตพริตี้ จะมีค่าเท่ากับ 0
2. ถ้าหากจำนวนของบิตที่มีค่าเท่ากับ 1 ของสายบิตข้อมูลมีค่าเป็นเลขคี่ (Odd number) พริตี้จะมีค่าเท่ากับ 1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

Microsoft Visual Basic

ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ได้ก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว จากอดีตที่ผ่านมาทั้งด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) และซอฟต์แวร์ (Software) โดยฮาร์ดแวร์นั้นเป็นอุปกรณ์ที่ประกอบขึ้นเป็นคอมพิวเตอร์ เช่น CPU ฮาร์ดดิสก์ เป็นต้น ส่วนซอฟต์แวร์นั้นเป็นชุดคำสั่งที่ทำให้คอมพิวเตอร์ทำงานได้ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วมาก และปัจจุบันมีเครื่องมือต่างๆ ที่ช่วยพัฒนาโปรแกรมอย่างมากมาย ซึ่งหนึ่งในเครื่องมือต่าง ๆ นี้ ก็มีเครื่องมืออยู่อันหนึ่งที่มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายเรียกว่า Microsoft Visual Basic 6 ที่ช่วยให้การพัฒนาซอฟต์แวร์ต่างๆ เป็นไปได้อย่างรวดเร็ว รวมทั้งสามารถพัฒนาซอฟต์แวร์ได้หลายอย่างด้วยกัน ตั้งแต่โปรแกรมธรรมดาทั่วไป โปรแกรมเกี่ยวกับฐานข้อมูล หรือโปรแกรมทางอินเทอร์เน็ต เป็นต้น

สำหรับ VB6 เป็นเครื่องมือในการสร้าง โปรแกรมบนระบบปฏิบัติการ Windows ที่ใช้งานง่าย โดยการสร้าง โปรแกรมใน VB6 นั้นจะเป็นการเลือกเครื่องมือต่างๆ ออกแบบหน้าจอ โปรแกรมที่เราสร้าง ซึ่งเราเรียกการเขียน โปรแกรมลักษณะนี้ว่า Visual Programming การเขียน โปรแกรมนี้เราไม่จำเป็นต้องเขียนคำสั่งต่างๆ มากนัก ก็สามารถสร้าง โปรแกรมได้อย่างรวดเร็ว

6.1 คอมพิวเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการใช้งาน VB6

สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้งาน VB6 จะต้องเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ต้องมีการปฏิบัติการ Windows 95 หรือสูงกว่า หรือระบบปฏิบัติการของ โปรแกรมใน Windows NT4 หรือสูงกว่า
2. หน่วยประมวลผลกลางรุ่น Pentium 90 MHz หรือสูงกว่า
3. พื้นที่ในฮาร์ดดิสก์อย่างน้อย 50 เมกกะไบต์
4. การ์ดจอ VGA 640 × 480 หรือสูงกว่า Windows สนับสนุน
5. RAM ไม่น้อยกว่า 24 MB สำหรับ Windows 95 และ 35 MB สำหรับ Windows NT4.0

6.2 ไฟล์ประเภทต่างๆ ที่มีในปฏิญญาสิทธิบัตรของ VB6

โปรเจกต์เป็นไฟล์ใช้เก็บฟอร์ม และ โมดูลต่างๆ เช่น คลาสโมดูล โมดูลของ Active X Control ซึ่งในโปรเจกต์หนึ่งจะมีไฟล์โมดูลต่างๆ อยู่ได้หลายไฟล์ โดยโปรเจกต์ที่เราสร้างขึ้นจะมีไฟล์ในรูปแบบต่างๆ ที่เป็นไปได้ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

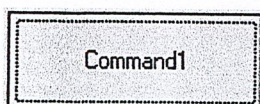
ตารางที่ 6.1 แสดงกลุ่มไฟล์ปริญญาบัตร

ไฟล์กลุ่มปริญญาบัตร	คำอธิบาย	ส่วนขยายไฟล์
ไฟล์กลุ่มปริญญาบัตร	เป็นไฟล์ที่ใช้เก็บว่าปริญญาบัตรอะไรเก็บอยู่บ้าง(ต้องมากกว่า 1 ปริญญาบัตรขึ้นไป)	.vdg
ไฟล์ปริญญาบัตร	เป็นไฟล์หลักปริญญาบัตรต่างๆของแอปพลิเคชันของเรา	.vbp
ไฟล์ของฟอร์ม	เป็นไฟล์ที่เก็บข้อมูลเกี่ยวกับฟอร์ม เช่น คอนโทรลต่างๆและคำสั่งจัดการอีเวนต์สำหรับฟอร์มนั้นๆเป็นต้น	.frm
ไฟล์ไบนารีของฟอร์ม	เป็นไฟล์ที่เก็บคุณสมบัติที่เป็นไบนารีของฟอร์ม เช่น รูปภาพหรือไอคอนต่างๆ	.frx
ไฟล์โมดูลมาตรฐาน	ส่วนใหญ่จะใช้เก็บค่าคงที่ ตัวแปร โปรแกรมย่อยที่ให้โมดูลอื่นๆสามารถเรียกใช้งาน	.bas
ไฟล์คลาสโมดูล	ใช้ในการสร้างออบเจกต์ที่มีลักษณะต่างๆตามที่ต้องการออกแบบ	.cls
ไฟล์ของActiveX Controls	จะเป็นไฟล์คอนโทรล Active X ซึ่งเป็นคอนโทรลที่สร้างขึ้นเองได้ และสามารถนำไปใช้งานแอปพลิเคชันทั่วไปที่สร้างขึ้นใหม่ได้	.ctl
ไฟล์ของActiveX Documents	จะเป็นไฟล์ของแอปพลิเคชันที่สามารถนำไปแสดงในโปรแกรมเว็บเบราว์เซอร์ได้	.dob
ไฟล์ของProperty Pages	จะเป็นไฟล์ของ Property Page ที่ใช้แสดงคุณสมบัติของคอนโทรลของเรา	.pag

6.3 คอนโทรลที่สำคัญที่ใช้ในงานโครงการ

ปุ่มคำสั่ง (Command Button)

ปุ่มคำสั่งเป็นคอนโทรลจะทำงานตามที่เรากำหนดเมื่อมีการกดปุ่มตามคำสั่ง โดยเราต้องกำหนดสิ่งที่จะตอบสนองตามอีเวนต์ Click



คุณสมบัติที่สำคัญคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 - Caption คือ ข้อความที่ปรากฏตามปุ่มคำสั่ง
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Enable คือ การกำหนดให้สามารถกดปุ่มคำสั่งได้ถ้าหากกำหนดให้เป็นtrue จะสามารถใช้ได้ตามปกติ แต่ถ้ากำหนดเป็น False จะไม่สามารถใช้งานปุ่มคำสั่งนั้นได้ ลักษณะของปุ่มจะเป็นไปเพื่อให้เห็นว่าไม่สามารถใช้ปุ่มคำสั่งนั้นได้ในเวลานั้น

เท็กซ์บ็อก (TextBox)

เท็กซ์บ็อกเป็นคอนโทรลที่ใช้เพื่อให้ผู้ใช้เดิม หรือแก้ไขข้อความโดยผ่านคีย์บอร์ดเข้าสู่โปรแกรม และยังประยุกต์ให้เพื่อเป็นการแสดงค่าได้ เราสามารถตอบสนองต่อข้อความที่เปลี่ยนแปลงในเท็กซ์บ็อกได้ โดยผ่านทางอีเวนต์ Change

Text1

คุณสมบัติที่สำคัญ คือ

- Text คือข้อความที่แสดงในเท็กซ์บ็อกซ์
- Enable คือการกำหนดให้สามารถเปลี่ยนแปลงค่าในเท็กซ์บ็อกซ์ได้ ถ้ากำหนดเป็น True จะสามารถเปลี่ยนแปลงค่าในเท็กซ์บ็อกซ์ได้ แต่ถ้ากำหนดเป็น False ก็จะไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าในเท็กซ์บ็อกซ์ได้

ลาเบล (Label)

ลาเบลเป็นคอนโทรลที่ใช้ในการแสดงข้อความที่เราต้องการบนฟอร์ม ซึ่งใช้อธิบายข้อมูลบางอย่างแก่ผู้ใช้ โดยผู้ใช้ไม่สามารถแก้ไขข้อความในลาเบลได้ในคอนรัน โปรแกรม แต่สามารถแก้ไขข้อมูลได้โดยใช้คำสั่ง โปรแกรมคอนรัน และคอนออกแบบโปรแกรมนั้น

ส่วนใหญ่เราจะใช้ลาเบลในการอธิบายการทำงาน รวมทั้งแสดงสถานะบางอย่างเช่น ใช้อธิบายว่าเท็กซ์บ็อกซ์นี้รับข้อมูลอะไร หรือใช้แสดงข้อมูล, คำอธิบายบนฟอร์ม เป็นต้น

Label1

ออปชันบัตตอน (Option Button)

คอนโทรลอปชันบัตตอนใช้สำหรับเป็นตัวเลือกให้แก่ผู้ใช้ โดยหากมีหลายออปชันบัตตอนได้ครั้งละ 1 ตัวเท่านั้น ซึ่งเมื่อเราเลือกออปชันบัตตอนเดิมที่เราเลือกเปลี่ยนไปไม่ถูกเลือกโดยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราสามารถใช้คอนโทรลเฟรมในการแบ่งกลุ่มของตัวเลือกต่าง ๆ โดยที่ในแต่ละกลุ่ม ผู้ใช้จะเลือกได้เพียงตัวเลือกเดียวเท่านั้น

Option1

คุณสมบัติที่สำคัญคือ

- Value ใช้กำหนดสถานะของออปชั่นบัตทอนว่าถูกเลือกหรือไม่ ถ้าถูกเลือกจะมีค่าเป็น True ถ้าไม่ถูกเลือกจะมีค่าเป็น False
- Caption คือข้อความที่กำหนดไว้ข้างออปชั่นบัตทอนเพื่อบอกให้ผู้รู้
- Enable เหมือนกับคอนโทรลอื่นที่กล่าวมาแล้ว

คอมโบบ็อกซ์ (Combo Box)

คอมโบบ็อกซ์เป็นคอนโทรลที่แสดงรายการให้ผู้เลือก โดยที่สามารถเลือกได้ครั้งละ 1 รายการ ถ้ารายการที่แสดงในคอมโบบ็อกซ์มีมากกว่าที่แสดงได้ทั้งหมด จะที่สกอทบาร์แนวตั้งขึ้นมาให้เราเลื่อนดูรายการที่เหลือได้

Combo1

คุณสมบัติที่สำคัญคือ

- Enable เหมือนกับคอนโทรลอื่นที่กล่าวมาแล้ว

ไทม์เมอร์ (Timer)

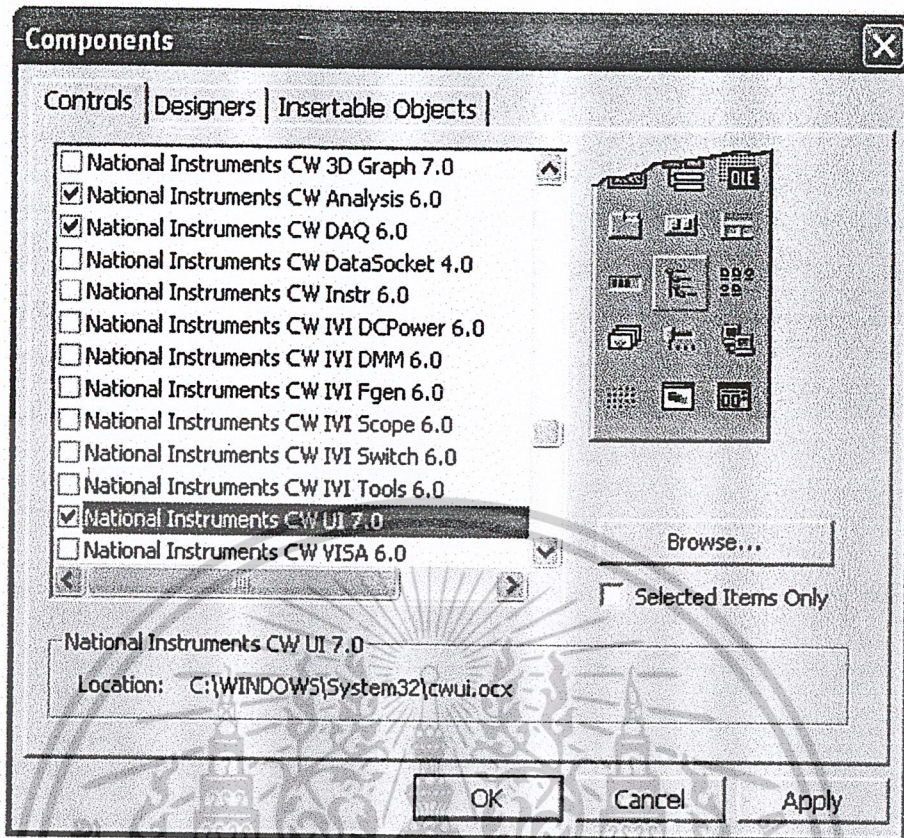
จุดประสงค์ของการใช้คอนโทรลไทม์เมอร์ คือให้มีการทำงานบางอย่างทุกๆ ช่วงเวลาที่เรากำหนด ซึ่งช่วยให้การทำงานบางอย่างถูกทำแบบฉากหลังพร้อมกับมีโปรแกรมอื่นทำงาน อยู่ด้วย คอนโทรลนี้ จะไม่สามารถมองเห็นได้เมื่อรัน โปรแกรม (เราเรียกคอนโทรลประเภทนี้ว่า Non Visual Interface) ซึ่งก็คือจะ ไม่เห็นตัวคอนโทรลในขณะที่รัน โปรแกรมขึ้นมา



คุณสมบัติที่สำคัญคือ

- Interval เป็นคุณสมบัติที่บอกว่าต้องการให้เกิดอีเวนต์ Timer เว้นช่วงเวลาห่างกันเท่าไร มี หน่วยเป็นมิลลิวินาที (1/1000 วินาที)
- Enable เหมือนกับคอนโทรลอื่นที่กล่าวมาแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.1 แสดง Control ของ Visual Basic

คอนโทรล Graph นี้สามารถแสดงกราฟได้หลายรูปแบบ เช่น กราฟแท่ง 2-3 มิติ กราฟวงกลม หรือกราฟแท่งก็ได้ในโครงการนี้จะใช้กราฟเส้นแสดงผล ซึ่งทำให้ดูผลการทำงานได้ง่ายชัดเจนและใกล้เคียงกับสัญญาณอินพุตมากที่สุด การกำหนดลักษณะของกราฟทำได้โดยผ่านทางคุณสมบัติ Graph Type

Microsoft Comm control

คอนโทรล MSComm (Communications) เป็นคอนโทรลตัวหนึ่งที่จะช่วยในการติดต่อพอร์ทอนุกรม (Serial Port) ซึ่งสามารถทำการส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ทอนุกรมได้ด้วยคอนโทรลนี้ เช่น การติดต่อโดยตรงกับบอร์ดอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งคอนโทรล MSComm ที่มากับ Visual Basic จะเป็นคอนโทรลที่ทำงานโดยมีการตอบสนองต่อเหตุการณ์แบบ event-driven นั่นก็คือคอนโทรลจะทำหน้าที่ตรวจสอบการเกิดขึ้น หรือการร้องขอให้เกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ กับพอร์ทอนุกรมได้โดยอัตโนมัติ และจะมีการแจ้งเตือนให้ทราบทางโพซิเจอร์เหตุการณ์เช่นเดียวกับคอนโทรลทั่วไปของ Visual Basic นั่นเอง ดังนั้นในการเขียนโค้ดจึงไม่จำเป็นต้องสร้างโพซิเจอร์ที่ทำหน้าที่ตรวจสอบเหตุการณ์ต่าง ๆ ของพอร์ทอนุกรม ซึ่งจะทำให้ง่ายต่อการใช้งานเป็นอย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปเผยแพร่ภายนอก

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การเพิ่มคอนโทรล Microsoft Comm Control ทำได้โดยเรียกหน้าต่าง Components แล้วเลือกที่ Microsoft Comm Control 6.0

คอนโทรล MSComm จะมีหน้าที่มาตรฐานหลัก ๆ สำหรับการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมดังต่อไปนี้

- หมุนหมายเลขติดต่อกับ โทรศัพท์ปลายทางที่กำหนด
- ตรวจสอบการเข้ามาของข้อมูลยังพอร์ตอนุกรมโดยฮาร์ดแวร์
- ส่งข้อมูลตามที่กำหนดจากโปรแกรมไปยังพอร์ตอนุกรม

ในความเป็นจริงคอนโทรล MSComm ไม่ได้ทำหน้าที่ติดต่อกับพอร์ตอนุกรมโดยตรงแต่ มันจะทำหน้าที่เรียกใช้ฟังก์ชันวินโดวส์ API ซึ่งวินโดวส์จะทำการส่งหรือรับข้อมูลผ่านทางพอร์ตอนุกรมโดยอาศัยไดรเวอร์ Comm.drv อีกทอดหนึ่งโดยไดรเวอร์ Comm.drv จากนั้นก็จะส่งผ่านข้อมูลที่ถูกจัดรูปแบบตามมาตรฐานการสื่อสารให้กับดีไวซ์ไดรเวอร์อีกทอดหนึ่งนั่นเอง (ทั้งนี้ก็ขึ้นกับอุปกรณ์ที่ต่อเข้ากับพอร์ตอนุกรม)

เหตุการณ์ที่สำคัญของคอนโทรล MSComm คือ CommEvent จะรายงานเหตุการณ์ทุกครั้งที่เกิดข้อผิดพลาดหรือมีการสื่อสาร ซึ่งสามารถอ่านค่าได้เฉพาะในขณะที่ทำงานเท่านั้น รูปแบบคำสั่งคือ

Object. CommEvent

คอนโทรล MSComm จะมีการเรียกโพซิเจอร์เหตุการณ์ OnComm ทุกครั้งที่เกิดข้อผิดพลาดหรือมีการสื่อสารเกิดขึ้น ซึ่งค่าตัวเลขที่จำนวนเต็ม แสดงถึงข้อผิดพลาดหรือเหตุการณ์ที่มีการสื่อสารดังกล่าว ก็จะถูกจัดเก็บเอาไว้ในคุณสมบัติ CommEvent เสมอ ดังนั้น ถ้าหากต้องการคุณสมบัติที่สำคัญคือ

- **CommPort** เป็นรายงาน หรือกำหนดหมายเลขพอร์ตอนุกรมของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต้องการติดต่อสำหรับหมายเลขของพอร์ตอนุกรมสามารถมีค่าได้ตั้งแต่ 1ถึง16 (ค่าปกติจะเท่ากับ 1) ซึ่งก่อนที่จะเปิดพอร์ทด้วยคุณสมบัติ Port Open ต้องกำหนดหมายเลขของพอร์ตอนุกรมให้กับคุณสมบัติ CommPort ไม่เป็นความจริงก็จะเกิดข้อผิดพลาด (Deviceunavailable) ทันทีซึ่งในกรณีนี้สามารถแก้ไขได้โดยการกำหนดหมายเลขที่มี ของพอร์ทที่พอร์ตอนุกรมที่ถูกต้องเสียใหม่ แล้วจึงทำการเปิดพอร์ตอนุกรมอีกครั้งด้วยคุณสมบัติ Port Open

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.2 แสดงการตรวจเหตุการณ์ (Event)

ค่าคงที่	ค่าตัวเลข	รายละเอียด
ComEvSend	1	มีจำนวนตัวอักษรในบัฟเฟอร์ด้านส่งออกข้อมูลน้อยกว่าจำนวนตัวอักษรที่กำหนดในคุณสมบัติ
ComEvReceive	2	การรับเข้าจำนวนตัวอักษรที่ถูกกำหนดในคุณสมบัติ Rthreshold ซึ่งจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกว่าผู้อ่านจะใช้คุณสมบัติ Input ในการอ่านข้อมูลจากบัฟเฟอร์สำหรับรับข้อมูล
ComEvCTS	3	มีการเปลี่ยนสถานะของสายสัญญาณ Clear To Send
ComEvDSR	4	มีการเปลี่ยนสถานะของสายสัญญาณ Data Send Ready ซึ่งเหตุการณ์นี้จะเกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนสถานะของสายสัญญาณ Data Send Ready จาก 1 เป็น 0 เท่านั้น
	5	มีการเปลี่ยนสถานะของสายสัญญาณ Carrier Data
ComEvRing	6	มีการตรวจพบการเรียกหมายเลข

- **InBuffer Size** เป็น รายงานหรือกำหนดขนาดบัฟเฟอร์ด้านรับเข้า ซึ่งมีหน่วยเป็นไบต์ (โดยปกติ 1 ไบต์จะเท่ากับ 1 ตัวอักษร) ในการเลือกขนาดบัฟเฟอร์ด้านรับเข้าที่เหมาะสมนั้นในทางปฏิบัติเป็นสิ่งที่ยากมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของข้อมูลที่มีการส่งไปมาในแต่ละครั้งและความเร็วของการสื่อสาร (Transmission rate) ของพอร์ท ซึ่งโดยปกติโปรแกรมเมอร์โดยทั่วไป
- **Input** คือการรับข้อมูลจากบัฟเฟอร์ ซึ่งสามารถกำหนดค่าได้เฉพาะในขณะที่ทำงานในรูปแบบการใช้งานคือ

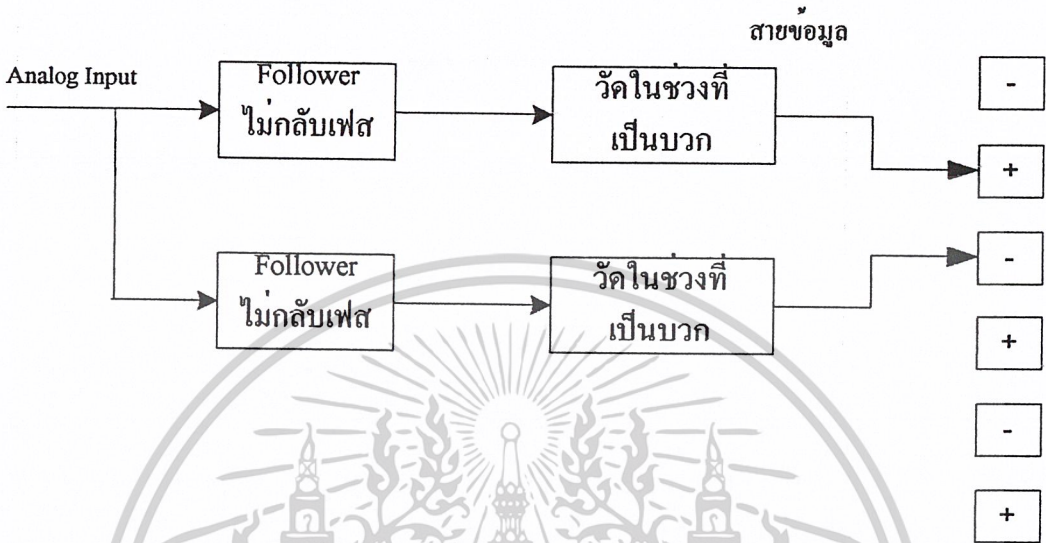
Object.Input

ทุกครั้งที่มีการใช้คุณสมบัติ Input ในการอ่านข้อมูลจากบัฟเฟอร์ด้านรับเข้า นั้น จำนวนของตัวอักษรที่อ่านได้จะถูกกำหนดลงในคุณสมบัติ InputLen ทั้งนี้ซึ่งถ้าหากกำหนดให้คุณสมบัติ InputLen มีค่าเท่ากับ 0 ก็จะหมายถึงการกำหนดให้คุณสมบัติ Input อ่านข้อมูลทั้งหมดจากบัฟเฟอร์ด้านรับเข้านั่นเอง ซึ่งชนิดของข้อมูลที่อ่าน โดยคุณสมบัติ Input จะเป็นข้อมูลแบบข้อความหรือไบนารี ก็ขึ้นกับการกำหนดค่าของคุณสมบัติ InputMode

- **Output** คือการส่งข้อมูลไปยังบัฟเฟอร์ด้านส่งออก ซึ่งสามารถกำหนดค่าได้เฉพาะในขณะที่ทำงานเท่านั้น รูปแบบการใช้งานคือ

Object.Output [=value]

สำหรับชนิดของข้อมูลที่ถูกส่งโดยคุณสมบัติ Output จะเป็นข้อมูลแบบข้อความหรือไบนารี ก็ขึ้นกับการกำหนดค่าของคุณสมบัติ InputMode ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น



รูปที่ 6.2 แสดงการส่งเปลี่ยนของสายข้อมูล

หน้าที่หลักของโปรแกรมด้านเซิร์ฟเวอร์คือ ส่งสัญญาณให้ชุดอ่านสัญญาณเริ่มต้นสัญญาณในช่วงเวลาหนึ่งจนครบตามจำนวนที่กำหนดเป็นกรอบข้อมูลในที่นี้ใช้ ขนาด 66 ไบต์ และเมื่อได้รับการตอบกลับจากชุดอ่านสัญญาณ ก็จะอ่านข้อมูลในบัพเฟอร์เข้าไปในโปรแกรมจำนวน 66 ไบต์ค่าที่ได้จะเป็นค่าแบบไบนารี ซึ่งมีค่า ตั้งแต่ 00h จนถึง FFh นำค่าที่ได้มาแปลงเป็นค่าแรงดัน 0 ถึง 5000 มิลลิโวลต์ (ตามค่าของแรงดันอ้างอิง ของ ADC) ตามสมการ

$$V=B=(((B-0)*5000)/255)$$

โดย V คือค่าแรงดันที่แปลงได้ในช่วง 0-5000 มิลลิโวลต์

B คือ ค่าไบนารีที่รับมาจากชุดวัดสัญญาณ

ค่าที่ได้เป็นค่าบวกทั้งหมด แต่โปรแกรมจะเข้าใจว่าค่าที่ได้เป็นค่าบวกสลับกับค่าลบโดยที่ลำดับที่เป็นคู่ (0, 2, 4....) เป็นค่าของ ADC ตัวแรกที่วัดค่าช่วงบวก ถ้าเป็นศูนย์แสดงว่าค่าแห่งนั้นเป็นค่าลบให้ทำการประมาณค่า โดยนำเอาค่าข้างเคียงทั้งสองมาประมาณค่า

$$V(I) = (V(I-1) + V(I+1))/2$$

โดยที่ I เป็นตัวชี้ตำแหน่งลำดับที่ของข้อมูล (Index)

และลำดับที่เป็นคี่ (1, 3, 5....) เป็นค่าของ ADC ตัวที่สองที่วัดค่าช่วงลบ ถ้าเป็นศูนย์ แสดงว่าค่าแห่งนั้นเป็นค่าบวกให้ทำการประมาณค่า โดยนำเอาค่าข้างเคียงทั้งสองมาประมาณค่า เช่นเดียวกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

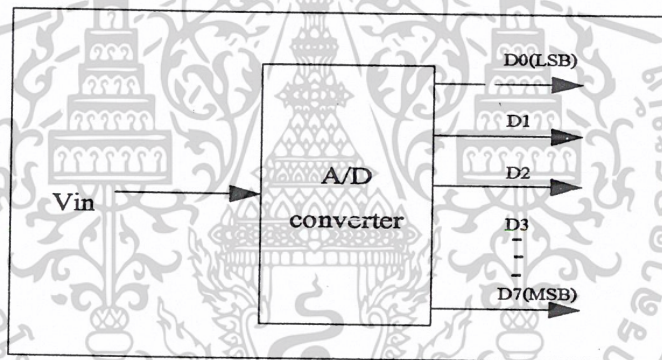
บทที่ 7

Analog to Digital Converter (ADC)

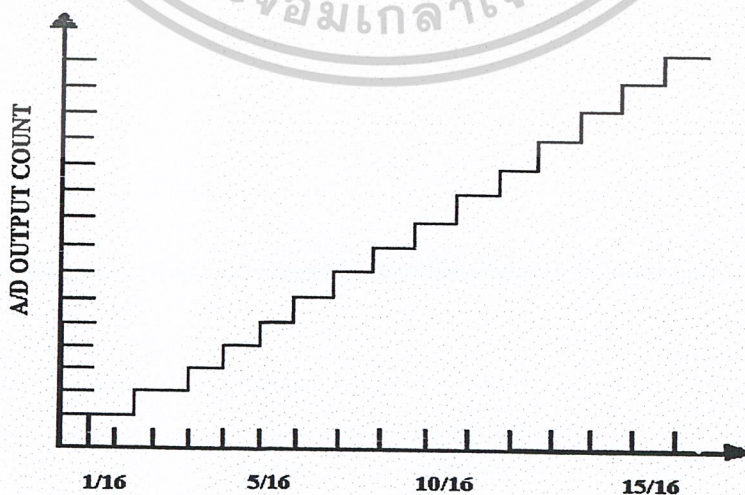
7.1 การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล

ในการวัดสัญญาณต่างๆ ด้วยคอมพิวเตอร์ซีพียูนั่น ปกติแล้วจะทำการประมวลผลข้อมูลด้วยซอฟต์แวร์จากซีพียู ซึ่งการรับข้อมูลของซีพียูแบบดิจิทัล ดังนั้นในการติดต่อกับสัญญาณอนาล็อกที่ได้จากอุปกรณ์ภายนอก หรือจากตัวแปลงสัญญาณดังนั้นจำเป็นต้องมีการแปลงสัญญาณอนาล็อกที่ส่วนดังกล่าวให้เป็นสัญญาณดิจิทัลเสียก่อนแล้วจึงนำมาประมวลผล

A/D Converter นั่นก็คืออุปกรณ์แปลงสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิทัล รูปที่ 7.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ A/D Converter วงจรนี้จะผลิตเอาต์พุตแบบไบนารี n บิต ซึ่งเป็นสัดส่วนกับแรงดันอินพุต รูปที่ 7.2 แสดงถึงคุณสมบัติของ A/D Converter



รูปที่ 7.1 แสดงสัญญาณของ A/D คอนเวอร์เตอร์

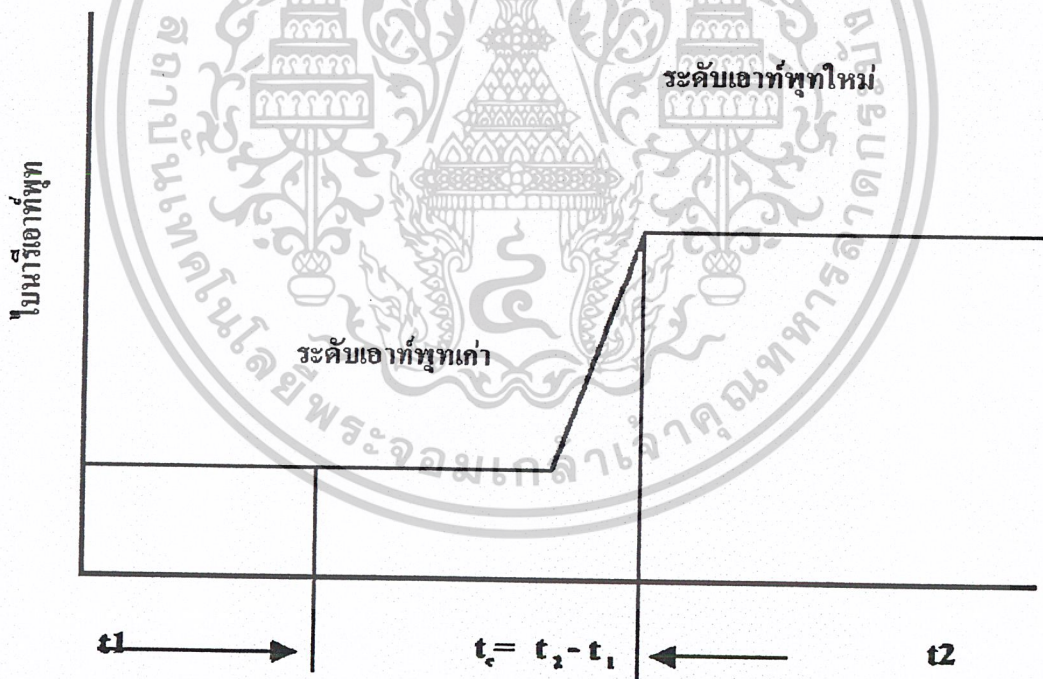


รูปที่ 7.2 แสดงคุณสมบัติของ A/D Converter แบบ 4 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2 หลักการทำงานของ A/D คอมพิวเตอร์

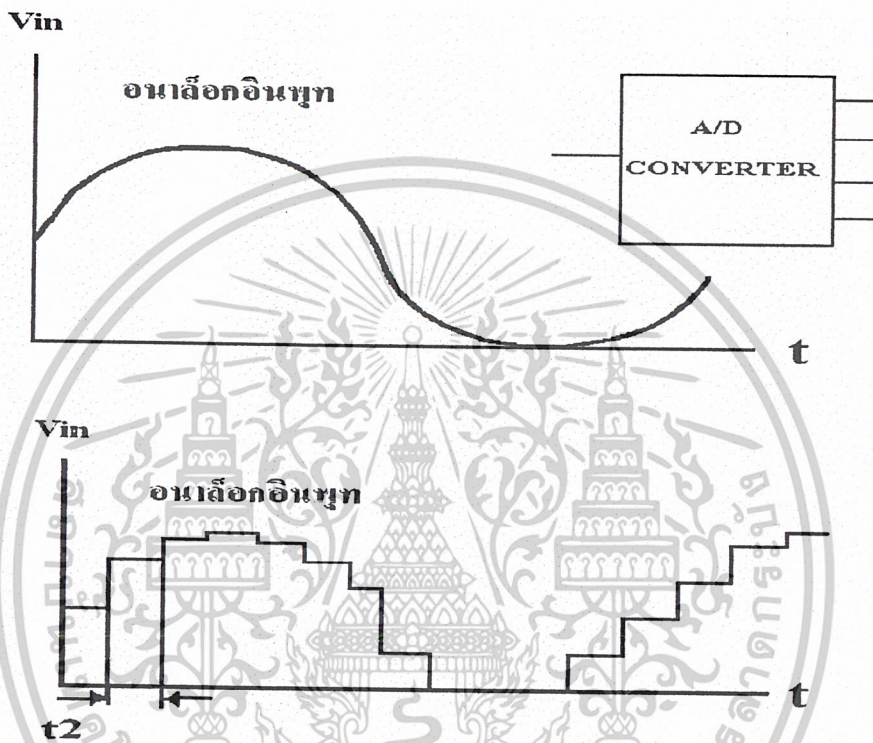
A/D Converter อินพุตเป็นสัญญาณอนาล็อก และส่วนเอาต์พุตเป็นสัญญาณดิจิทัลจำนวน n บิต อินพุตของ A/D Converter เป็นสัญญาณอนาล็อกที่ผ่านออกมาจากวงจรแซมเปิลและ โฮลด์ (Sample And Hold) ซึ่งส่วนของวงจรนี้ทำหน้าที่รับสัญญาณอนาล็อกที่ต้องการแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลเข้ามาในวงจรแล้วนำเอาต์พุตไปต่อเชื่อมกับอินพุตของ A/D Converter โดยการแปลงสัญญาณจาก A/D Converter แต่ละครั้ง วงจรนี้จะรับสัญญาณอนาล็อกแล้วส่งเข้าที่อินพุตของ A/D Converter ในช่วงเวลาแซมเปิล (Sample Time) ที่กำหนดจากความถี่แซมเปิล (Sample Frequency) ที่กำหนดในวงจร ดังนั้นในการควบคุมการทำงานของ A/D Converter ในการแปลงสัญญาณจะมีค่าจำนวนข้อมูลเท่าใดพิจารณาได้จากความถี่แซมเปิล ภายในของชุดวงจรแซมเปิลและ โฮลด์นี้ อย่างไรก็ตามการพิจารณาเวลาการทำงานของ A/D Converter ยังขึ้นอยู่กับผลของเวลาในการแปลงสัญญาณ (Conversion Time, t_c) ภายใน A/D Converter คือเวลาที่ใช้ในระหว่างที่อินพุตเข้ามาจนถึงการแสดงค่าระดับเอาต์พุตใหม่ ตามรูปที่ 7.3 เกิดผลการหน่วงเวลา (Time Delay) ขึ้น



รูปที่ 7.3 แสดงการตอบสนองของเวลาแปลงสัญญาณของ A/D Converter

พิจารณาตามรูปที่ 7.3 อินพุตจากสัญญาณอนาล็อก ที่เข้าใน A/D Converter จะอยู่ ณ เวลาที่ t และสัญญาณตอบสนองของอินพุตอนาล็อกนั้นเกิดขึ้น โดยผลต่างของเวลาทั้งสองคือเวลาในการแปลงสัญญาณ t_c ซึ่งเวลาดังกล่าวนี้เป็นเวลาที่ ใช้จริงของ A/D Converter ในการแปลงสัญญาณ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ขึ้นต้นการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนาล็อกเป็นดิจิทัล ดังนั้นการกำหนดเวลาแซมเปิลจากความถี่แซมเปิลควรมีเวลามากกว่าเวลาในการแปลงสัญญาณจาก A/D Converter เพราะสัญญาณอนาล็อกที่เป็นอินพุตที่ถูกต้องและเพื่อให้ทราบถึงผลของการแซมเปิลจนสัญญาณอินพุตอนาล็อกไปเป็นเอาต์พุต พิจารณาจากกราฟชายน์ ดังรูป 7.4 ไบนารีเอาต์พุต



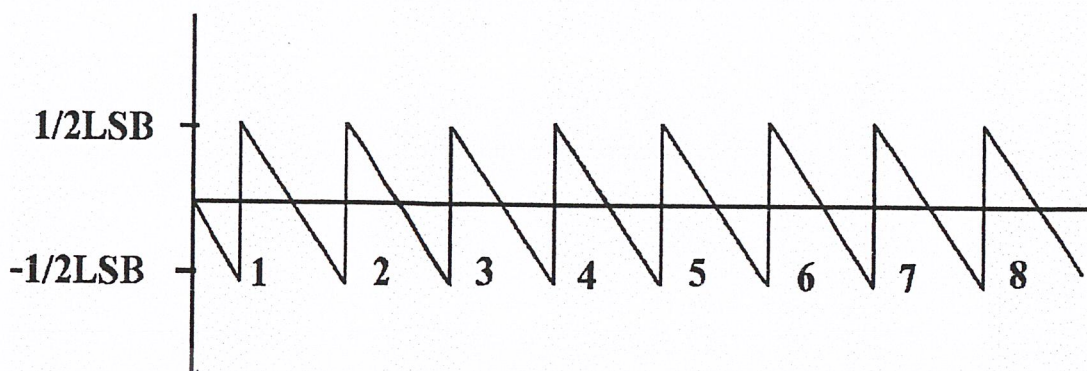
รูปที่ 7.4 แสดงขบวนการแปลงสัญญาณดิจิทัลด้วย A/D Converter

ถ้าให้เวลาแปลงสัญญาณน้อยมากๆ จนตัดทิ้งได้เวลาในการแซมเปิล $1/10$ ของสัญญาณอินพุตจะได้กราฟเป็นลักษณะตาม รูปที่ 7.4 ถ้าลดเวลาแซมเปิลให้น้อยลงจะเพิ่มเรโซลูชัน (เอาต์พุตบิต) ให้มากขึ้นก็ได้ผลของสัญญาณอนาล็อกอินพุตมากขึ้น

7.3 ความผิดพลาดของ A/D Converter

หลักสำคัญที่นำมาใช้ในการพิจารณาคูสมบัติของการเปลี่ยนแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลนั้นสามารถสังเกตได้จากรูปที่ 7.2 จะเห็นจำนวนขั้นบันไดทั้งหมดมี 15 ขั้นเอาต์พุตของ A/D Converter ประมาณว่าเป็นสัญญาณอินพุตแบบดิจิทัล กราฟแสดงข้อผิดพลาดในเอาต์พุตที่จุดต่างๆ ดูได้จากรูปที่ 7.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.5 แสดงข้อผิดพลาดของ A/D Converter

ในกรณีของ A/D Converter ที่มีรีโซลูชันสูงๆ (เอาต์พุตบิตมากๆ) ความกว้างสูงสุดของส่วนข้อผิดพลาด ($-1/2$ LSB ถึง $1/2$ LSB) จะลดลงซึ่งตามทฤษฎีแล้วถ้าเป็น A/D converter ในอุดมคติจะต้องมีจำนวนเอาต์พุตมากนับไม่ได้ (ถึงอนันต์) ดังนั้นจะมีรีโซลูชันถึงอนันต์ทำให้กราฟรูปที่ 7.5 ขนาดแกนตั้งเท่ากับ 0 หรือความแตกต่างระหว่าง $-1/2$ LSB ถึง $1/2$ LSB มีค่าประมาณ 0 การสร้าง A/D Converter ซึ่งเรียกข้อผิดพลาดนี้ว่าข้อผิดพลาดควอนไทไรซ์เป็นข้อผิดพลาดที่ไม่สามารถกำจัดทิ้ง

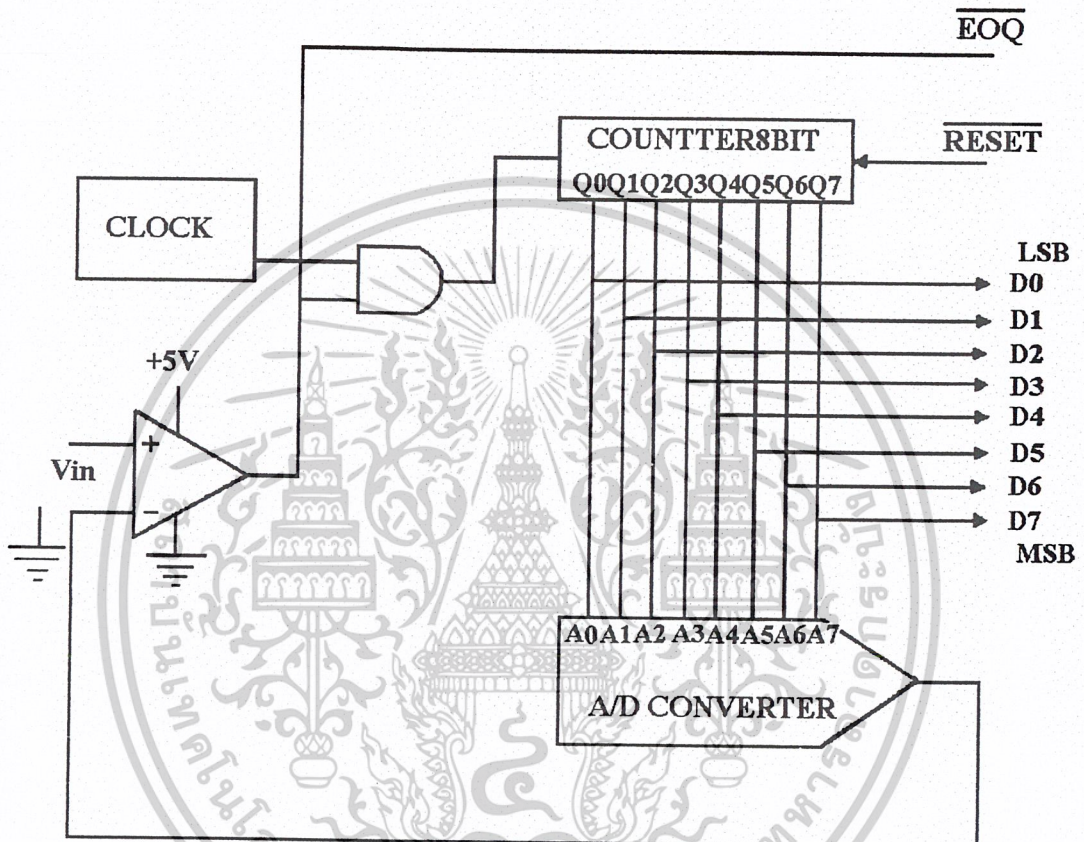
ข้อผิดพลาดอีกอย่างหนึ่งคือผลออฟเซตที่เกิดขึ้นในการแปลงสัญญาณของตัว A/D Converter ทำให้ผลการแปลงผิดพลาดไปได้ แต่กรณีออฟเซตนี้สามารถแก้ไขได้โดยการปรับค่าความต้านทานอินพุตเข้า A/D Converter เอาต์พุตของ A/D Converter เกิดออลิอาซิง (aliasing) ขึ้นในการใช้งานที่มีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณอินพุตเร็วๆ ควรที่จะใช้การแซมเปิลแบบความเร็วสูงเพื่อจะได้ความถูกต้องมากขึ้นซึ่งเราทราบว่าในปัจจุบันการควบคุมระบบจะใช้การแซมเปิลที่มีอัตราสูง อัตราการแซมเปิลมากที่สุดถูกจำกัดโดยความเร็วที่ใช้ในการแปลงสัญญาณของ A/D Converter เช่นถ้าแซมเปิลทุก 10 ns ก็จะไม่ดี เมื่อความเร็วการแปลงสัญญาณเป็น 500 ns จะทำให้อเอาต์พุตออกมานำไปใช้งานไม่ได้

วงจรรอง A/D Converter

ในปัจจุบันมีวิธีการและเทคนิคมากมายเกี่ยวกับการแปลงสัญญาณ แต่วิธีการหลัก ก็จะเป็นพวกของมันต่อไปนี้ เช่น แรมป์ A/D Converter (Ramp A/D Converter), ซัสเซสซีฟแอบพล็อกเมชัน A/D Converter (Successive Approximation A/D Converter, SAR)

แรมป์เอาต์พุตของ A/D Converter

เป็น A/D Converter ที่เข้าใจการทำงานได้ง่ายที่สุดโดยแสดงโครงสร้างการทำงาน ดังรูปที่ 7.6 ซึ่งเมื่อดูจากรูปสามารถอธิบายการทำงานตามหลักการได้ดังนี้



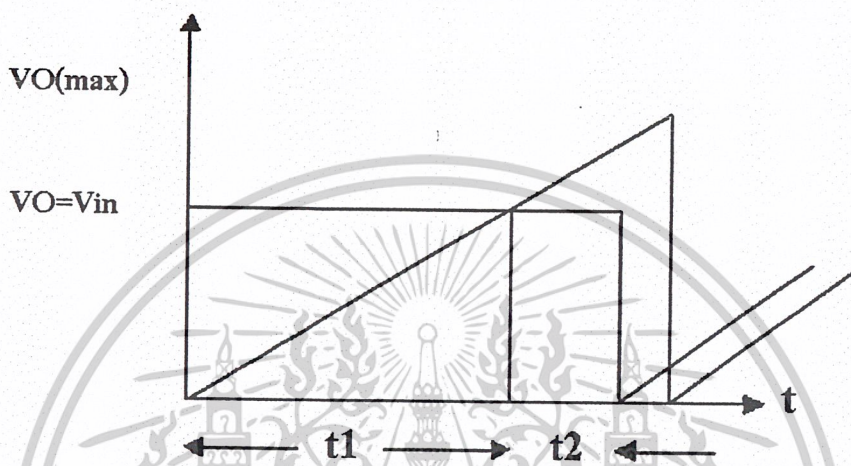
รูปที่ 7.6 แสดง A/D คอนเวอร์เตอร์

1. คอมพิวเตอร์ส่งสัญญาณรีเซ็ตไปที่เคาท์เตอร์เพื่อให้สารรับสัญญาณอินพุตได้โดยขณะนี้ผลจากเอาต์พุตของ A/D Converter (V_O) มีค่าอยู่ที่ระดับต่ำสุด
2. การทำงานของวงจรมีการเปลี่ยนแปลงความถี่ของสัญญาณนาฬิกาซึ่งสัญญาณเอาต์พุตถูกนำมา AND กับสัญญาณนาฬิกาแล้วจึงส่งไปยังเคาท์เตอร์เป็นผลให้ V_O แสดงระดับแรงดันที่สูงขึ้นทีละ 1 LSB
3. ณ จุดเดียวกันนั้นตัวเคาท์เตอร์จะนับเพิ่มขึ้นจนกระทั่งเอาต์พุตของ A/D Converter สูงกว่าค่าแรงดันอินพุต V_{in} เมื่อถึงจุดนี้คอมพิวเตอร์จะแสดงค่าไปจนกระทั่งเป็น 0 โวลต์ เมื่อถึง 0 โวลต์ที่จะหยุดสัญญาณนาฬิกาและหยุดการนับที่จุดซึ่ง V_O เริ่มมากกว่า V_{in} ขา EOC จะลดระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นระดับต่ำและส่งสัญญาณไปให้คอมพิวเตอร์ว่าข้อมูลขณะนี้พร้อมที่จะอ่านได้แล้ว ซึ่งข้อมูลที่ส่งไปยังคอมพิวเตอร์อ่านข้อมูลโดยผ่านทางอินพุตพอร์ทหลังจากคอมพิวเตอร์อ่าน

4. ข้อมูลเสร็จ คอมพิวเตอร์ก็จะส่งสัญญาณรีเซ็ตมาที่ A/D Converter หลังจากนั้นก็เริ่มทำกระบวนการแบบเดิมอีกครั้ง

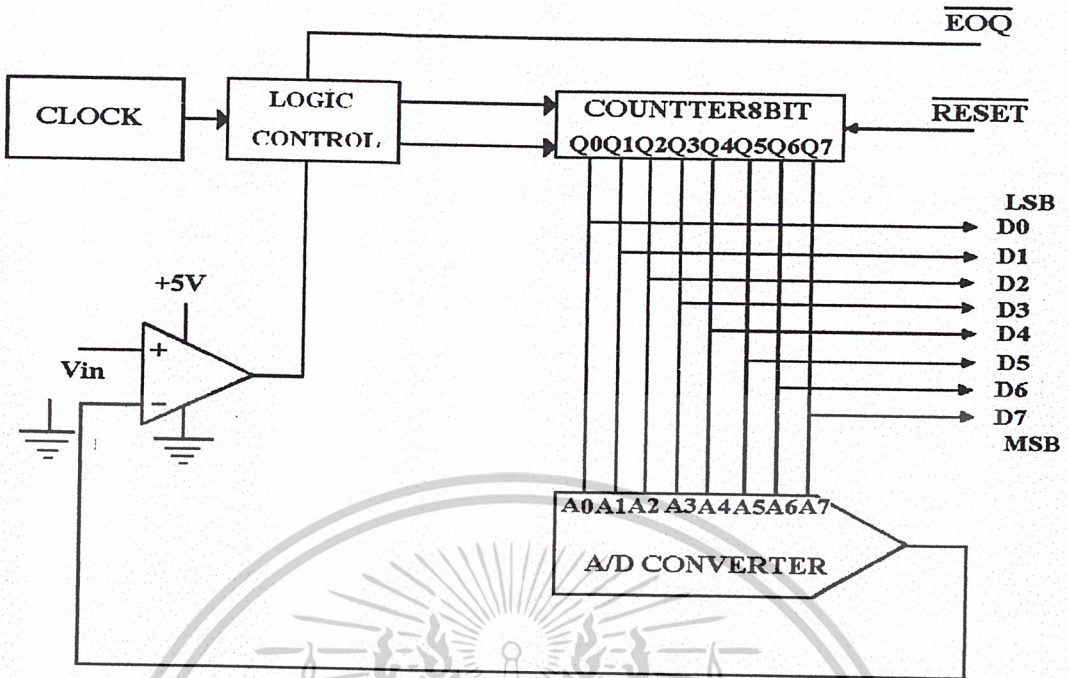


รูปที่ 7.7 แสดงกราฟเอาต์พุตของส่วน D/A ของ A/D Converter

กราฟรูปนี้แสดงถึงการทำงานของ แรมป์ โดย t แทน เวลาที่ใช้นับแรมป์ เอาต์พุตของที่มี D/A converter ที่เริ่มจะเลย V_{in} และ t แทนเวลาระหว่างที่คอมพิวเตอร์อ่านข้อมูลและส่งสัญญาณรีเซ็ตกลับมาให้ A/D Converter เริ่มต้นกระบวนการเดิมอีกครั้งหนึ่ง ดังนั้นในการเก็บข้อมูล 1 ค่า จะต้องใช้เวลาในการแปลงสัญญาณ 2 ช่วงด้วยกันคือ เวลา t ถูกกำหนดโดยค่าของ V_{in} และความถี่ของสัญญาณนาฬิกา ส่วนเวลา t ถูกกำหนดโดยเวลาของคอมพิวเตอร์อ่านข้อมูลและส่งสัญญาณรีเซ็ตกลับ

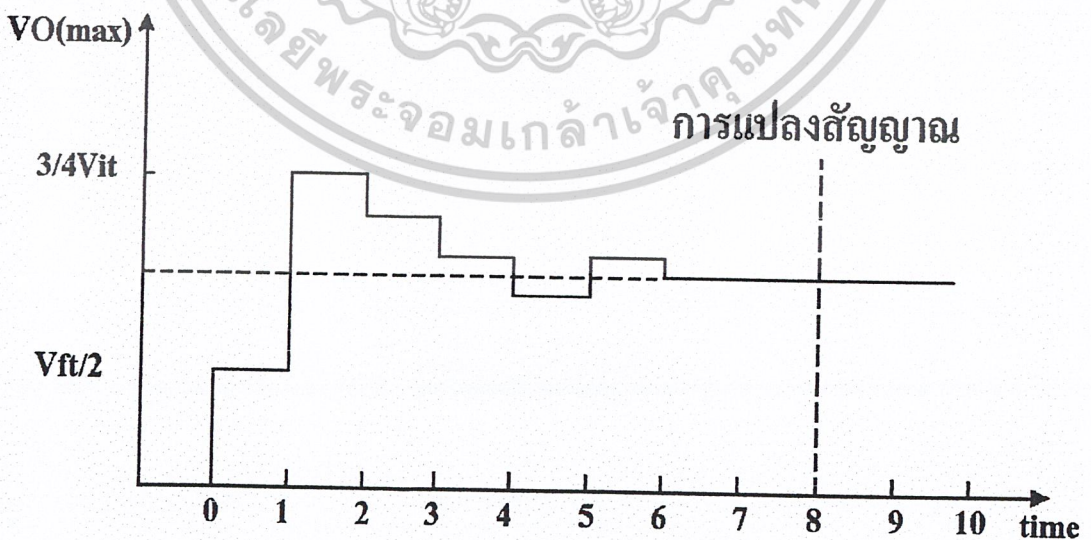
7.4 ซีลเซสซีฟแอมป์ล็อกซิเมชัน A/D Converter

SAR เป็นตัวหลักของ A/D Converter ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับแบบแรมป์ โดยโครงสร้างการทำงาน แสดงดังรูปที่ 7.7 ซึ่งการแสดงบล็อกไดอะแกรม A/D Converter แบบ SAR



รูปที่ 7.8 แสดงคอนเวอร์เตอร์ซึ่งใช้เทคนิค SAR

SAR คอนเวอร์เตอร์ต้องใช้ D/A converter และคอมพาราเตอร์ในการทำงานเหมือนกัน ส่วนแตกต่างกันจะเห็นได้แก่ ส่วนเกาท์เดอวีวิธีที่เริ่มปทำงาน โดยอาศัยการนับขึ้นในลำดับไบนารี จนกระทั่งเกิน V_i ทำงานของ SAR คอนเวอร์เตอร์จะอธิบายต่อไปและใช้ รูปที่ 7.8 และ 7.9 ในการบรรยาย



รูปที่ 7.9 แสดงกราฟของส่วน D/A ระหว่างการแปลงสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การเริ่มต้นของการเปลี่ยนแปลงจากสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล พิจารณาจากสัญญาณนาฬิกาที่ส่งไปยังระบบควบคุมลอจิก โดยเอาต์พุตของระบบควบคุมลอจิกจะส่งพัลส์หนึ่งลูกให้กับ SAR เพื่อเซตค่าของ MSB และลบค่าเอาต์พุตที่ยังเหลืออยู่ ซึ่งจะทำให้ค่าของ V_o เท่ากับค่า $V_{in}/2$ ในรูปที่ 7.9 ซึ่งจะน้อยกว่าค่า V_{in} และเอาต์พุตของคอมพาราเตอร์จะคงอยู่ในระดับ “1” ระบบควบคุมลอจิกลอจิกจะตรวจสอบด้วยคอมพาราเตอร์ยังคงเป็น “1” อยู่ที่จะส่งสัญญาณไปที่ SAR ซึ่งจะล้างค่าของ MSB เป็นลอจิก “1” ที่ Q7

2. เมื่อมีสัญญาณนาฬิกาถูกตัดไป MSB ตัวใหม่ซึ่งอยู่ที่ Q6 ของ SAR จะถูกเซตค่าเป็น “1” ดังรูปที่ 7.9 เอาต์พุตของ D/A จะเกิดค่าของ V_{in} ทำให้เอาต์พุตของคอมพาราเตอร์เปลี่ยนระดับระบบควบคุมลอจิกตรวจสอบทราบก็จะไม่ทำงานล้างค่า Q6 นั่นคือค่าที่ค้างที่ตำแหน่ง Q6 เท่านั้น “0”

3. สัญญาณนาฬิกาถูกถัดมา Q6 จะถูกเคลียร์และ Q5 จะถูกเซต จากการเปรียบเทียบได้เอาต์พุตของคอมพาราเตอร์เป็น “1” ส่วนควบคุมลอจิกก็จะไม่ทำงานล้างค่า Q5 ไว้เพราะยังสูงกว่าค่าของ V_{in}

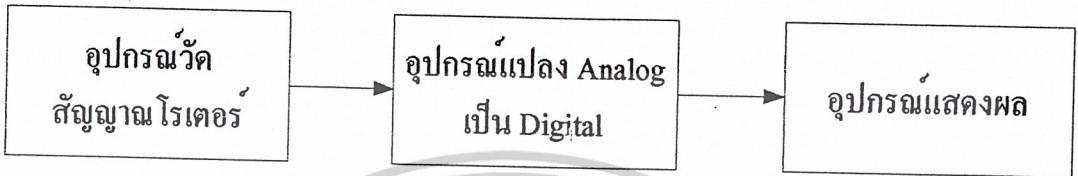
โดยปกติแล้ววงจรจะทดสอบเอาต์พุต โดยเริ่มต้นที่ MSB ของ SAR ถ้าเอาต์พุตของ D/A คอนเวอร์เตอร์เกินค่า V_{in} แล้วบิตนั้นจะล้างลอจิก “1” ไว้ที่หลังตรวจสอบหมดแล้วบิตที่เอาต์พุตจะเป็นอัตราส่วนกับ V_{in} จะเห็นว่า A/D แบบนี้ดีกว่าแบบแรมปี คือเวลาในการแปลงสัญญาณเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนบิตของเคาท์เตอร์ SAR

SAR A/D คอนเวอร์เตอร์ ก็มีข้อผิดพลาดแบบเดียวกับแบบแรมปี คือข้อผิดพลาดทางอัตรากรขยายออฟเซต และความไม่เป็นเชิงเส้นซึ่งเกิดขึ้นในส่วน D/A

บทที่ 8

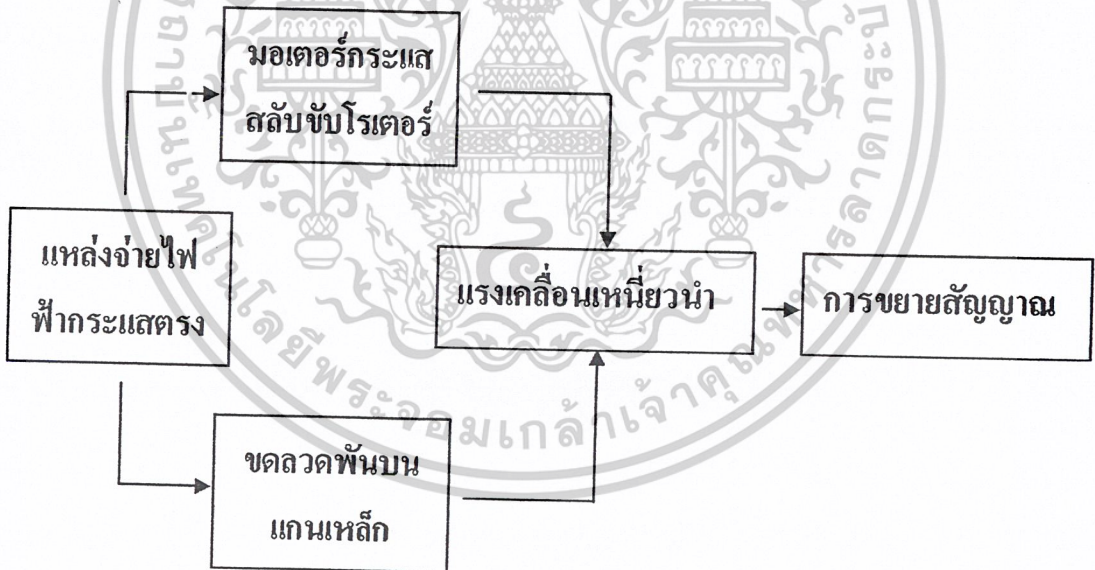
เครื่องตรวจวัดคุณภาพของโรเตอร์แบบกรงกระรอก

8.1 หลักการทำงานของเครื่องตรวจวัดคุณภาพของโรเตอร์แบบกรงกระรอก



รูปที่ 8.1 แสดงการทำงานของเครื่องตรวจวัดคุณภาพของโรเตอร์กรงกระรอก

8.2 การทำงานของอุปกรณ์วัดสัญญาณโรเตอร์

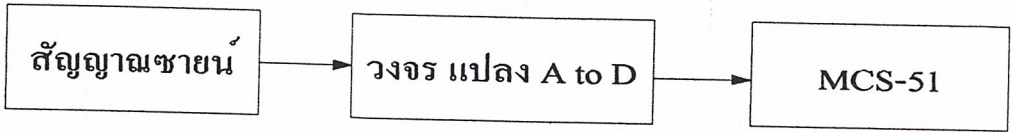


รูปที่ 8.2 แสดงลำดับการทำงานของอุปกรณ์วัดสัญญาณโรเตอร์

เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับขดลวดจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กภายในสเตเตอร์เมื่อโรเตอร์ที่ต้องการตรวจสอบหมุนตัดผ่านสเตเตอร์ทำให้เกิดแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำเป็นสัญญาณขายนั้เวฟโดยในแต่ละรูปคลื่นคือจำนวนบาร์ภายในโรเตอร์สัญญาณที่ได้จะมีขนาดเล็กจึงต้องนำสัญญาณที่ได้ไปทำการขยายโดยผ่านวงจรขยายสัญญาณแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นจะแปรผันตรงกับกระแสไฟฟ้า

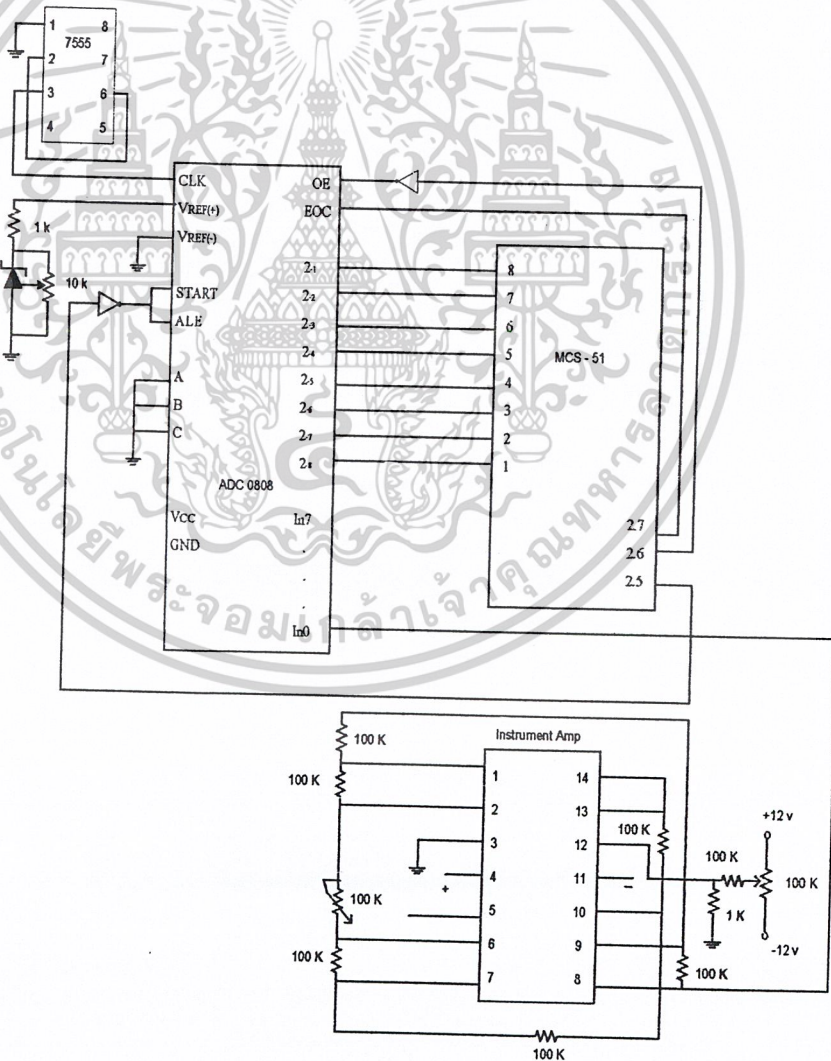
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกิจกรรมเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลเห็นประโยชน์ของเอกสารนี้ การค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ไหลในขดลวด จำนวนรอบของขดลวด และความเร็วในการหมุนตัดผ่าน โรเตอร์อุปกรณ์แปลงอนาล็อกเป็นดิจิทัล



รูปที่ 8.3 แสดงลำดับการทำงานของอุปกรณ์แปลงอนาล็อกเป็นดิจิทัล

เมื่อสัญญาณชานซ์ผ่านเข้าวงจรอนาล็อก เป็น คิจิตอล เอาท์พุทที่ได้เป็น คิจิตอลเข้าMCS-51 เพื่อเก็บข้อมูลที่ได้อ่านส่งต่อไปยังคอมพิวเตอร์ โดยผ่านพอร์ทอนุกรม RS 232 โปรแกรม MCS-51



รูปที่ 8.4 แสดงวงจรการออกแบบเครื่องทดสอบ โรเตอร์แบบกึ่งกรังกรอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเฉพาะเท่านั้น การนำเอกสารนี้ไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์ หรือการนำเอกสารนี้ไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.3 รูปแบบของโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

\$crystal = 11059200

\$baud = 19200

Dim A As Byte

Alias P1

Do

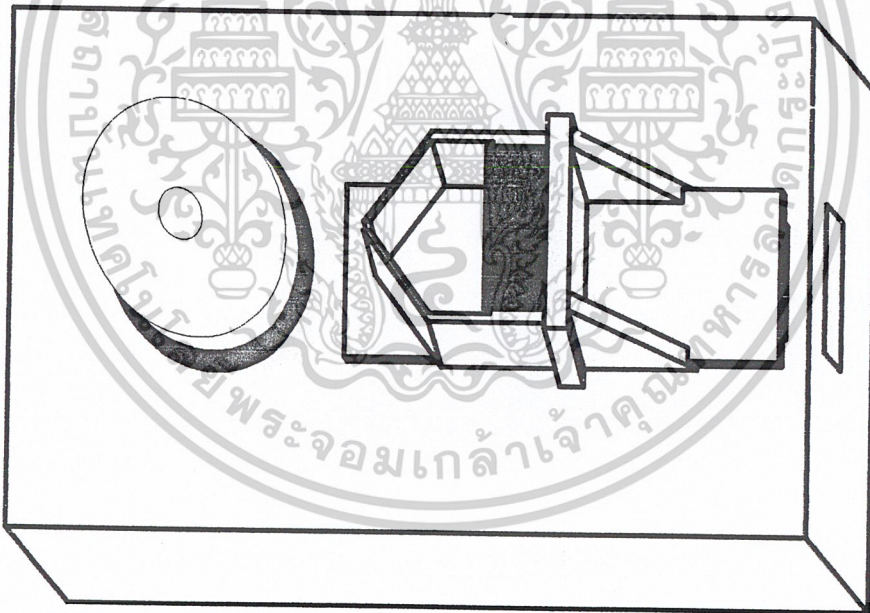
A = P1

Print A

Loop

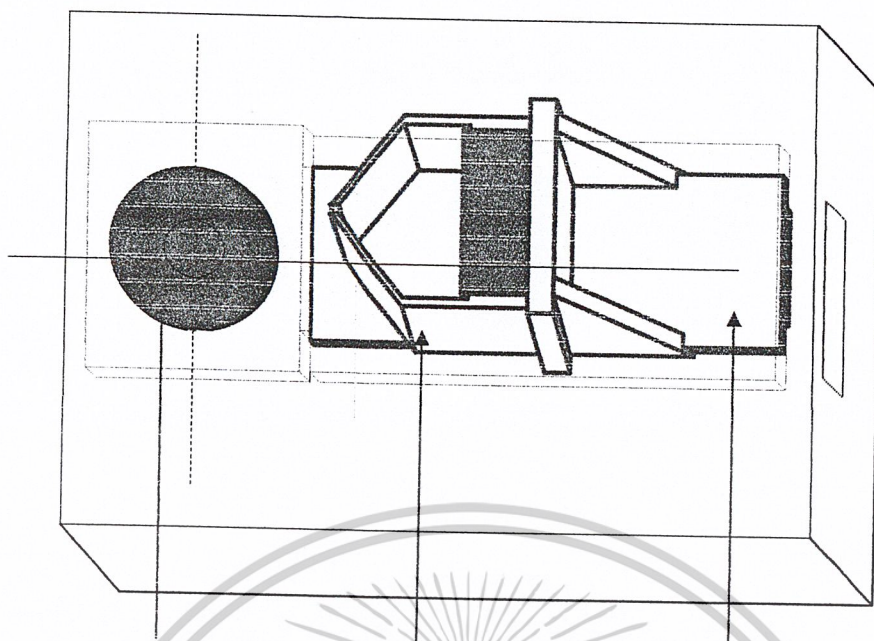
End

8.4 แสดงโครงสร้างภายนอกของเครื่องทดสอบโรเตอร์แบบกรงกระรอก



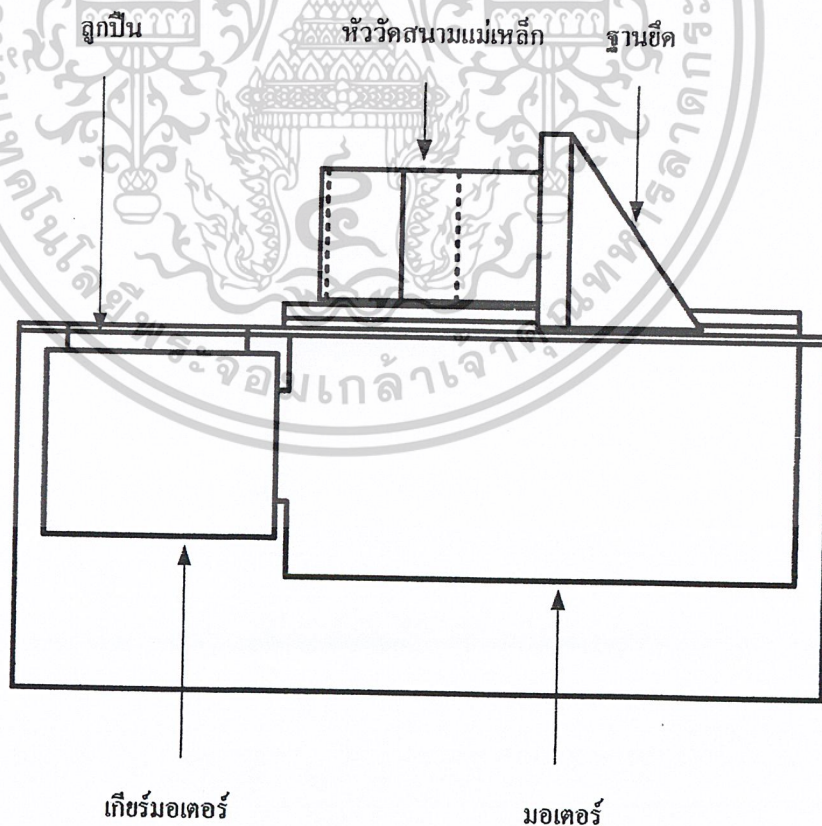
รูปที่ 8.5 แสดง โครงสร้างภายนอกของเครื่องทดสอบโรเตอร์แบบกรงกระรอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ลูกปืน หัววัดสนามแม่เหล็ก ฐานยึด

รูปที่ 8.6 แสดง โครงสร้างภายนอกของเครื่องทดสอบ โรเตอร์แบบกรงกระรอก

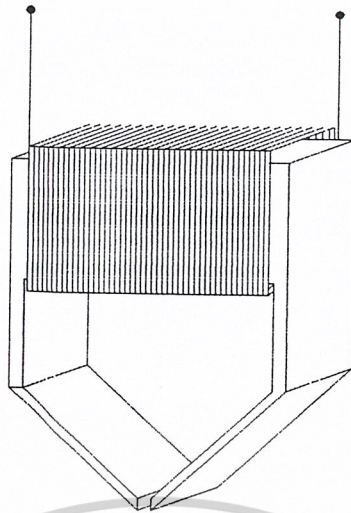


เกียร์มอเตอร์

มอเตอร์

รูปที่ 8.7 แสดง โครงสร้างภายในของเครื่องทดสอบ โรเตอร์แบบกรงกระรอก

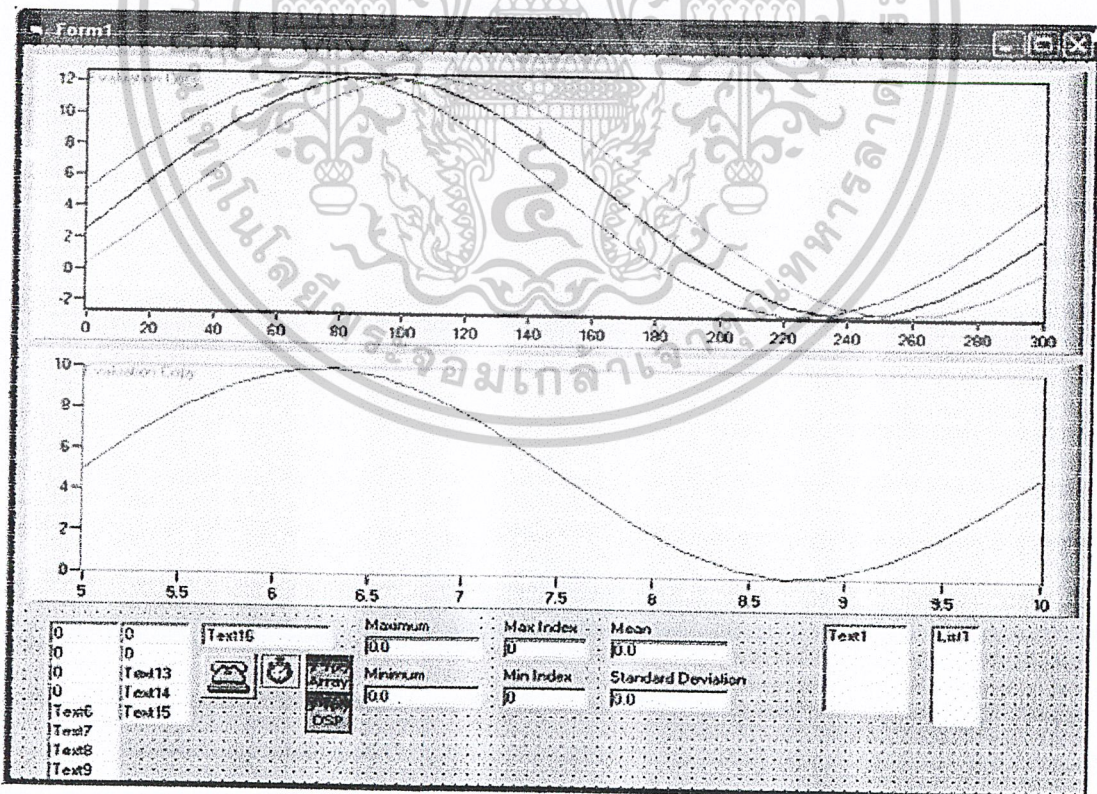
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8.8 แสดงโครงสร้างหัววัดสนามแม่เหล็กของเครื่องทดสอบโรเตอร์แบบกรงกระรอก

8.5 อุปกรณ์แสดงผล

เป็นการเขียนโปรแกรม Visual basic เพื่อนำค่าที่ได้มาจาก MCS-51นำไปแสดงเป็นกราฟเพื่อแสดงผลทางหน้าคอมพิวเตอร์ ฟอรัม และ โปรแกรม Visual basic



รูปที่ 8.9 แสดงฟอร์ม Visual basic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม

```

Option Explicit
Dim A As String
Dim A1 As Double
Dim B As Double
Dim entry() As String
Dim pos As Integer
Dim M1 As Integer
Dim M2 As Integer
Dim M3 As Integer
Dim M4 As Integer
Dim err As Long
Dim meanval As Variant
Dim maxval As Variant
Dim minval As Variant
Dim stdevval As Variant
Dim maxindex As Variant
Dim minindex As Variant
Dim data(0 To 30) As Double
Dim vData As Variant
Dim vData1 As Variant
Dim vFilteredData As Variant
Dim phase As Variant
Dim i As Integer
    Dim y(1000) As Double
    Dim y2 As Variant
    Dim y3(30 * 10) As Variant
    Dim vVal As Variant
Private Sub CWGraph1_DblClick()
    CWGraph1.Axes(1).Minimum = 0
    CWGraph1.Axes(2).Maximum = 5

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub CWGraph1_MouseDown(Button As Integer, Shift As Integer, x As Single, y As Single)
```

```
    CWGraph1.TrackMode = cwGTrackZoomRectXY
```

```
    ' txtDescription.Text = "Select a region on the graph to zoom both horizontally and vertically. Zooming doesn't generate any events. Press the Reset button to reset the view."
```

```
    CWGraph1.Plots.RemoveAll
```

```
    CWGraph1.Cursors.RemoveAll
```

```
    PlotData
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
    A1 = 0
```

```
    B = 1
```

```
    MSComm1.CommPort = 1
```

```
    MSComm1.Settings = "19200,n,8,1"
```

```
    MSComm1.PortOpen = True
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Quit_Click()
```

```
End
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Text6_Change()
```

```
    Text7.Text = Text6.Text / 51
```

```
    'Text8.Text = Val(Text6.Text / 51 & " Volt")
```

```
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Private Sub Timer1_Timer()
'On Error Resume Next
MSComm1.DTREnable = False
MSComm1.DTREnable = True
A = MSComm1.Input
Text1.Text = A

'UpdateFrequencyResponse
entry = Split(Text1.Text, vbCrLf, , vbTextCompare)
pos = 0

Do While pos < UBound(entry)
    If pos = 1 Then
        Text2.Text = entry(pos)
        M1 = Text2.Text
    End If
    If pos = 2 Then
        Text3.Text = entry(pos)
        M2 = Text3.Text
    End If
    If pos = 3 Then
        Text4.Text = entry(pos)
        M3 = Text4.Text
    End If
    If pos = 4 Then
        Text5.Text = entry(pos)
        M4 = Text5.Text
    End If
    pos = pos + 1
Loop
Text6.Text = (M1 + M2 + M3 + M4) / 4

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Txt1.Text = A1
'Data(A1) = Text6.Text / 51
y(A1) = Text6.Text / 51
CWGraph1.YDataAppend = Text6.Text / 51
A1 = A1 + 1
Else
A1 = 0
Graph.Plots(1).PlotY y, 0, 1
Graph.Plots(3).PlotY vData1, 0, 1
CWStat1.StdDev y, meanval, stddevval
    WArray1.MaxMinID y, maxval, maxindex, minval, minindex
MeanNum = meanval
StdNum = stddevval
MaxNum = maxval
MaxIndexNum = maxindex
MinNum = minval
MinIndexNum = minindex
    phase = 0
Const kdFreqLowCutoff = 24 ' 24 Hz cutoff on the lowpass filter
Const kdFreqHighCutoff = 150 ' 150 Hz cutoff on the hipass filter
Const kdSineWaveAmp = 5 ' amplitude of the sine wave
Const kdSineWaveFreq = 30 ' frequency of sine wave
    Const kFilterOrder = 5 ' order of the filter
Const kcPts = 1024 ' sample 1000 points
    ' generate the sine wave
vData = CWDSP1.SineWave(kcPts, Text7.Text, kdSineWaveFreq / kcPts, phase)
vData1 = CWDSP1.Pulse(100000, 3, 1, 14)
'vData = CWArray1.AddArray(y, vData)
vData = CWArray1.AddArray(vData, y)
    ' put the resulting waveform (noise + sine) through a low-pass filter
vFilteredData = CWDSP1.BwLPF(vData, kcPts, kdFreqLowCutoff, kFilterOrder)
CWGraph1.PlotY vData

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
 เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Graph.Plots(2).PlotY vData, 0, 0.03
```

```
CWGraph2.PlotY vFilteredData
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub PlotData()
```

```
CWGraph1.PlotY vData
```

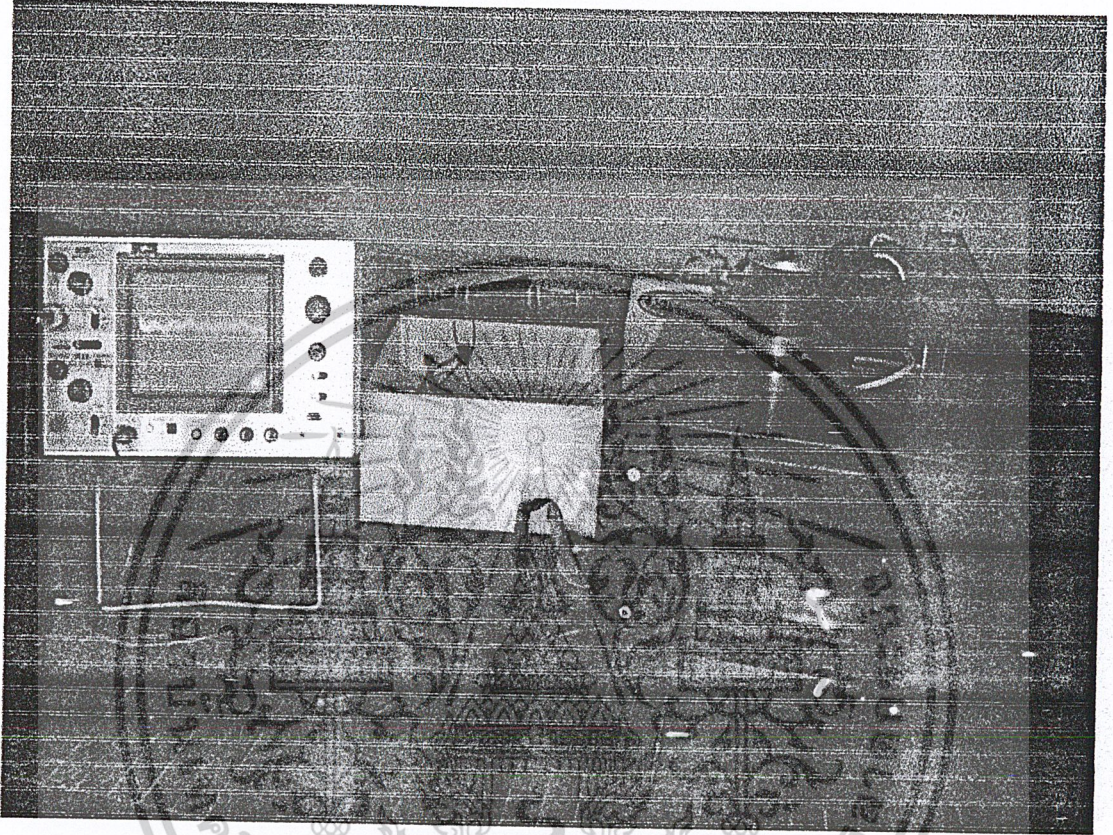
```
End Sub
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 9

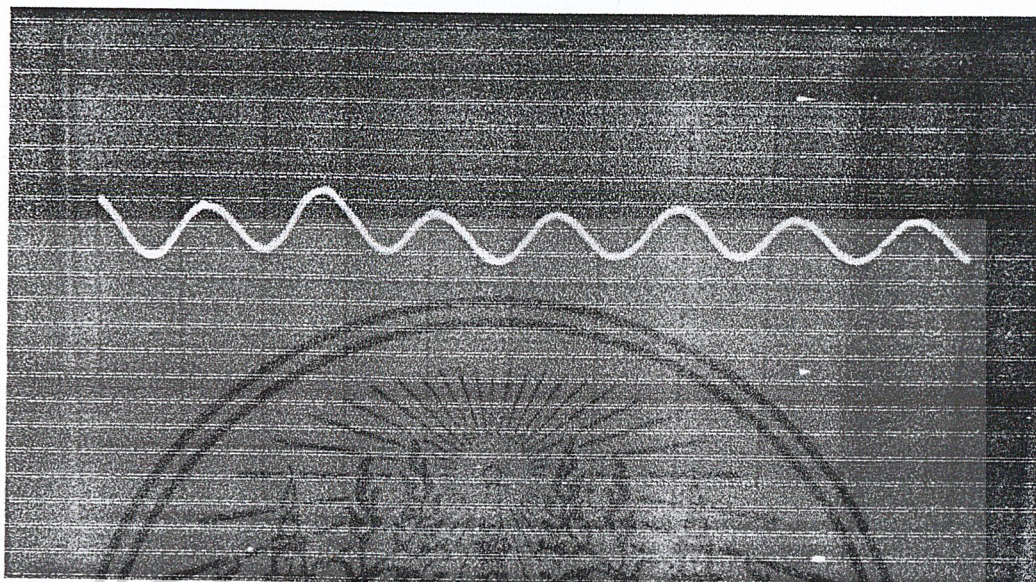
ผลการทดลอง



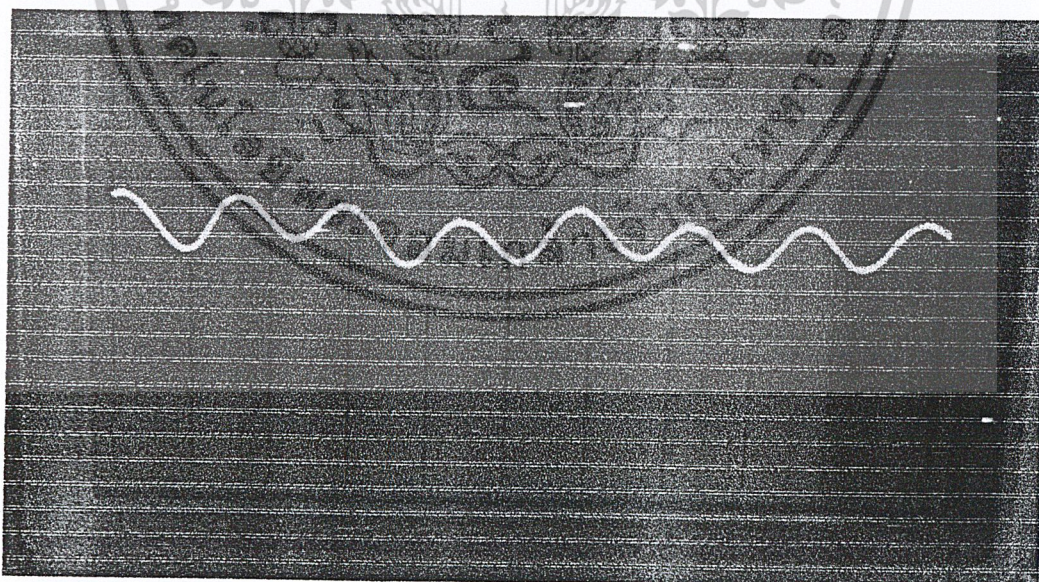
รูปที่ 9.1 แสดงการต่อเครื่องวัดคุณภาพโรเตอร์แบบกรงกระรอกที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.1 ลักษณะของรูปคลื่นที่วัดได้จากสโคปโดยวัดการเปลี่ยนแปลงแรงดันที่จ่ายเข้า
ขดลวดและมอเตอร์กระแสตรงที่มอเตอร์คุณภาพดี

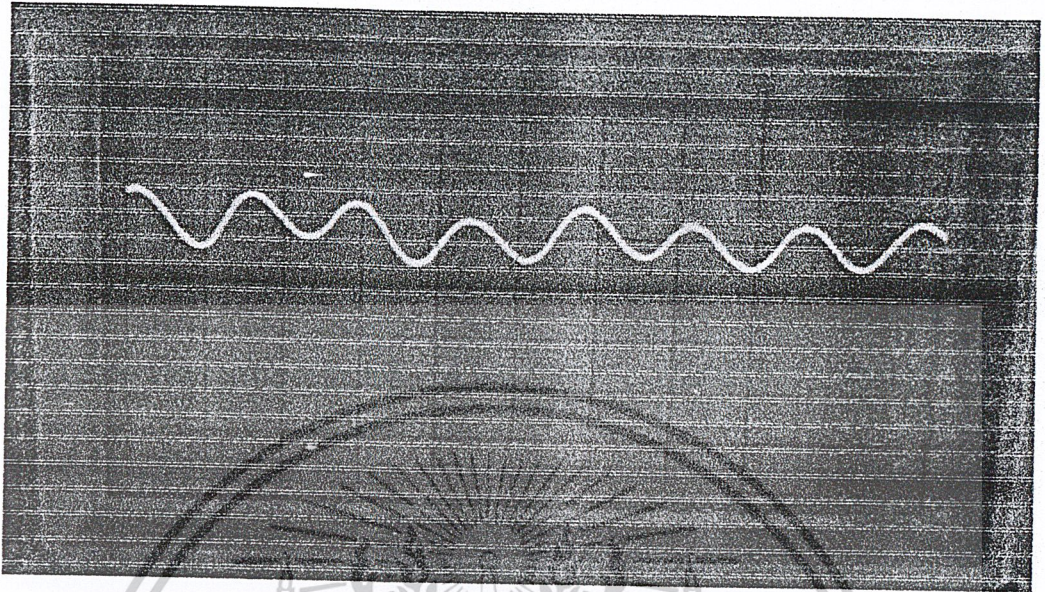


รูปที่ 9.2 แสดงผลการทดลองที่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 V ไม่ผ่านวงจร INSTRUMENT AMP
โดยที่ทำมุมตามมุมสกรูของโรเตอร์

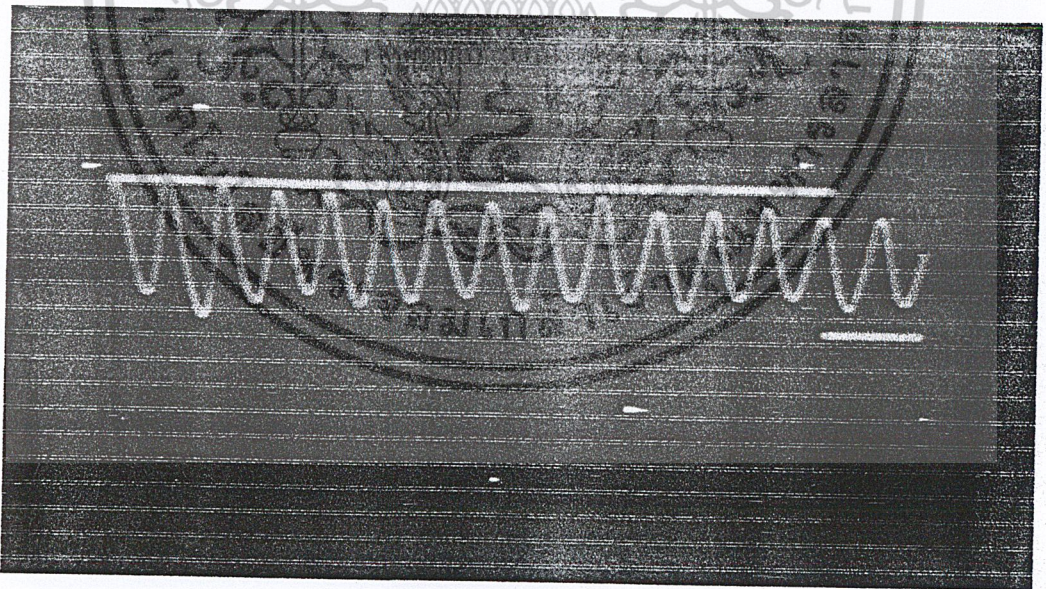


รูปที่ 9.3 แสดงผลการทดลองที่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 V ผ่านวงจร INSTRUMENT AMP
โดยที่ทำมุมตามมุมสกรูของโรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

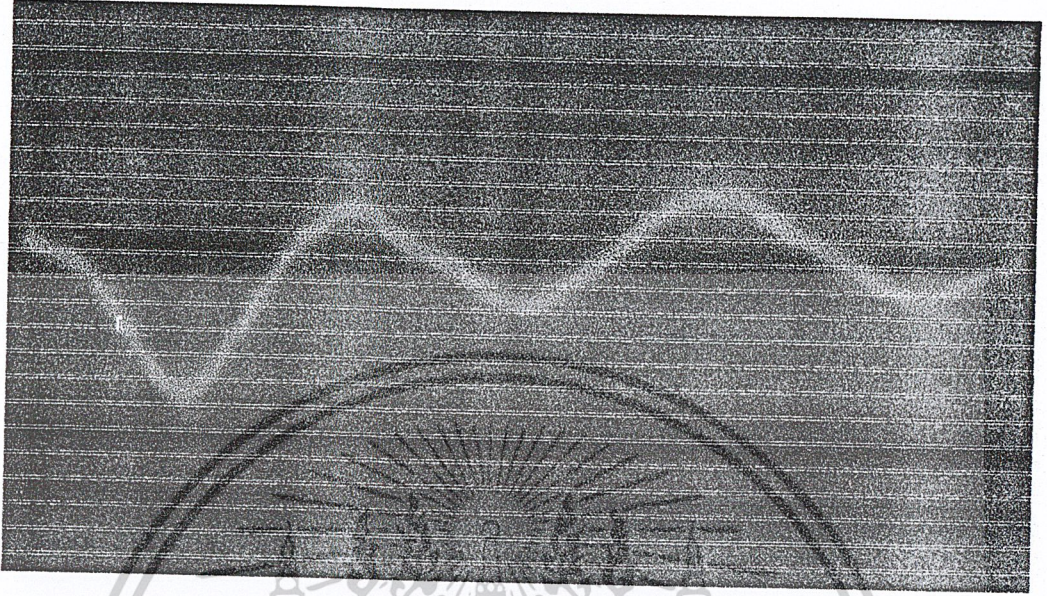


รูปที่ 9.4 แสดงผลการทดลองที่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 V ผ่านวงจร INSTRUMENT AMP โดยที่ทำมุมตามมุมสกรูของโรเตอร์

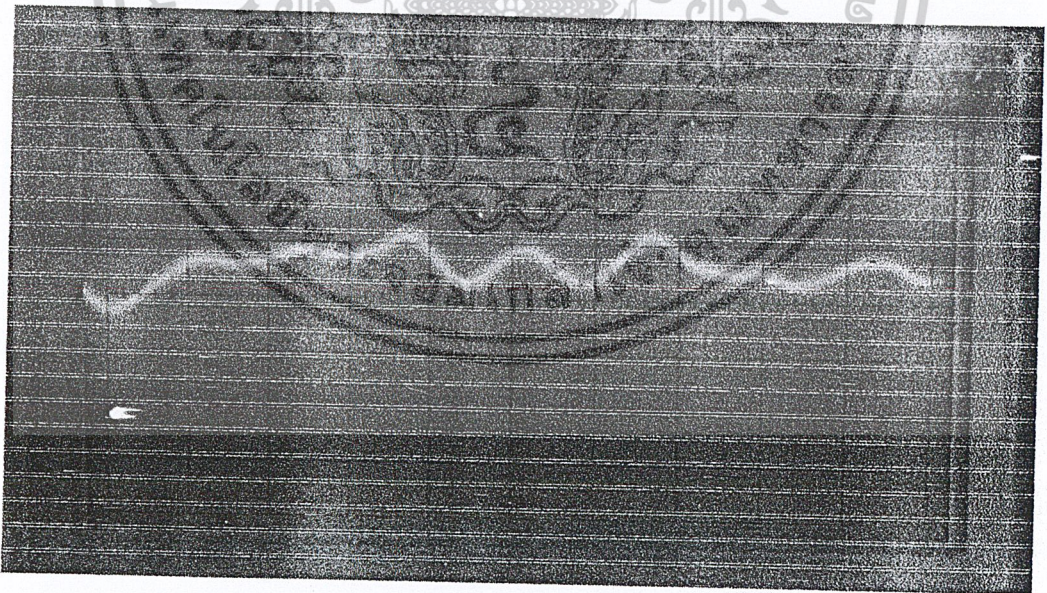


รูปที่ 9.5 แสดงผลการทดลองที่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 V ผ่านวงจร INSTRUMENT AMP โดยที่ทำมุมตามมุมสกรูของโรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

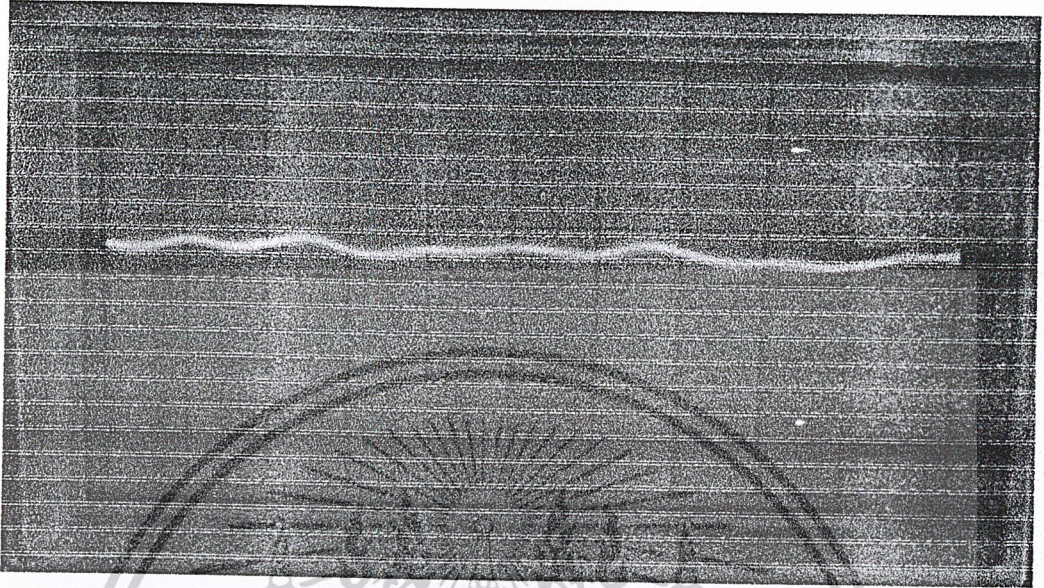


รูปที่ 9.6 แสดงผลการทดลองที่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 V ไม่ผ่านวงจร INSTRUMENT AMP โดยที่ขนานกับ โรเตอร์



รูปที่ 9.7 แสดงผลการทดลองที่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 V ผ่านวงจร INSTRUMENT AMP โดยที่ขนานกับ โรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



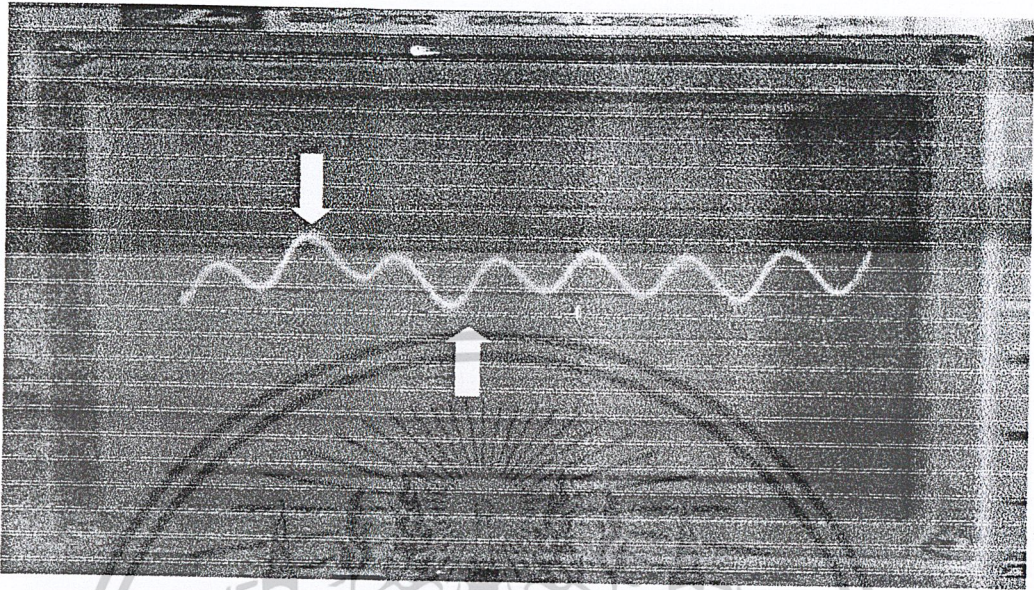
รูปที่ 9.8 แสดงผลการทดลองที่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 V ไม่ผ่านวงจร INSTRUMENT AMP โดยที่ทำมุมตัดกับมุมสกรูของโรเตอร์



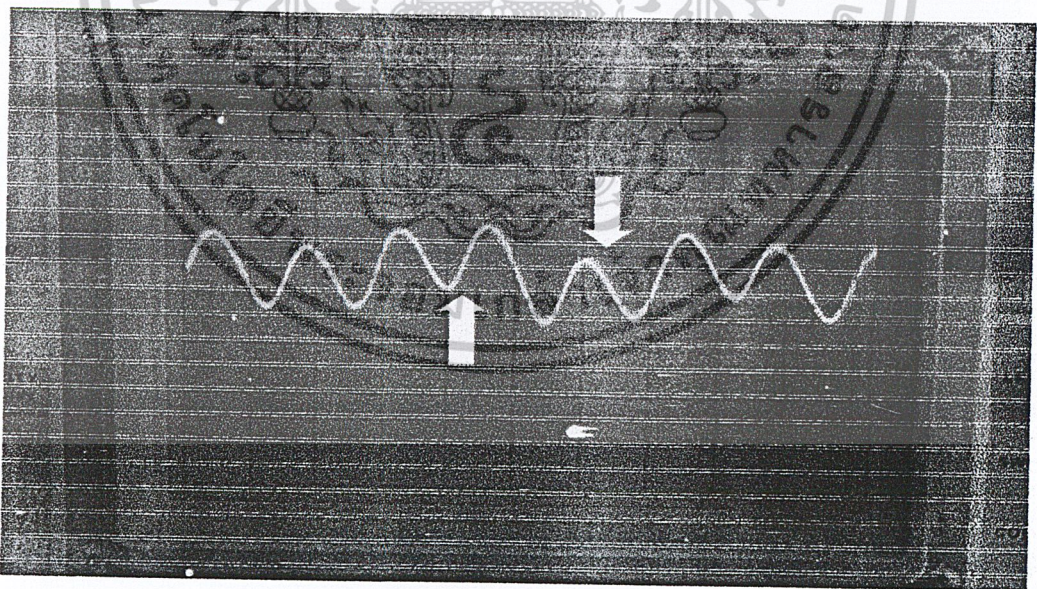
รูปที่ 9.9 แสดงผลการทดลองที่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 V ผ่านวงจร INSTRUMENT AMP โดยที่ทำมุมตัดกับมุมสกรูของโรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.2 ลักษณะของรูปคลื่นที่วัดได้จากสโคปโดยวัดการเปลี่ยนแปลงแรงดันที่จ่ายเข้า
ขดลวดและมอเตอร์กระแสตรงที่มอเตอร์คุณภาพไม่ดี

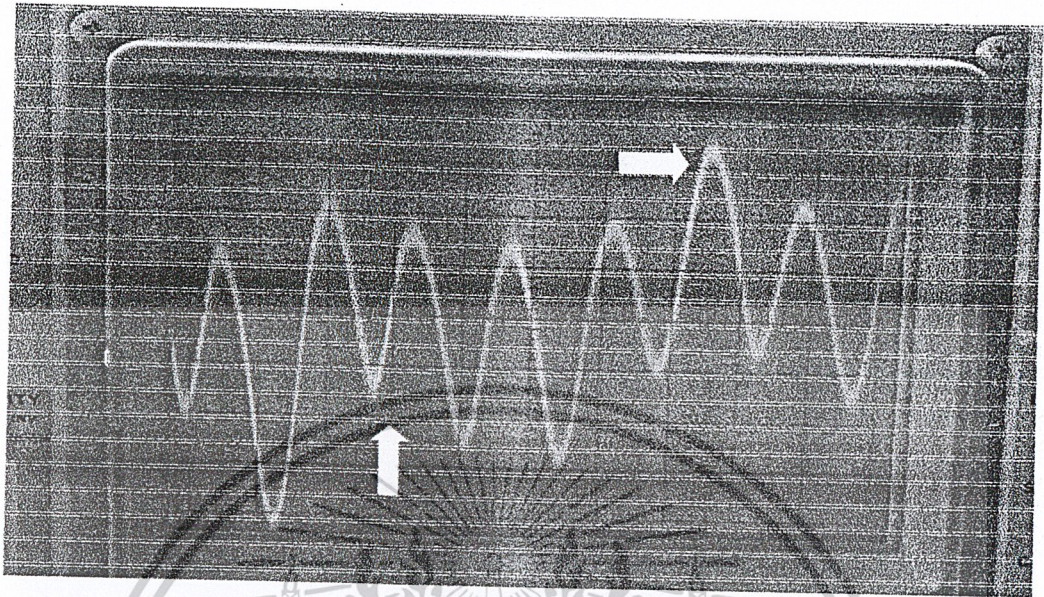


รูปที่ 9.10 แสดงผลการทดลองที่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 V ไม่ผ่านวงจร INSTRUMENT AMP
โดยที่ทำมุมตามมุมสกรูของ โรเตอร์คุณภาพไม่ดี โดยที่บาร์ภายใน โรเตอร์ขาด

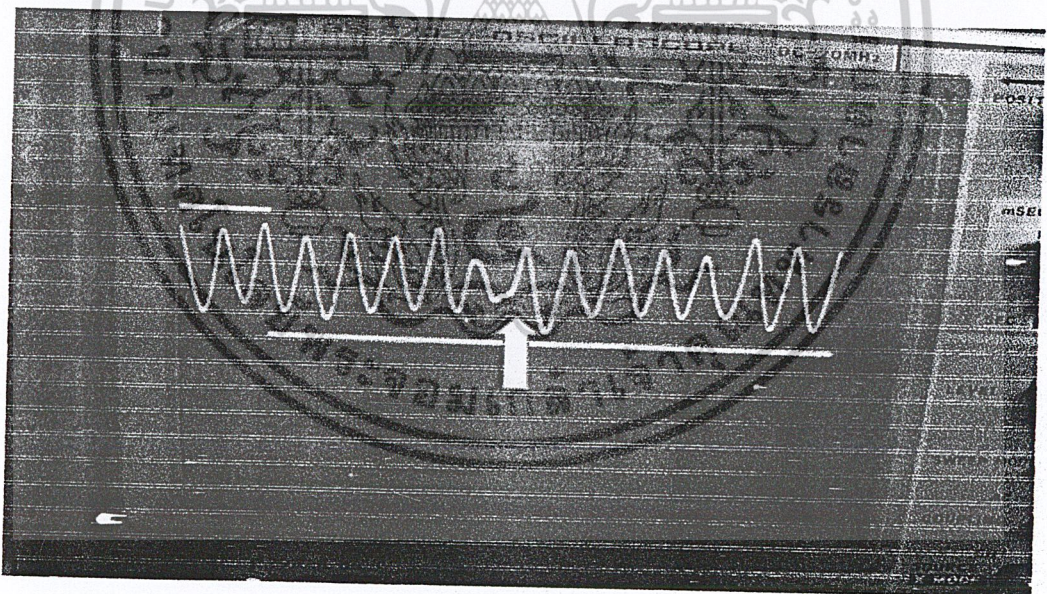


รูปที่ 9.11 แสดงผลการทดลองที่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 V ผ่านวงจร INSTRUMENT AMP
โดยที่ทำมุมตามมุมสกรูของ โรเตอร์คุณภาพไม่ดี โดยที่บาร์ภายใน โรเตอร์ขาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

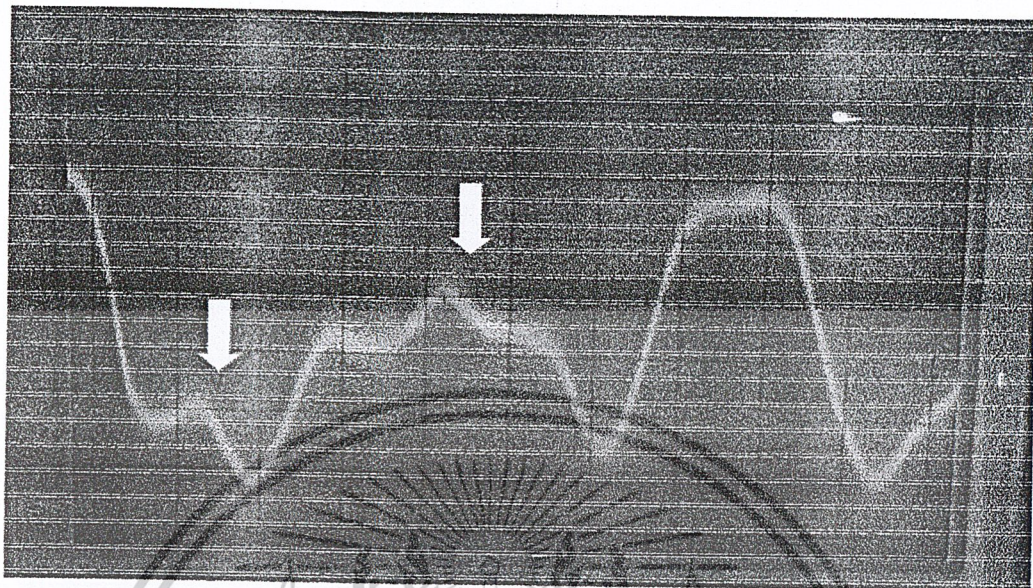


รูปที่ 9.12 แสดงผลการทดลองที่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 V ผ่านวงจร INSTRUMENT AMP โดยที่ทำมุมตามมุมศรของ โรเตอร์คุณภาพไม่ดีโดยที่บาร์ภายในโรเตอร์ขาด



รูปที่ 9.13 แสดงผลการทดลองที่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 V ผ่านวงจร INSTRUMENT AMP โดยที่ทำมุมตามมุมศรของ โรเตอร์คุณภาพไม่ดีโดยที่บาร์ภายในโรเตอร์ขาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

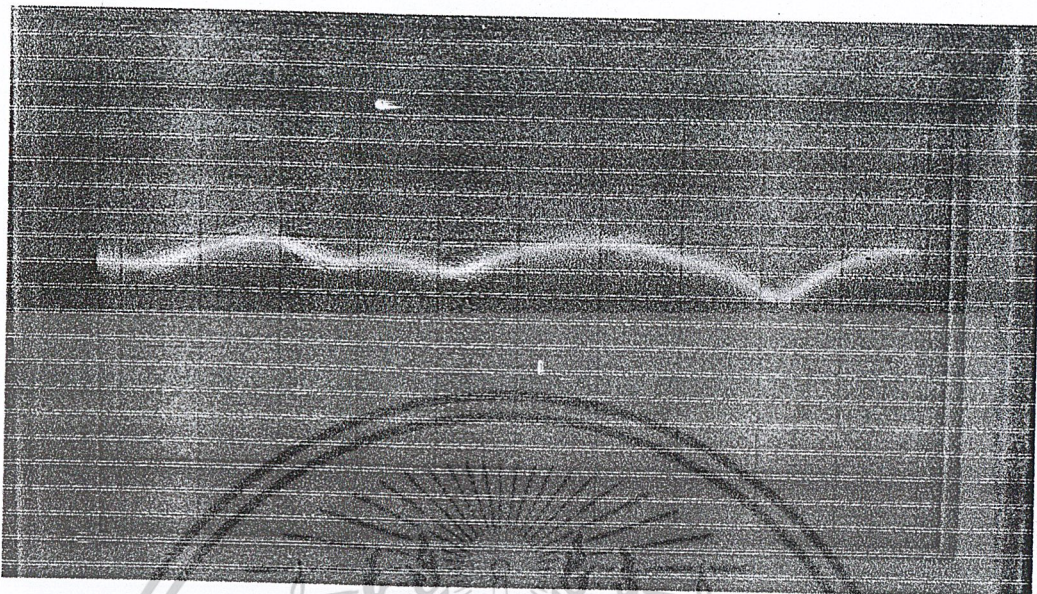


รูปที่ 9.14 แสดงผลการทดลองที่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 V ไม่ผ่านวงจร INSTRUMENT AMP โดยที่ขนานกับโรเตอร์คุณภาพไม่ดีโดยที่บาร์ภายในโรเตอร์ขาด



รูปที่ 9.15 แสดงผลการทดลองที่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 V ผ่านวงจร INSTRUMENT AMP โดยที่ขนานกับโรเตอร์คุณภาพไม่ดีโดยที่บาร์ภายในโรเตอร์ขาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

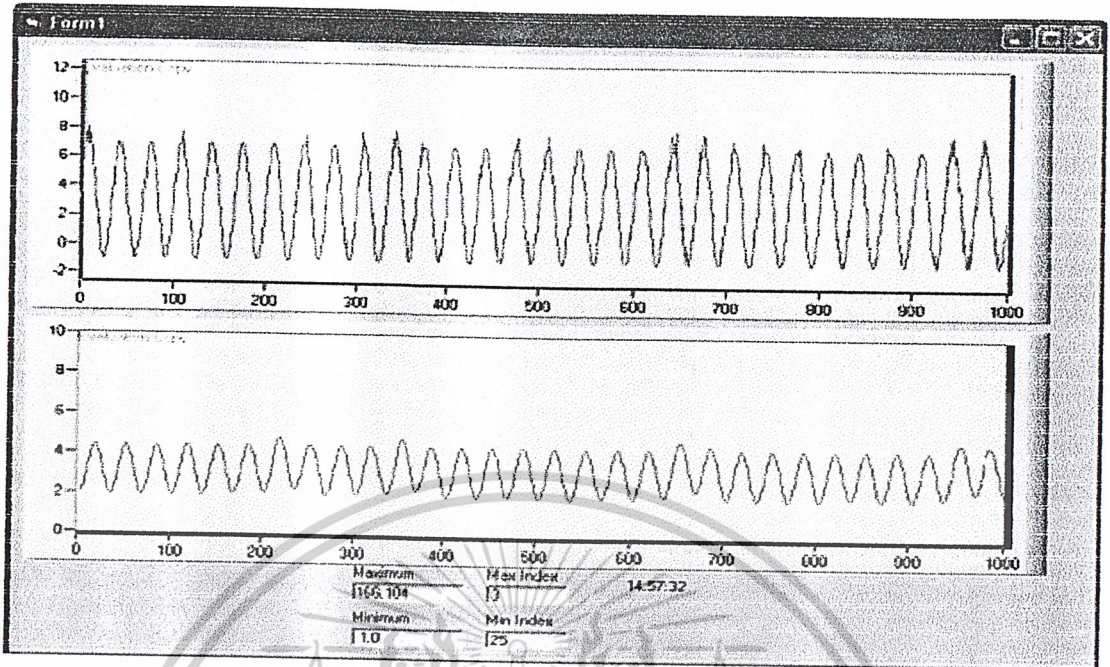


รูปที่ 9.16 แสดงผลการทดลองที่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 V ไม่ผ่านวงจรถวาย INSTRUMENT AMP โดยที่ท่ามมตัดกับมมสกรของ โรเตอร์คุณภาพไม่ดี โดยที่บาร์ภายใน โรเตอร์ขาด

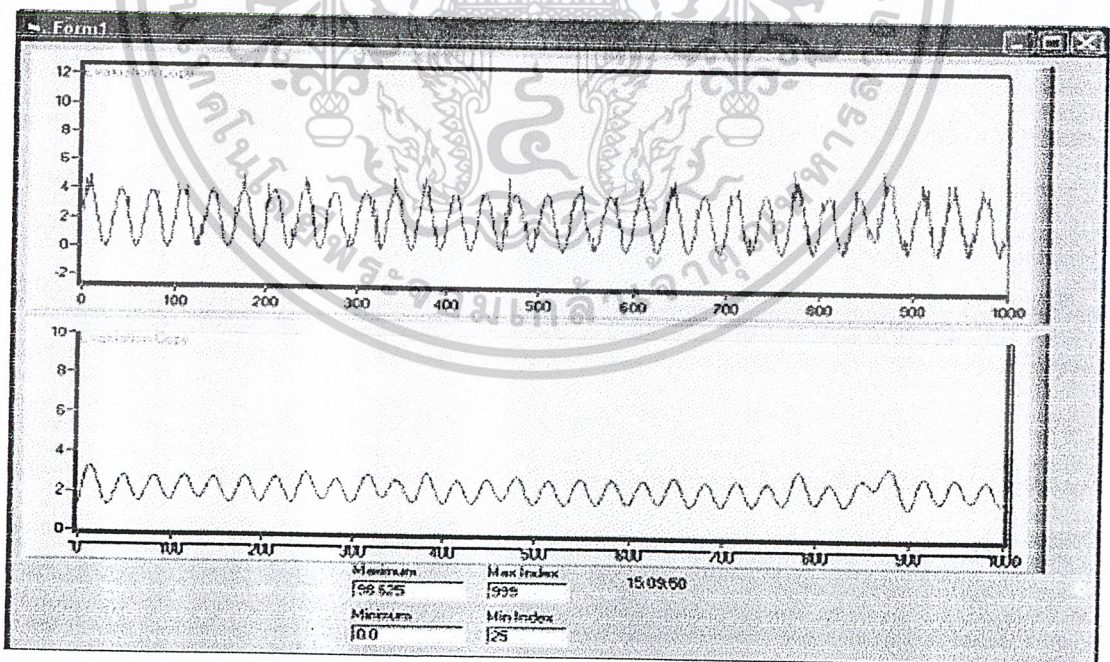


รูปที่ 9.17 แสดงผลการทดลองที่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 12 V ผ่านวงจรถวาย INSTRUMENT AMP โดยที่ท่ามมตัดกับมมสกรของ โรเตอร์คุณภาพไม่ดี โดยที่บาร์ภายใน โรเตอร์ขาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9.18 แสดงการต่อร่วมกันเครื่องวัดคุณภาพโรเตอร์แบบกรงกระรอก แสดงผลผ่านหน้าจอกอมพิวเตอร์โดยใช้ Visual Basic โดยจ่ายไฟฟ้าให้ขดลวด 12 Vจ่าย แสดงโรเตอร์คุณภาพดี



รูปที่ 9.19 แสดงการต่อร่วมกันเครื่องวัดคุณภาพโรเตอร์แบบกรงกระรอก แสดงผลผ่านหน้าจอกอมพิวเตอร์โดยใช้ Visual Basic โดยจ่ายไฟฟ้าให้ขดลวด 12 Vจ่าย แสดงโรเตอร์

คุณภาพไม่ดี เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 10

สรุปและวิจารณ์

10.1 สรุป

การทำงานของเครื่องมือวัดคุณภาพโรเตอร์แบบกรงกระรอกโดยอาศัยการเหนี่ยวนำร่วมทางไฟฟ้าประโยชน์ที่จะได้รับจากเครื่องมือวัดคุณภาพโรเตอร์ทำให้เราทราบว่าโรเตอร์ที่ผลิตได้นั้นดี หรือเสียควรจะนำโรเตอร์ที่ผลิตได้ไปผลิตมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับหรือไม่ในการทดสอบคุณภาพแบบนี้ง่ายต่อการใช้งาน ยังช่วยผู้ผลิตลดต้นทุนได้เมื่อเราสามารถทราบถึงคุณภาพโรเตอร์ก่อนที่จะนำไปประกอบกับอุปกรณ์ตัวอื่น

จากเหตุผลดังกล่าวเราจึงคิดหาวิธีที่จะทำให้เราทราบว่าโรเตอร์แบบกรงกระรอกที่ผลิตได้นั้นดีหรือเสียได้อย่างไรโดยโครงการนี้จะทำให้ทราบถึงคุณภาพ โรเตอร์ตามที่ได้เสนอมานในรายละเอียดของโครงการ

10.2 วิจารณ์

ปัญหาที่พบคือ

10.2.1 แกนรองรับ โรเตอร์ที่ต่อเข้ากับเพลลาของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งเมื่อตัวมอเตอร์หมุนด้วยความเร็วจะทำให้เกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางทำให้สัญญาณที่ได้มีความผิดเพี้ยน

10.2.2 ความเร็วที่มอเตอร์หมุนต้องมีความเร็วพอสมควรเพราะเมื่อไฟฟ้ากระแสตรงให้ส่วนขดลวดทำให้เกิดสนามแม่เหล็กสูงอาจทำให้โรเตอร์ลอกทำให้เกิดความเสียหายต่อวงจรได้

10.2.3 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เมื่อได้รับความร้อนเป็นเวลานานอาจทำให้เกิดความเสียหายได้จึงต้องใช้อุปกรณ์ที่ช่วยในการระบายความร้อนเช่น Heatsink

10.2.4 การวัดสัญญาณที่ได้มาจาก SENSER มาถึง A/D เกิดความผิดพลาดจากตัวของ A/D

10.2.5 การแสดงผลของคอมพิวเตอร์ซึ่งรับมาจาก MCS-51 มีความผิดพลาดระหว่างการส่งข้อมูลของ MCS-51 กับการรับข้อมูลเข้าไปประมวลผล

บรรณานุกรม

- (1) ไชยชาญ หินเกิด, มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ , กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทยญี่ปุ่น), 2541
- (2) ไมตรี วรวิจิตรรยากุล, เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง, กรุงเทพฯ : ศูนย์การพิมพ์พลชัย, 2534
- (3) สุนทร วิฑูสรพจน์, การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล 8051(Mcs51) กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด(มหาชน), 2537
- (4) แสสุนทร วิฑูสรพจน์, การโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051, กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2537
- (5) กิตติ ภัคดิวัฒน์กุล-จำลอง ครูอุตสาหกรรม, Visual Basic 6 ฉบับโปรแกรมเมอร์ กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ไทยเจริญการพิมพ์, 2543
- (6) มงคล ทองสงคราม, มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง, กรุงเทพฯ : รามการพิมพ์, 2538



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



80C31BH/80C51BH/87C51
MCS® 51
CHMOS SINGLE-CHIP 8-BIT MICROCONTROLLER
Automotive

- Extended Automotive Temperature Range (-40°C to +125°C Ambient)
- High Performance CHMOS Process
- Power Control Modes
- 4 Kbyte On-Chip ROM/EPROM
- 128 x 8-bit RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Two 16-Bit Timer/Counters
- 5 Interrupt Sources
- Quick-Pulse EPROM Programming
- 2-Level Program Memory Lock EPROM
- Boolean Processor
- Programmable Serial Port
- TTL- and CMOS-Compatible Logic Levels
- 64K External Program Memory Space
- 64K External Data Memory Space
- IDLE and POWER DOWN Modes
- ONCE Mode Facilitates System Testing
- Available in 12 MHz and 16 MHz Versions
- Available in PLCC and DIP Packages

(See Packaging Specification, Order #231369)

The MCS® 51 CHMOS microcontroller products are fabricated on Intel's reliable CHMOS process and are functionally compatible with the standard MCS 51 HMOS microcontroller products. This technology combines the high speed and density characteristics of HMOS with the low power attributes of CHMOS. This combination expands the effectiveness of the powerful MCS 51 microcontroller architecture and instruction set.

Like the MCS 51 HMOS microcontroller versions, the MCS 51 CHMOS microcontroller products have the following features: 4 Kbytes of EPROM/ROM (87C51/80C51BH respectively); 128 bytes of RAM; 32 I/O lines; two 16-bit timer/counters; a five-source two-level interrupt structure; a full duplex serial port; and on-chip oscillator and clock circuitry. In addition, the MCS 51 CHMOS microcontroller products exhibit low operating power, along with two software selectable modes of reduced activity for further power reduction—Idle and Power Down.

The Idle mode freezes the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port, and interrupt system to continue functioning. The Power Down mode saves the RAM contents but freezes the oscillator, causing all other chip functions to be inoperative.

The 87C51 is the EPROM version of the 80C51BH. It contains 4 Kbytes of on-chip program memory that can be electrically programmed, and can be erased by exposure to ultraviolet light. The 87C51 EPROM array uses a modified Quick-Pulse Programming algorithm, by which the entire 4 Kbyte array can be programmed in about 12 seconds.

NOTICE:

This datasheet contains information on products in full production. Specifications within this datasheet are subject to change without notice. Verify with your local Intel sales office that you have the latest datasheet before finalizing a design.

*Other brands and names are the property of their respective owners.
Information in this document is provided in connection with Intel products. Intel assumes no liability whatsoever, including infringement of any patent or copyright, for sale and use of Intel products except as provided in Intel's Terms and Conditions of Sale for such products. Intel retains the right to make changes to these specifications at any time, without notice. Microcomputer Products may have minor variations to this specification known as errata.
COPYRIGHT © INTEL CORPORATION, 1995
January 1995
Order Number: 270419-007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

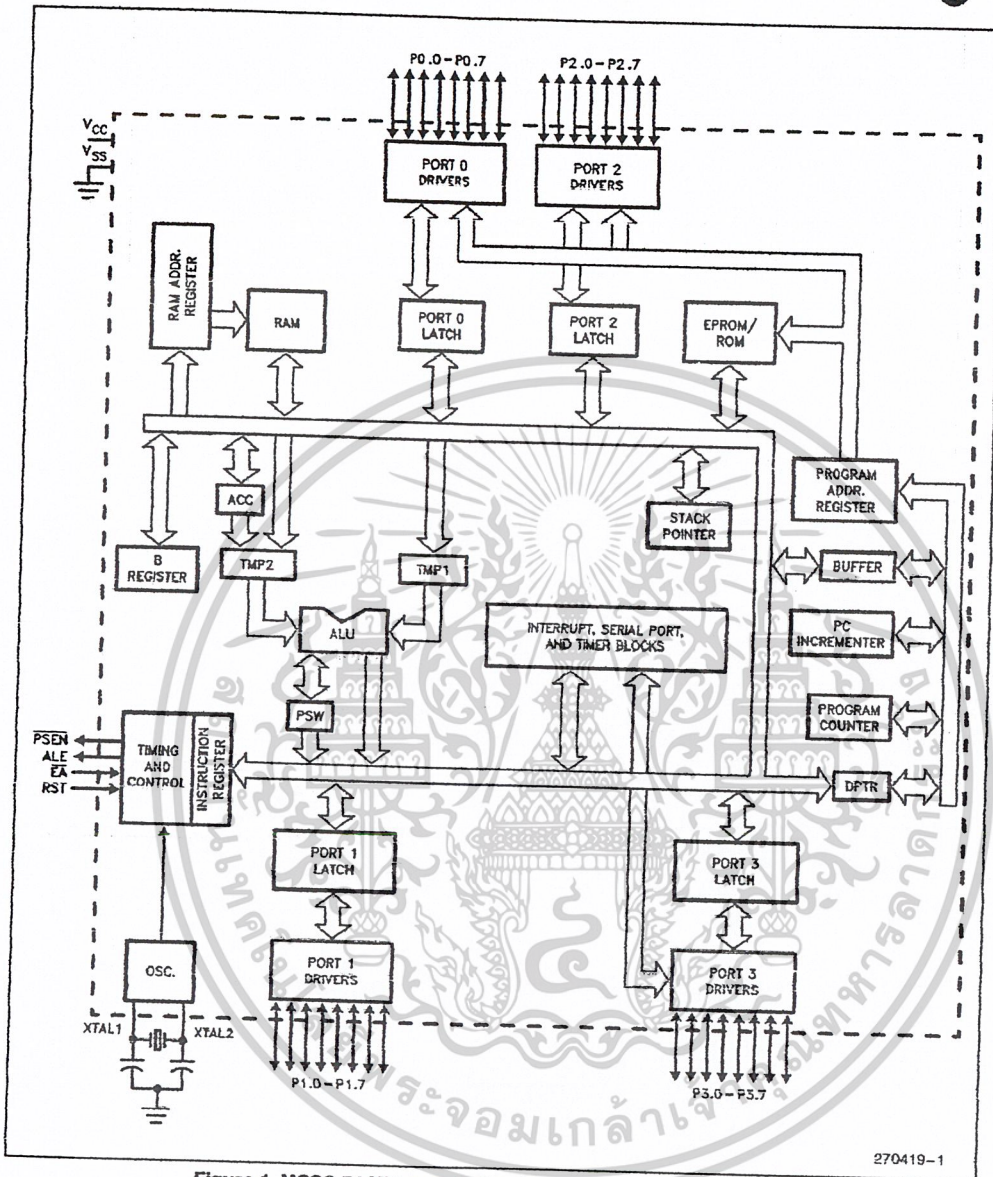


Figure 1. MCS[®] 51 Microcontroller Architectural Block Diagram

270419-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



AUTOMOTIVE 80C31BH/80C51BH/87C51

80C31BH/80C51BH/87C51 PRODUCT OPTIONS

Intel's extended and automotive temperature range products are designed to meet the needs of those applications whose operating requirements exceed commercial standards.

With the extended temperature range option, operational characteristics are guaranteed over the temperature range of -40°C to $+85^{\circ}\text{C}$ ambient. For the

automotive temperature range option, operational characteristics are guaranteed over the temperature range of -40°C to $+125^{\circ}\text{C}$ ambient.

The automotive and extended temperature versions of the MCS 51 microcontroller product families are available with or without burn-in options as listed in Table 1.

As shown in Figure 2, temperature, burn-in, and package options are identified by a one- or two-letter prefix to the part number.

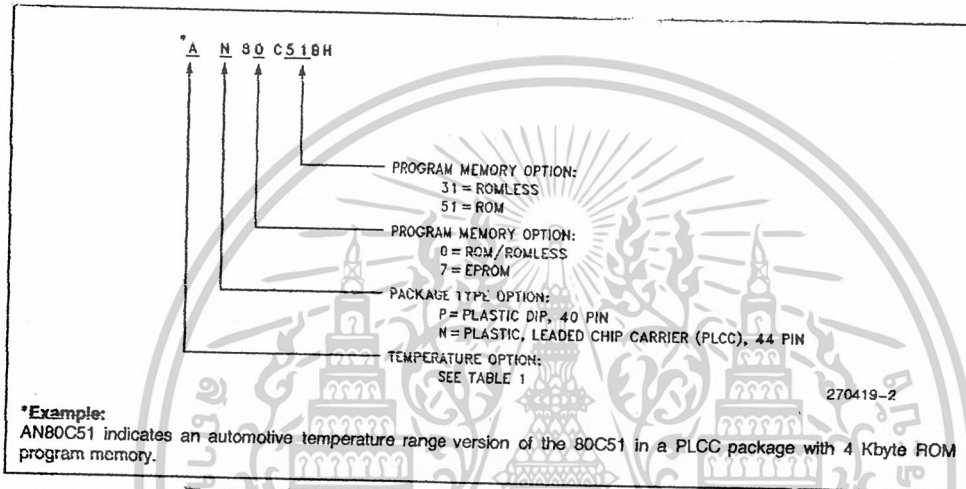


Figure 2. MCS[®] 51 Microcontroller Product Family Nomenclature

Table 1. Temperature Options

Temperature Classification	Temperature Designation	Operating Temperature $^{\circ}\text{C}$ Ambient	Burn-In Options
Extended	T	-40 to $+85$	Standard
	L	-40 to $+85$	Extended
Automotive	A	-40 to $+125$	Standard
	B	-40 to $+125$	Extended

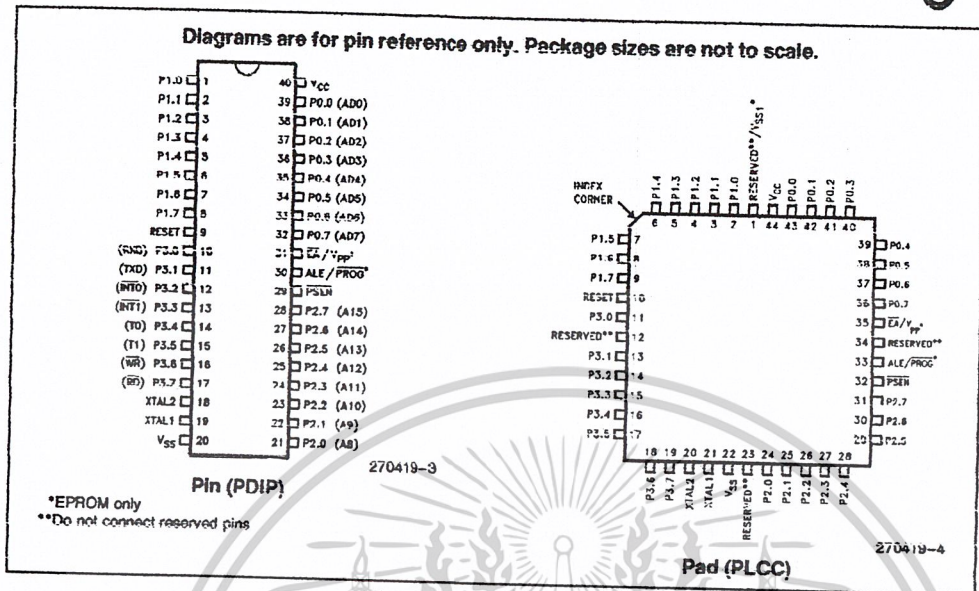


Figure 3. Pin Connections

PIN DESCRIPTION

V_{CC}: Supply voltage during normal, Idle, and Power Down operations.

V_{SS}: Circuit ground.

V_{SS1}: V_{SS1}—(EPROM, PLCC only) secondary ground. Provided to reduce ground bounce and improve power supply bypassing.

NOTE:

This pin is not a substitute for the V_{SS} pin (pin 22). For ROM and ROMless, pin 1 is reserved—do not connect.

Port 0: Port 0 is an 8-bit open drain bidirectional I/O port. As an output port each pin can sink 8 LS TTL inputs. Port 0 pins that have 1s written to them float, and in that state can be used as high-impedance inputs.

Port 0 is also the multiplexed low-order address and data bus during accesses to external memory. In this application it uses strong internal pullups when emitting 1s.

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

Port 1: Port 1 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. Port 1 pins that have 1s written to them are pulled high by the internal pullups, and in that state can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}, on the datasheet) because of the internal pullups.

current (I_{IL}, on the datasheet) because of the internal pullups.

Port 1: Port 1 also receives the low-order address bytes during EPROM programming and program verification.

Port 2: Port 2 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. Port 2 pins that have 1s written to them are pulled high by the internal pullups, and in that state can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}, on the data sheet) because of the internal pullups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external Program memory and during accesses to external Data Memory that use 16-bit address (MOVX @DPTR). In this application it uses strong internal pullups when emitting 1s.

During accesses to external Data Memory that use 8-bit addresses (MOVX @Ri), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

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

Port 3: Port 3 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. Port 3 pins that have 1s written to them are pulled high by the internal pullups, and in that state can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}, on the datasheet) because of the pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the MCS 51 microcontroller family, as listed below:

Pin	Name	Alternate Function
P3.0	RXD	Serial Input Line
P3.1	TXD	Serial Output Line
P3.2	INT0	External Interrupt 0
P3.3	INT1	External Interrupt 1
P3.4	T0	Timer 0 External Input
P3.5	T1	Timer 1 External Input
P3.6	WR	External Data Memory Write Strobe
P3.7	RD	External Data Memory Read Strobe

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

RESET: Reset input. A logic high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device. An internal pulldown resistor permits a power-on reset to be generated using only an external capacitor to V_{CC}.

ALE/PROG (EPROM Only): Address Latch Enable output signal for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input (PROG) during EPROM programming.

In normal operation ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency, and may be used for external timing or clocking purposes. Note, however, that one ALE pulse is skipped during each access to external Data Memory.

PSEN: Program Store Enable is the Read strobe to External Program Memory. When the 87C51/80C51BH is executing from Internal Program Memory, PSEN is inactive (high). When the device is executing code from External Program Memory, PSEN is activated twice each machine cycle, except that two PSEN activations are skipped during each access to External Data Memory.

EA/Vpp: External Access enable. EA must be strapped to V_{CC} in order to enable the 87C51/80C51BH to fetch code from External Program Memory locations starting at 0000H up to 0FFFFH. [Note, however, that if either of the Lock Bits is programmed, the logic level at EA is internally latched during reset.] (EPROM only.)

EA must be strapped to V_{CC} for internal program execution.

Vpp (EPROM Only): This pin also receives the 12.75V programming supply voltage (Vpp) during EPROM programming.

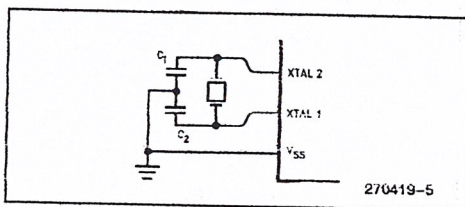


Figure 4. Using the On-Chip Oscillator

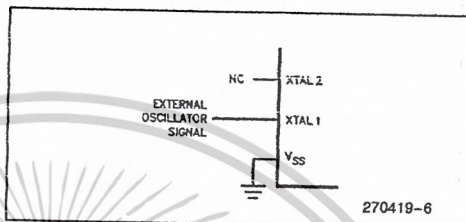


Figure 5. External Clock Drive

XTAL1: input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock generating circuits.

XTAL2: Output from the inverting oscillator amplifier.

OSCILLATOR CHARACTERISTICS

XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier which can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 4.

To drive the device from an external clock source, XTAL1 should be driven, while XTAL2 is left unconnected, as shown in Figure 5. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum high and low times specified on the Data-sheet must be observed.

IDLE MODE

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

It should be noted that when Idle is terminated by a hardware reset, the device normally resumes program execution, from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to



Table 2. Status of the External Pins During Idle and Power Down

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

NOTE:

For more detailed information on the reduced power modes refer to current Embedded Applications Handbook, and Application Note AP-252, "Designing with the 80C51BH."

internal RAM in this event, but access to the port pins is not inhibited. To eliminate the possibility of an unexpected write to a port pin when Idle is terminated by reset, the instruction following the one that invokes Idle should not be one that writes to a port pin or to external memory.

POWER DOWN MODE

In the Power Down mode the oscillator is stopped, and the instruction that invokes Power Down is the last instruction executed. The on-chip RAM and Special Function Registers retain their values until the Power Down mode is terminated.

The only exit from Power Down is a hardware reset. Reset redefines the SFRs but does not change the on-chip RAM. The reset should not be activated before V_{CC} is restored to its normal operating level and must be held active long enough to allow the oscillator to restart and stabilize.

DESIGN CONSIDERATIONS

- At power on, the voltage on V_{CC} and RST must come up at the same time for a proper start-up.
- Before entering the Power Down mode the contents of the Carry Bit and B.7 must be equal.
- When the Idle mode is terminated by a hardware reset, the device normally resumes program execution, from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port pins is not inhibited. To eliminate the possibility of an unexpected write when Idle is terminated by reset, the instruction following the one that invokes Idle should not be one that writes to a port pin or to external memory.
- An external oscillator may encounter as much as a 100 pF load at XTAL1 when it starts up. This is due to interaction between the amplifier and its feedback capacitance. Once the external signal meets the V_{IL} and V_{IH} specifications the capacitance will not exceed 20 pF.
- For EPROM versions exposure to light when the device is in operation may cause logic errors. For this reason, it is suggested that an opaque label be placed over the window when the die is exposed to ambient light.



PROGRAM MEMORY LOCK (EPROM Only)

The 87C51 contains two program memory lock schemes: Encrypted Verify and Lock Bits.

Encrypted Verify: The 87C51 implements a 32-byte EPROM array that can be programmed by the customer, and which can then be used to encrypt the program code bytes during EPROM verification. The EPROM verification procedure is performed as usual, except that each code byte comes out logically X-NORed with one of the 32 key bytes. The key bytes are gone through in sequence. Therefore, to read the ROM code, one has to know the 32 key bytes in their proper sequence.

Lock Bits: Also on the chip are two Lock Bits which can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the following additional features:

Bit 1	Bit 2	Additional Features
U	U	none
P	U	<ul style="list-style-type: none"> Externally fetched code can not access internal Program Memory. Further programming disabled.
U	P	(Reserved for Future definition.)
P	P	<ul style="list-style-type: none"> Externally fetched code can not access internal Program Memory. Further programming disabled. Program verification is disabled.

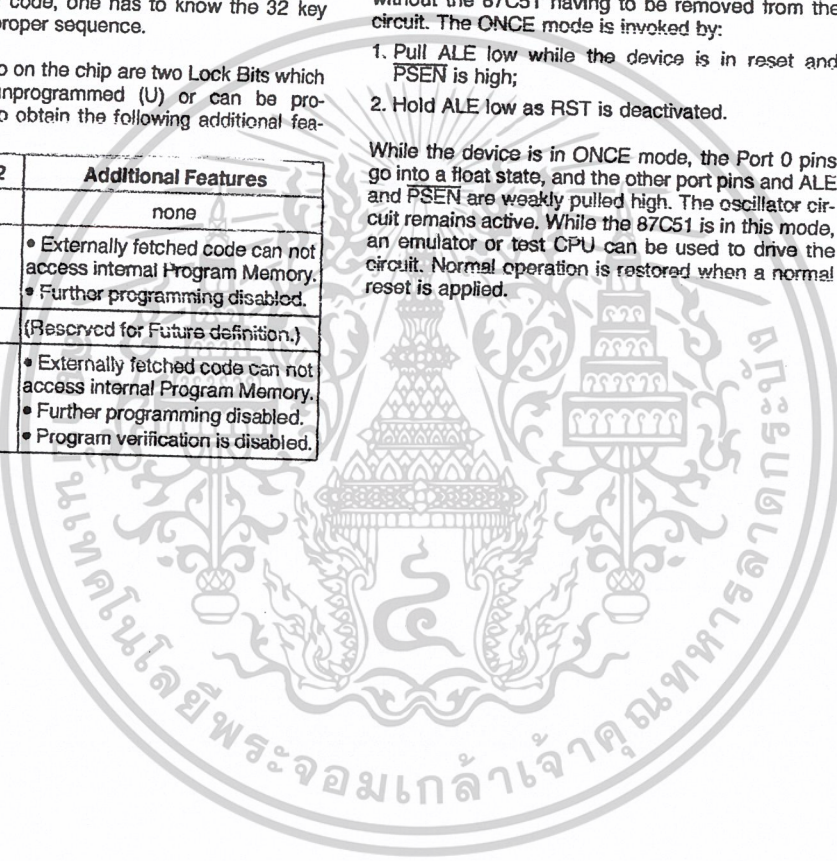
When Lock Bit 1 is programmed, the logic level at the EA pin is sampled and latched during reset. If the device is powered up without a reset, the latch initializes to a random value, and holds that value until reset is activated. It is necessary that the latched value of EA be in agreement with the current logic level at that pin in order for the device to function properly.

ONCE MODE

The ONCE ("on-circuit emulation") mode facilitates testing and debugging of systems using the 87C51 without the 87C51 having to be removed from the circuit. The ONCE mode is invoked by:

1. Pull ALE low while the device is in reset and PSEN is high;
2. Hold ALE low as RST is deactivated.

While the device is in ONCE mode, the Port 0 pins go into a float state, and the other port pins and ALE and PSEN are weakly pulled high. The oscillator circuit remains active. While the 87C51 is in this mode, an emulator or test CPU can be used to drive the circuit. Normal operation is restored when a normal reset is applied.





ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS*

Ambient Temperature Under Bias -40°C to $+125^{\circ}\text{C}$
 Storage Temperature -65°C to $+150^{\circ}\text{C}$
 Voltage on $\overline{\text{EA}}/\text{V}_{\text{PP}}$ Pin to V_{SS} 0V to $+13.0\text{V}$
 Voltage on Any Other Pin to V_{SS} ... -0.5V to $+6.5\text{V}$
 I_{OL} per I/O pin 15 mA
 Power Dissipation 1.5W
 (Based on package heat transfer limitations, not device power consumption).
 Typical Junction Temperature (T_{J}) $+135^{\circ}\text{C}$
 (Based upon ambient temperature at $+125^{\circ}\text{C}$)
 Typical Thermal Resistance Junction-to-Ambient (θ_{JA}):
 PDIP $75^{\circ}\text{C}/\text{W}$
 PLCC $46^{\circ}\text{C}/\text{W}$

NOTICE: This is a production data sheet. The specifications are subject to change without notice.

***WARNING:** Stressing the device beyond the "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage. These are stress ratings only. Operation beyond the "Operating Conditions" is not recommended and extended exposure beyond the "Operating Conditions" may affect device reliability.

DC CHARACTERISTICS:

($\text{T}_{\text{A}} = -40^{\circ}\text{C}$ to $+125^{\circ}\text{C}$; $\text{V}_{\text{CC}} = 5\text{V} \pm 10\%$ ($5\text{V} \pm 20\%$ EPROM Only); $\text{V}_{\text{SS}} = 0\text{V}$)

Symbol	Parameter	Min	Typ(1)	Max (87C51/80C51BH)	Unit	Test Conditions
V_{IL}	Input Low Voltage (Except EA)	-0.5		$0.2\text{V}_{\text{CC}} - 0.25$	V	
V_{IL1}	Input Low Voltage to EA	0		$0.2\text{V}_{\text{CC}} - 0.45$	V	
V_{IH}	Input High Voltage (Except XTAL1, RST)	$0.2\text{V}_{\text{CC}} + 1.0$		$\text{V}_{\text{CC}} + 0.5$	V	
V_{IH1}	Input High Voltage (XTAL1, RST)	$0.7\text{V}_{\text{CC}} + 0.1$		$\text{V}_{\text{CC}} + 0.5$	V	
V_{OL}	Output Low Voltage (Ports 1, 2, 3)			$0.45^{(7)}$	V	$\text{I}_{\text{OL}} = 1.6\text{ mA}^{(2)}$
V_{OL1}	Output Low Voltage (Port 0, ALE, PSEN)			$0.45^{(7)}$	V	$\text{I}_{\text{OL}} = 3.2\text{ mA}^{(2)}$
V_{OH}	Output High Voltage (Ports 1, 2, 3, ALE, PSEN)	2.4			V	$\text{I}_{\text{OH}} = -60\ \mu\text{A}$
		0.9V_{CC}			V	$\text{I}_{\text{OH1}} = -10\ \mu\text{A}$
V_{OH1}	Output High Voltage (Port 0 in External Bus Mode)	2.4			V	$\text{I}_{\text{OH}} = -800\ \mu\text{A}$
		0.9V_{CC}			V	$\text{I}_{\text{OH}} = -80\ \mu\text{A}^{(3)}$
I_{IL}	Logical 0 Input Current (Ports 1, 2, 3)			-75	μA	$\text{V}_{\text{IN}} = 0.45\text{ V}$
I_{TL}	Logical 1-to-0 transition current (Ports 1, 2, 3)			-750	μA	(4)
I_{Li}	Input Leakage Current (Port 0)			± 10	μA	$\text{V}_{\text{IN}} = \text{V}_{\text{IL}}$ or V_{IH}
I_{CC}	Power Supply Current: Active Mode @ 12 MHz (6) Idle Mode @ 12 MHz (5) Power Down Mode		11.5 1.3 3	25/20 6/5 100/75	mA mA μA	(8)
RRST	Internal Reset Pulldown Resistor	50		300	k Ω	$\text{V}_{\text{CC}} = 2.2\text{V}$ to 5.5V
CIO	Pin Capacitance			10	pF	

NOTES:

- "Typicals" are based on a limited number of samples taken from early manufacturing lots and are not guaranteed. The values listed are at room temp, 5V.
- Capacitive loading on Ports 0 and 2 may cause spurious noise pulses to be superimposed on the V_{OL} s of ALE and Ports 1 and 3. The noise is due to external bus capacitance discharging into the Port 0 and Port 2 pins when these pins make 1-to-0 transitions during bus operations. In the worst cases (capacitive loading $> 100\text{pF}$), the noise pulse on the ALE pin may exceed 0.8V. In such cases it may be desirable to qualify ALE with a Schmitt Trigger, or use an address latch with a Schmitt Trigger STROBE input.
- Capacitive loading on Ports 0 and 2 may cause the V_{OH} on ALE and PSEN to momentarily fall below the 0.9V_{CC} specification when the address bits are stabilizing.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NOTES: (Continued)

4. Pins of Ports 1, 2 and 3 source a transition current when they are being externally driven from 1 to 0. The transition current reaches its maximum value when V_{IN} is approximately 2V.

5. ICCMAX at other frequencies is given by:
 Active Mode: 87C51 $ICCMAX = 0.94 \times FREQ + 13.71$
 80Cx1BH $ICCMAX = 1.47 \times FREQ + 2.36$

Idle Mode: $ICCMAX = 0.14 \times FREQ + 3.81$
 where FREQ is the external oscillator frequency in MHz. ICCMAX is given in mA. See Figure 6.

6. See Figures 7 through 10 for ICC test conditions. Minimum VCC for Power Down is 2.0V.

7. Under steady state (non-transient) conditions, IOL must be externally limited as follows:

Maximum IOL per port pin:	10 mA
Maximum IOL per 8-bit port	
Port 0:	26 mA
Ports 1, 2, and 3:	15 mA
Maximum total IOL for all output pins:	71 mA

If IOL exceeds the test condition, VOL may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.

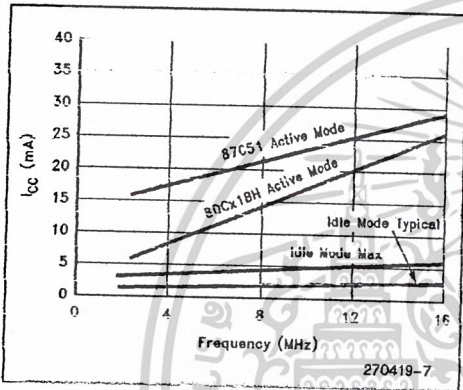


Figure 6. ICC vs. FREQ. Valid only within frequency specifications of the device under test.

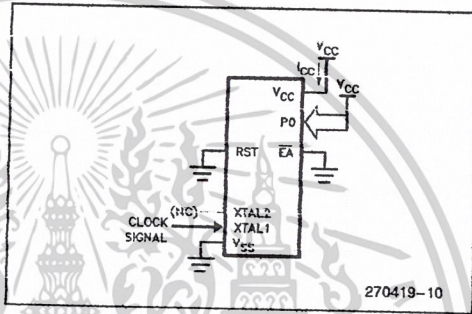


Figure 8. ICC Test Condition, Idle Mode. All other pins are disconnected.

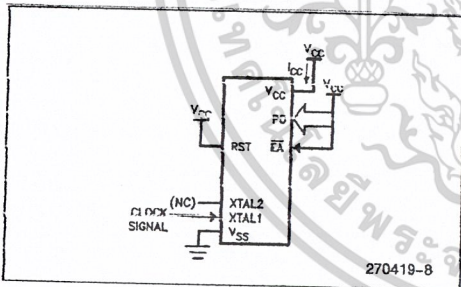


Figure 7. ICC Test Condition, Active Mode. All other pins are disconnected.

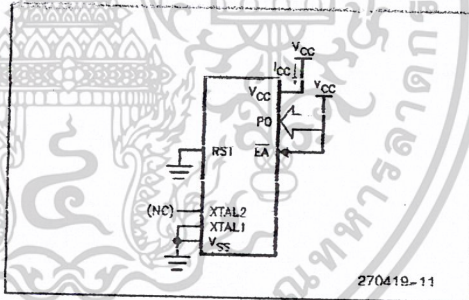


Figure 9. ICC Test Condition, Power Down Mode. All other pins are disconnected.

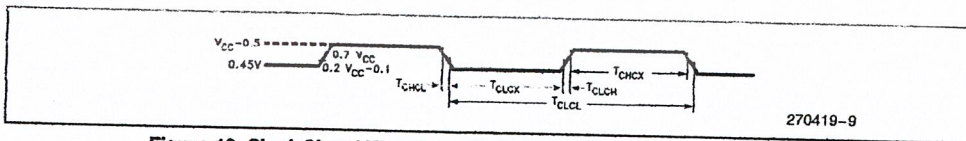


Figure 10. Clock Signal Waveform for ICC tests in Active and Idle Modes.
 $T_{CLCH} = T_{CHCL} = 5 \text{ ns}$.



EXPLANATION OF THE AC SYMBOLS

Each timing symbol has 5 characters. The first character is always a 'T' (stands for time). The other characters, depending on their positions, stand for the name of a signal or the logical status of that signal. The following is a list of all the characters and what they stand for.

- L: Logic level LOW, or ALE.
- P: PSEN.
- Q: Output data.
- R: RD signal.
- T: Time.
- V: Valid.
- W: WR signal.
- X: No longer a valid logic level.
- Z: Float.

- A: Address.
- C: Clock.
- D: Input data.
- H: Logic level HIGH.
- I: Instruction (program memory contents).

For example,

- T_{AVLL} = Time from Address Valid to ALE Low.
- T_{LLPL} = Time from ALE Low to PSEN Low.

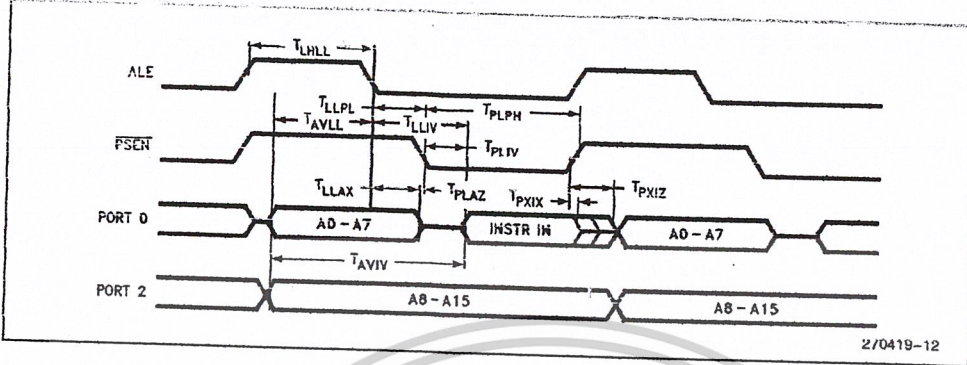
AC CHARACTERISTICS: (T_A = -40°C to +125°C; V_{CC} = 5V ±10% (5V ±20% EPROM Only); V_{SS} = 0V; Load Capacitance for Port 0, ALE, and PSEN = 100 pF; Load Capacitance for All Other Outputs = 80 pF)

EXTERNAL PROGRAM AND DATA MEMORY CHARACTERISTICS

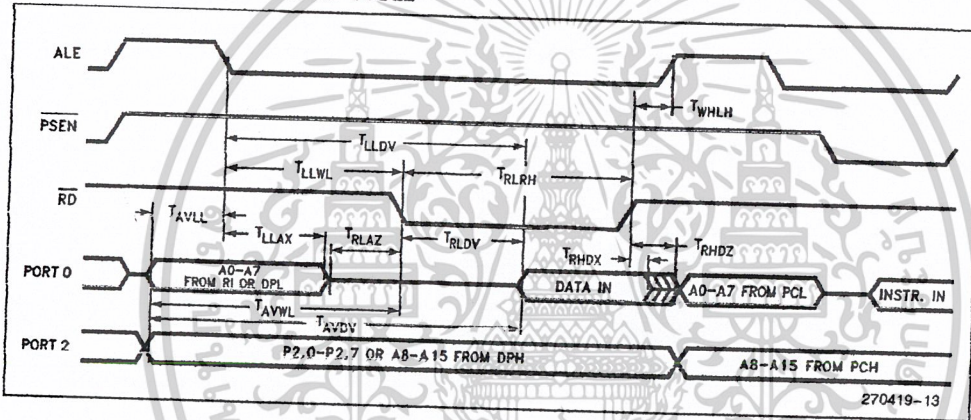
Symbol	Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
1/T _{CLCL}	Oscillator Frequency 87C51/80C51BH/80C31BH			3.5	12-16	MHz
T _{LHLL}	ALE Pulse Width	127		2T _{CLCL} - 40		ns
T _{AVLL}	Address Valid to ALE Low	28		T _{CLCL} - 55		ns
T _{LLAX}	Address Hold After ALE Low	48		T _{CLCL} - 35		ns
T _{LLIV}	ALE Low to Valid Instr In		224		4T _{CLCL} - 110	ns
T _{LLPL}	ALE Low to PSEN Low	43		T _{CLCL} - 40		ns
T _{PLPH}	PSEN Pulse Width	205		3T _{CLCL} - 45		ns
T _{PLIV}	PSEN Low to Valid Instr In		135		3T _{CLCL} - 115	ns
T _{PIX}	Input Instr Hold After PSEN	0		0		ns
T _{PIXZ}	Input Instr Float After PSEN		59		T _{CLCL} - 25	ns
T _{AVIV}	Address Valid to Valid Instr In		312		5T _{CLCL} - 105	ns
T _{PLAZ}	PSEN Low to Address Float		10		10	ns
T _{RLRH}	RD Pulse Width	400		6T _{CLCL} - 100		ns
T _{WLWH}	WR Pulse Width	400		6T _{CLCL} - 100		ns
T _{RLDV}	RD Low to Valid Data In		252		5T _{CLCL} - 165	ns
T _{RHDZ}	Data Hold After RD High	0		0		ns
T _{RHDZ}	Data Float After RD High		97		2T _{CLCL} - 70	ns
T _{LLDV}	ALE Low to Valid Data In		517		8T _{CLCL} - 150	ns
T _{AVDV}	Address Valid to Valid Data In		585		9T _{CLCL} - 165	ns
T _{LLWL}	ALE Low to RD or WR Low	200	300	3T _{CLCL} - 50	3T _{CLCL} + 50	ns
T _{AVWL}	Address Valid to RD or WR Low	203		4T _{CLCL} - 130		ns
T _{QVWX}	Data Valid to WR Transition	23		T _{CLCL} - 60		ns
T _{WHQX}	Data Hold After WR High	33		T _{CLCL} - 50		ns
T _{RLAZ}	RD Low to Address Float		0		0	ns
T _{WHLH}	RD or WR High to ALE High	43	123	T _{CLCL} - 40	T _{CLCL} + 40	ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

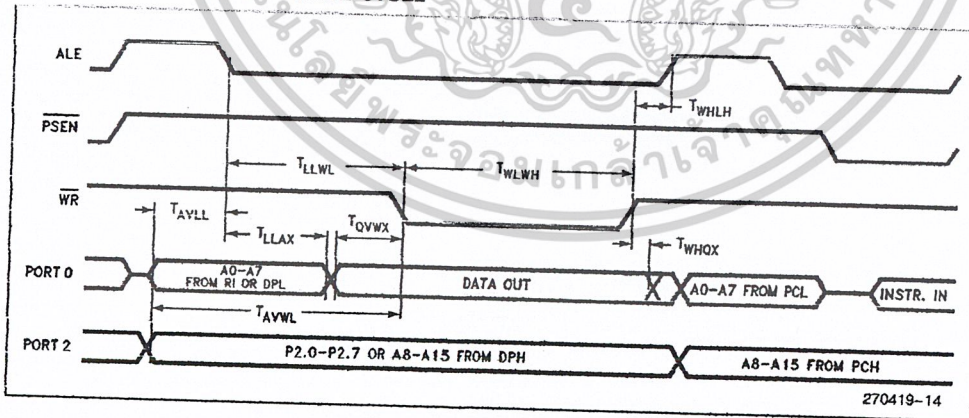
EXTERNAL PROGRAM MEMORY READ CYCLE



EXTERNAL DATA MEMORY READ CYCLE



EXTERNAL DATA MEMORY WRITE CYCLE



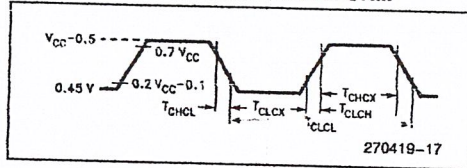
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



EXTERNAL CLOCK DRIVE

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$1/T_{CLCL}$	Oscillator Frequency	3.5	12	MHz
T_{CHCX}	High Time	20		ns
T_{CLCX}	Low Time	20		ns
T_{CLCH}	Rise Time		20	ns
T_{CHCL}	Fall Time		20	ns

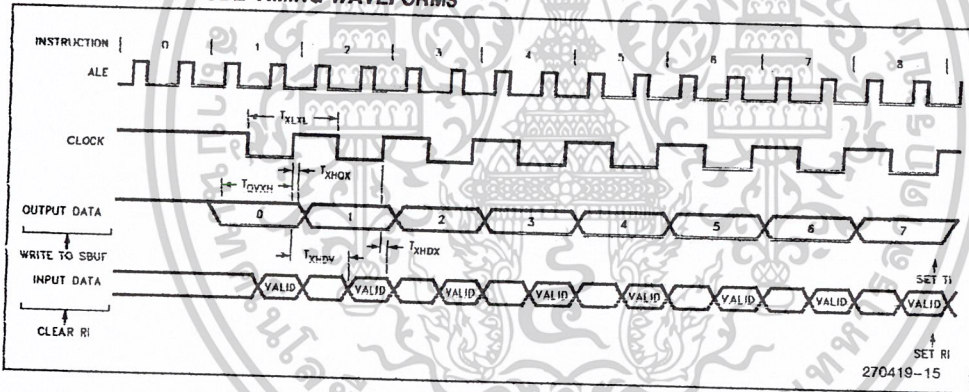
EXTERNAL CLOCK DRIVE WAVEFORM



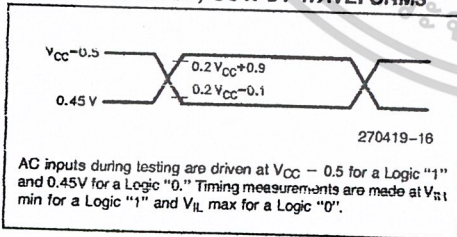
SERIAL PORT TIMING—SHIFT REGISTER MODE

Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
T_{XLXL}	Serial Port Clock Cycle Time	1.0		$12T_{CLCL}$		μS
T_{QVXH}	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		$10T_{CLCL} - 133$		ns
T_{XHGX}	Output Data Hold After Clock Rising Edge	50		$2T_{CLCL} - 117$		ns
T_{XHDX}	Input Data Hold After Clock Rising Edge	0		0		ns
T_{XHDV}	Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		$10T_{CLCL} - 133$	ns

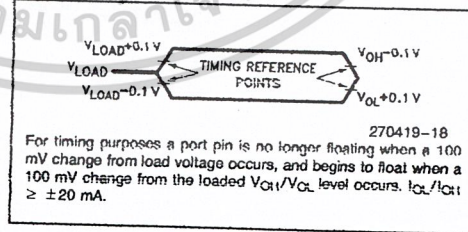
SHIFT REGISTER MODE TIMING WAVEFORMS



AC TESTING INPUT, OUTPUT WAVEFORMS



FLOAT WAVEFORMS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



EPROM CHARACTERISTICS (EPROM Only)

The 87C51 is programmed by a modified Quick-Pulse Programming algorithm. It differs from older methods in the value used for V_{PP} (Programming Supply Voltage) and in the width and number of the ALE/PROG pulses.

The 87C51 contains two signature bytes that can be read and used by an EPROM programming system

to identify the device. The signature bytes identify the device as an 87C51 manufactured by Intel.

Table 3 shows the logic levels for reading the signature byte, and for programming the Program Memory, the Encryption Table, and the Lock Bits. The circuit configuration and waveforms for Quick-Pulse Programming are shown in Figures 11 and 12. Figure 13 shows the circuit configuration for normal Program Memory verification.

Table 3. EPROM Programming Modes

MODE	RST	PSEN	ALE/PROG	EA/ V_{PP}	P2.7	P2.6	P3.7	P3.6
Read Signature	1	0	1	1	0	0	0	0
Program Code Data	1	0	0*	V_{PP}	1	0	1	1
Verify Code Data	1	0	1	1	0	0	1	1
Pgm Encryption Table	1	0	0*	V_{PP}	1	0	1	0
Pgm Lock Bit 1	1	0	0*	V_{PP}	1	1	1	1
Pgm Lock Bit 2	1	0	0*	V_{PP}	1	1	0	0

NOTES:

"1" = Valid high for that pin

"0" = Valid low for that pin

$V_{PP} = 12.75V \pm 0.25V$

$V_{CC} = 5V \pm 20\%$ during programming and verification

*ALE/PROG receives 25 programming pulses while V_{PP} is held at 12.75V. Each programming pulse is low for 100 μs ($\pm 10 \mu s$) and high for a minimum of 10 μs .

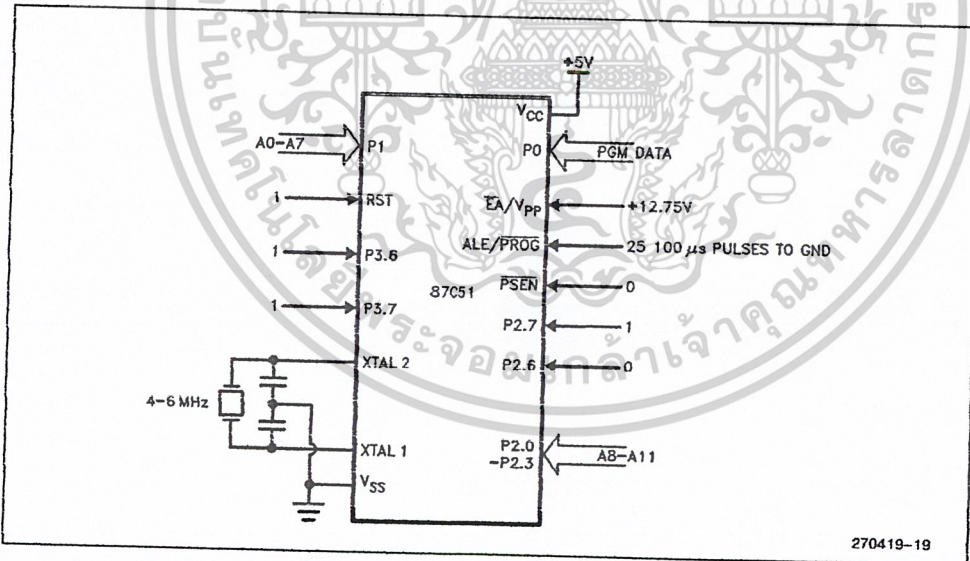


Figure 11. Programming Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

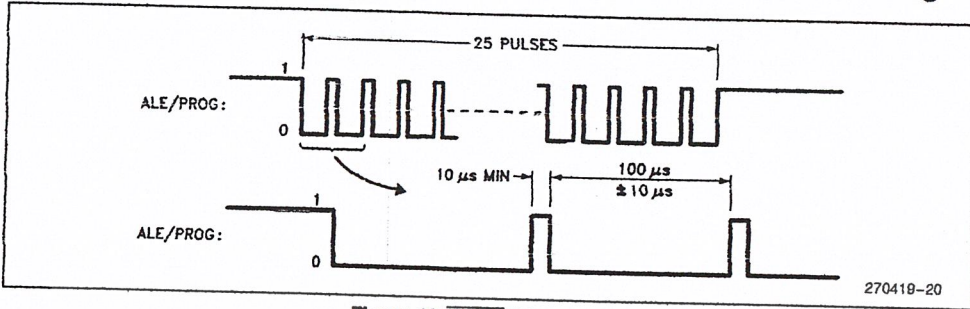


Figure 12. PROG Waveforms

Quick-Pulse Programming (EPROM Only)

The setup for Microcontroller Quick-Pulse Programming is shown in Figure 11. Note that the 87C51 is running with a 4 to 6 MHz oscillator. The reason the oscillator needs to be running is that the device is executing internal address and program data transfers.

The address of the EPROM location to be programmed is applied to Ports 1 and 2, as shown in Figure 11. The code byte to be programmed into that location is applied to Port 0. RST, PSEN, and pins of Ports 2 and 3 specified in Table 3 are held at the "Program Code Data" levels indicated in Table 2. Then ALE/PROG is pulsed low 25 times as shown in Figure 12.

To program the Encryption Table, repeat the 25-pulse programming sequence for addresses 0

through 1FH, using the "Pgm Encryption Table" levels. Don't forget that after the Encryption Table is programmed, verify cycles will produce only encrypted data.

To program the Lock Bits, repeat the 25-pulse programming sequence using the "Pgm Lock Bit" levels. After one Lock Bit is programmed, further programming of the Code Memory and Encryption Table is disabled. However, the other Lock Bit can still be programmed.

Note that the EA/V_{PP} pin must not be allowed to go above the maximum specified V_{PP} level for any amount of time. Even a narrow glitch above that voltage level can cause permanent damage to the device. The V_{PP} source should be well regulated and free of glitches and overshoot.

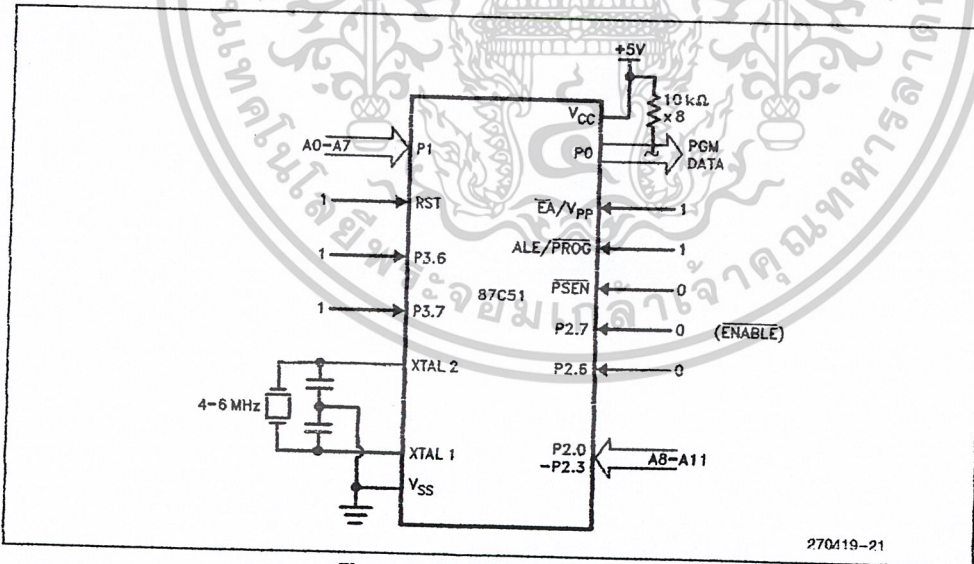


Figure 13. Program Verification

ADC0808/ADC0809 8-Bit μ P Compatible A/D Converters with 8-Channel Multiplexer

General Description

The ADC0808, ADC0809 data acquisition component is a monolithic CMOS device with an 8-bit analog-to-digital converter, 8-channel multiplexer and microprocessor compatible control logic. The 8-bit A/D converter uses successive approximation as the conversion technique. The converter features a high impedance chopper stabilized comparator, a 256R voltage divider with analog switch tree and a successive approximation register. The 8-channel multiplexer can directly access any of 8 single-ended analog signals.

The device eliminates the need for external zero and full-scale adjustments. Easy interfacing to microprocessors is provided by the latched and decoded multiplexer address inputs and latched TTL TRI-STATE[®] outputs.

The design of the ADC0808, ADC0809 has been optimized by incorporating the most desirable aspects of several A/D conversion techniques. The ADC0808, ADC0809 offers high speed, high accuracy, minimal temperature dependence, excellent long-term accuracy and repeatability, and consumes minimal power. These features make this device ideally suited to applications from process and machine control to consumer and automotive applications. For 16-channel multiplexer with common output (sample/hold port) see ADC0816 data sheet. (See AN-247 for more information.)

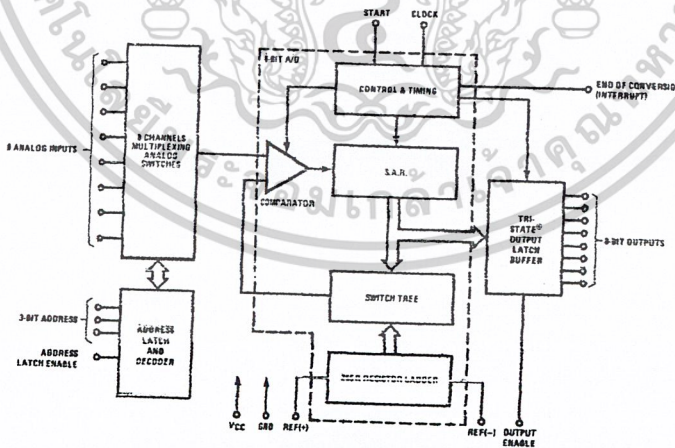
Features

- Easy interface to all microprocessors
- Operates ratiometrically or with 5 V_{DD} or analog span adjusted voltage reference
- No zero or full-scale adjust required
- 8-channel multiplexer with address logic
- 0V to 5V input range with single 5V power supply
- Outputs meet TTL voltage level specifications
- Standard hermetic or molded 28-pin DIP package
- 28-pin molded chip carrier package
- ADC0808 equivalent to MM74C949
- ADC0809 equivalent to MM74C949-1

Key Specifications

- Resolution 8 Bits
- Total Unadjusted Error $\pm 1/2$ LSB and ± 1 LSB
- Single Supply 5 V_{DD}
- Low Power 15 mW
- Conversion Time 100 μ s

Block Diagram



See Ordering Information

DS0006/2-1

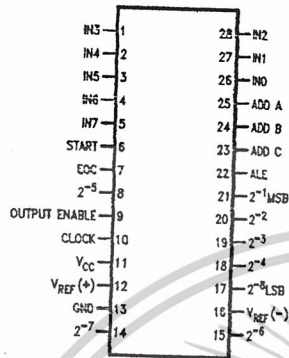
TRI-STATE[®] is a registered trademark of National Semiconductor Corp.

ADC0808/ADC0809 8-Bit μ P Compatible A/D Converters with 8-Channel Multiplexer

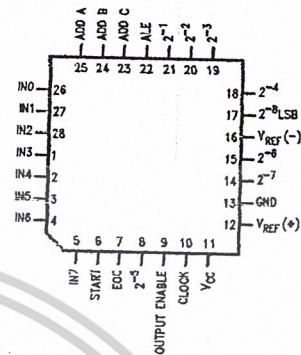
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Connection Diagrams

Dual-In-Line Package



Molded Chip Carrier Package



D500672-12

Order Number ADC0808CCN or ADC0809CCN
See NS Package J28A or N28A

Order Number ADC0808CCV or ADC0809CCV
See NS Package V28A

Ordering Information

TEMPERATURE RANGE		-40°C to +85°C			-55°C to +125°C
Error	±½ LSB Unadjusted	ADC0808CCN	ADC0808CCV	ADC0808CCJ	ADC0808CJ
	±1 LSB Unadjusted	ADC0809CCN	ADC0809CCV		
Package Outline		N28A Molded DIP	V28A Molded Chip Carrier	J28A Ceramic DIP	J28A Ceramic DIP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Notes 2, 1)

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

Supply Voltage (V_{CC}) (Note 3)	6.5V
Voltage at Any Pin Except Control Inputs	-0.3V to ($V_{CC}+0.3V$)
Voltage at Control Inputs (START, OE, CLOCK, ALE, ADD A, ADD B, ADD C)	-0.3V to +15V
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Package Dissipation at $T_A=25^\circ\text{C}$	875 mW
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	260°C
Dual-In-Line Package (plastic)	260°C

Dual-In-Line Package (ceramic)	300°C
Molded Chip Carrier Package	215°C
Vapor Phase (60 seconds)	220°C
Infrared (15 seconds)	400°C
ESD Susceptibility (Note 8)	400V

Operating Conditions (Notes 1, 2)

Temperature Range (Note 1)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$
ADC0808CCN, ADC0809CCN	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$
ADC0808CCV, ADC0809CCV	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$
Range of V_{CC} (Note 1)	$4.5 V_{DC}$ to $6.0 V_{DC}$

Electrical Characteristics

Converter Specifications: $V_{CC}=5V_{DC}=V_{REF(+)}$, $V_{REF(-)}=GND$, $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$ and $f_{CLK}=640\text{ kHz}$ unless otherwise stated.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
	ADC0808					
	Total Unadjusted Error (Note 5)	25°C T_{MIN} to T_{MAX}			$\pm 1/2$ $\pm 3/4$	LSB
	ADC0809					
	Total Unadjusted Error (Note 5)	0°C to 70°C T_{MIN} to T_{MAX}			± 1 $\pm 1 1/4$	LSB
	Input Resistance	From Ref(+) to Ref(-)	1.0	2.5		k Ω
	Analog Input Voltage Range	(Note 4) V(+) or V(-)	GND-0.10		$V_{CC}+0.10$	V_{DC}
$V_{REF(+)}$	Voltage, Top of Ladder	Measured at Ref(+)		V_{CC}	$V_{CC}+0.1$	V
$\frac{V_{REF(+)} + V_{REF(-)}}{2}$	Voltage, Center of Ladder		$V_{CC}/2-0.1$	$V_{CC}/2$	$V_{CC}/2+0.1$	V
$V_{REF(-)}$	Voltage, Bottom of Ladder	Measured at Ref(-)	-0.1	0		V
I_{IN}	Comparator Input Current	$f_c=640\text{ kHz}$, (Note 6)	-2	± 0.5	2	μA

Electrical Characteristics

Digital Levels and DC Specifications: ADC0808CCN, ADC0808CCV, ADC0809CCN and ADC0809CCV, $4.75 \leq V_{CC} \leq 5.25\text{V}$, $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
ANALOG MULTIPLEXER						
$I_{OFF(+)}$	OFF Channel Leakage Current	$V_{CC}=5\text{V}$, $V_{IN}=5\text{V}$, $T_A=25^\circ\text{C}$ T_{MIN} to T_{MAX}		10	200	nA
$I_{OFF(-)}$	OFF Channel Leakage Current	$V_{CC}=5\text{V}$, $V_{IN}=0$, $T_A=25^\circ\text{C}$ T_{MIN} to T_{MAX}	-200	-10		μA
CONTROL INPUTS						
$V_{IN(1)}$	Logical "1" Input Voltage		$V_{CC}-1.5$			V
$V_{IN(0)}$	Logical "0" Input Voltage				1.5	V
$I_{IN(1)}$	Logical "1" Input Current (The Control Inputs)	$V_{IN}=15\text{V}$			1.0	μA
$I_{IN(0)}$	Logical "0" Input Current (The Control Inputs)	$V_{IN}=0$	-1.0			μA
I_{CC}	Supply Current	$f_{CLK}=640\text{ kHz}$		0.3	3.0	mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (Continued)

Digital Levels and DC Specifications: ADC0808CCN, ADC0808CCV, ADC0809CCN and ADC0809CCV, $4.75 \leq V_{CC} \leq 5.25V$, $-40^\circ C \leq T_A \leq 85^\circ C$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
DATA OUTPUTS AND EOC (INTERRUPT)						
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage	$V_{CC} = 4.75V$ $I_{OUT} = -360\mu A$ $I_{OUT} = -10\mu A$		2.4 4.5		$V_{(min)}$ $V_{(min)}$
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage	$I_O = 1.6 mA$			0.45	V
$V_{OUT(EO)}$	Logical "0" Output Voltage EOC	$I_O = 1.2 mA$			0.45	V
I_{OUT}	TRI-STATE Output Current	$V_O = 5V$ $V_O = 0$	-3		3	μA μA

Electrical Characteristics

Timing Specifications $V_{CC} = V_{REF(+)} = 5V$, $V_{REF(-)} = GND$, $t_r = t_f = 20 ns$ and $T_A = 25^\circ C$ unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
t_{WS}	Minimum Start Pulse Width	(Figure 5)		100	200	ns
t_{WALE}	Minimum ALE Pulse Width	(Figure 5)		100	200	ns
t_s	Minimum Address Set-Up Time	(Figure 5)		25	50	ns
t_H	Minimum Address Hold Time	(Figure 5)		25	50	ns
t_D	Analog MUX Delay Time From ALE	$R_S = 0\Omega$ (Figure 5)		1	2.5	μs
t_{H1}, t_{H0}	OE Control to Q Logic State	$C_L = 50 pF$, $R_L = 10k$ (Figure 6)		125	250	ns
t_{1H}, t_{0H}	OE Control to Hi-Z	$C_L = 10 pF$, $R_L = 10k$ (Figure 6)		125	250	ns
t_c	Conversion Time	$f_c = 640 kHz$, (Figure 5) (Note 7)	90	100	116	μs
f_c	Clock Frequency		10	340	1280	kHz
t_{EOC}	EOC Delay Time	(Figure 5)	0		$\pm 2 \mu s$	Clock Periods
C_{IN}	Input Capacitance	At Control Inputs		10	15	pF
C_{OUT}	TRI-STATE Output Capacitance	At TRI-STATE Outputs		10	15	pF

Note 1: 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 2: All voltages are measured with respect to GND, unless otherwise specified.

Note 3: A zener diode exists, internally, from V_{CC} to GND and has a typical breakdown voltage of 7 V_{DC} .

Note 4: Two on-chip diodes are tied to each analog input which will forward conduct for analog input voltages one diode drop below ground or one diode drop greater than the V_{CC} supply. The spec allows 100 mV forward bias of either diode. This means that as long as the analog V_{IN} does not exceed the supply voltage by more than 100 mV, the output code will be correct. To achieve an absolute $0V_{DC}$ to $5V_{DC}$ input voltage range will therefore require a minimum supply voltage of $4.900 V_{DC}$ over temperature variations, initial tolerance and loading.

Note 5: Total unadjusted error includes offset, full-scale, linearity, and multiplexer errors. See Figure 3. None of these A/Ds requires a zero or full-scale adjust. However, if an all zero code is desired for an analog input other than 0.0V, or if a narrow full-scale span exists (for example: 0.5V to 4.5V full-scale) the reference voltages can be adjusted to achieve this. See Figure 13.

Note 6: Comparator input current is a bias current into or out of the chopper stabilized comparator. The bias current varies directly with clock frequency and has little temperature dependence (Figure 6). See paragraph 4.0.

Note 7: The outputs of the data register are updated one clock cycle before the rising edge of EOC.

Note 8: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 k Ω resistor.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description

Multiplexer. The device contains an 8-channel single-ended analog signal multiplexer. A particular input channel is selected by using the address decoder. Table 1 shows the input states for the address lines to select any channel. The address is latched into the decoder on the low-to-high transition of the address latch enable signal.

TABLE 1.

SELECTED ANALOG CHANNEL	ADDRESS LINE		
	C	B	A
IN0	L	L	L
IN1	L	L	H
IN2	L	H	L
IN3	L	H	H
IN4	H	L	L
IN5	H	L	H
IN6	H	H	L
IN7	H	H	H

CONVERTER CHARACTERISTICS

The Converter

The heart of this single chip data acquisition system is its 8-bit analog-to-digital converter. The converter is designed to give fast, accurate, and repeatable conversions over a wide range of temperatures. The converter is partitioned into 3 major sections: the 256R ladder network, the successive approximation register, and the comparator. The converter's digital outputs are positive true.

The 256R ladder network approach (Figure 1) was chosen over the conventional R/2R ladder because of its inherent monotonicity, which guarantees no missing digital codes. Monotonicity is particularly important in closed loop feedback control systems. A non-monotonic relationship can cause oscillations that will be catastrophic for the system. Additionally, the 256R network does not cause load variations on the reference voltage.

The bottom resistor and the top resistor of the ladder network in Figure 1 are not the same value as the remainder of the network. The difference in these resistors causes the output characteristic to be symmetrical with the zero and full-scale points of the transfer curve. The first output transition occurs when the analog signal has reached $+1/2$ LSB and succeeding output transitions occur every 1 LSB later up to full-scale.

The successive approximation register (SAR) performs 8 iterations to approximate the input voltage. For any SAR type converter, n-iterations are required for an n-bit converter. Figure 2 shows a typical example of a 3-bit converter. In the ADC0808, ADC0809, the approximation technique is extended to 8 bits using the 256R network.

The A/D converter's successive approximation register (SAR) is reset on the positive edge of the start conversion (SC) pulse. The conversion is begun on the falling edge of the start conversion pulse. A conversion in process will be interrupted by receipt of a new start conversion pulse. Continuous conversion may be accomplished by tying the end-of-conversion (EOC) output to the SC input. If used in this mode, an external start conversion pulse should be applied after power up. End-of-conversion will go low between 0 and 8 clock pulses after the rising edge of start conversion.

The most important section of the A/D converter is the comparator. It is this section which is responsible for the ultimate accuracy of the entire converter. It is also the comparator drift which has the greatest influence on the repeatability of the device. A chopper-stabilized comparator provides the most effective method of satisfying all the converter requirements.

The chopper-stabilized comparator converts the DC input signal into an AC signal. This signal is then fed through a high gain AC amplifier and has the DC level restored. This technique limits the drift component of the amplifier since the drift is a DC component which is not passed by the AC amplifier. This makes the entire A/D converter extremely insensitive to temperature, long term drift and input offset errors.

Figure 4 shows a typical error curve for the ADC0808 as measured using the procedures outlined in AN-179.

Functional Description (Continued)

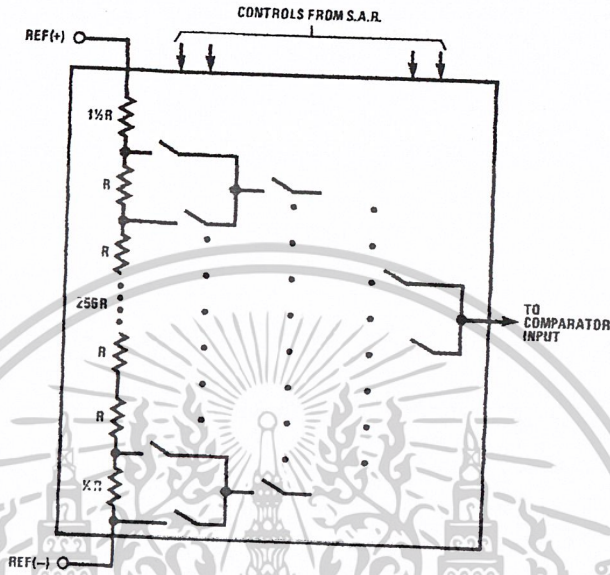


FIGURE 1. Resistor Ladder and Switch Tree

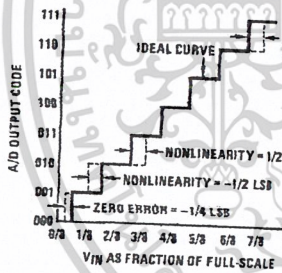


FIGURE 2. 3-Bit A/D Transfer Curve

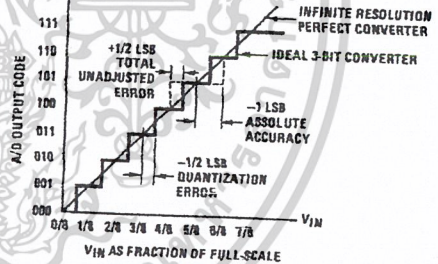


FIGURE 3. 3-Bit A/D Absolute Accuracy Curve

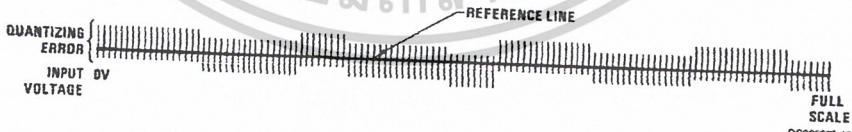


FIGURE 4. Typical Error Curve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Timing Diagram

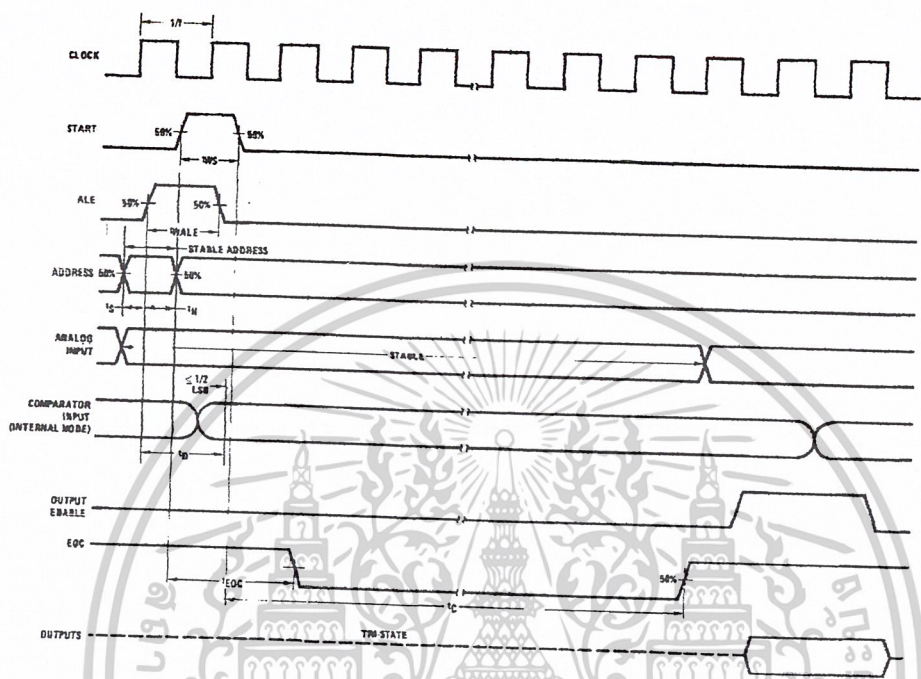


FIGURE 5.

DS00672-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics

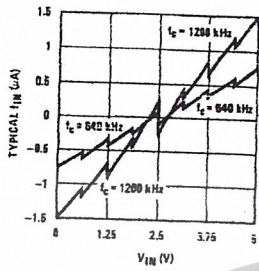


FIGURE 6. Comparator I_{IN} vs V_{IN} ($V_{CC}=V_{REF}=5V$)

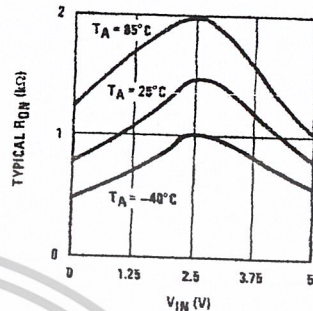


FIGURE 7. Multiplexer R_{ON} vs V_{IN} ($V_{CC}=V_{REF}=5V$)

TRI-STATE Test Circuits and Timing Diagrams

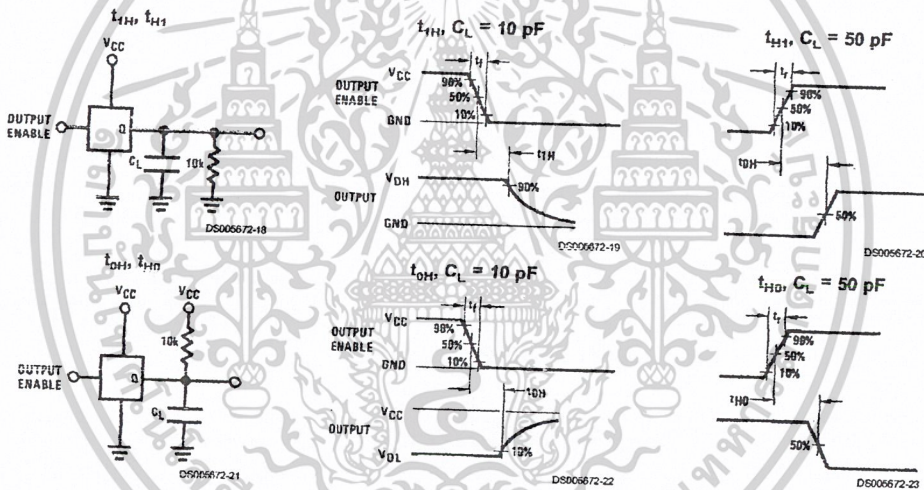


FIGURE 8.

Applications Information

OPERATION

1.0 RATIOMETRIC CONVERSION

The ADC0808, ADC0809 is designed as a complete Data Acquisition System (DAS) for ratiometric conversion systems. In ratiometric systems, the physical variable being measured is expressed as a percentage of full-scale which is not necessarily related to an absolute standard. The voltage input to the ADC0808 is expressed by the equation

$$\frac{V_{IN}}{V_{fs} - V_Z} = \frac{D_X}{D_{MAX} - D_{MIN}} \quad (1)$$

V_{IN} =Input voltage into the ADC0808

V_{fs} =Full-scale voltage

V_Z =Zero voltage

D_X =Data point being measured

D_{MAX} =Maximum data limit

D_{MIN} =Minimum data limit

A good example of a ratiometric transducer is a potentiometer used as a position sensor. The position of the wiper is directly proportional to the output voltage which is a ratio of the full-scale voltage across it. Since the data is represented as a proportion of full-scale, reference requirements are greatly reduced, eliminating a large source of error and cost for many applications. A major advantage of the ADC0808, ADC0809 is that the input voltage range is equal to the supply range so the transducers can be connected directly across the supply and their outputs connected directly into the multiplexer inputs, (Figure 9).

Ratiometric transducers such as potentiometers, strain gauges, thermistor bridges, pressure transducers, etc., are suitable for measuring proportional relationships; however, many types of measurements must be referred to an absolute standard such as voltage or current. This means a sys-

Applications Information (Continued)

tern reference must be used which relates the full-scale voltage to the standard volt. For example, if $V_{CC}=V_{REF}=5.12V$, then the full-scale range is divided into 256 standard steps. The smallest standard step is 1 LSB which is then 20 mV.

2.0 RESISTOR LADDER LIMITATIONS

The voltages from the resistor ladder are compared to the selected into 8 times in a conversion. These voltages are coupled to the comparator via an analog switch tree which is referenced to the supply. The voltages at the top, center and bottom of the ladder must be controlled to maintain proper operation.

The top of the ladder, Ref(+), should not be more positive than the supply, and the bottom of the ladder, Ref(-), should not be more negative than ground. The center of the ladder voltage must also be near the center of the supply because the analog switch tree changes from N-channel switches to P-channel switches. These limitations are automatically satisfied in ratiometric systems and can be easily met in ground referenced systems.

Figure 10 shows a ground referenced system with a separate supply and reference. In this system, the supply must be trimmed to match the reference voltage. For instance, if a 5.12V is used, the supply should be adjusted to the same voltage within 0.1V.

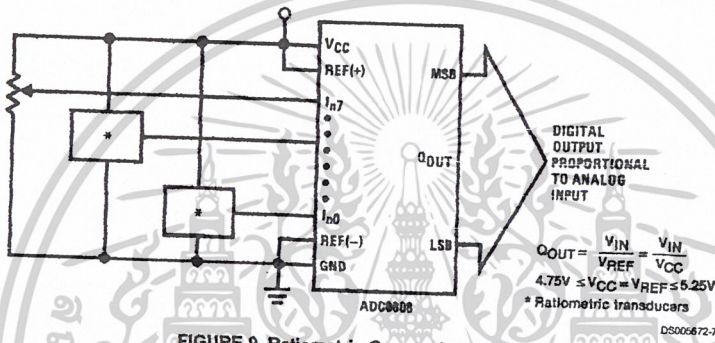


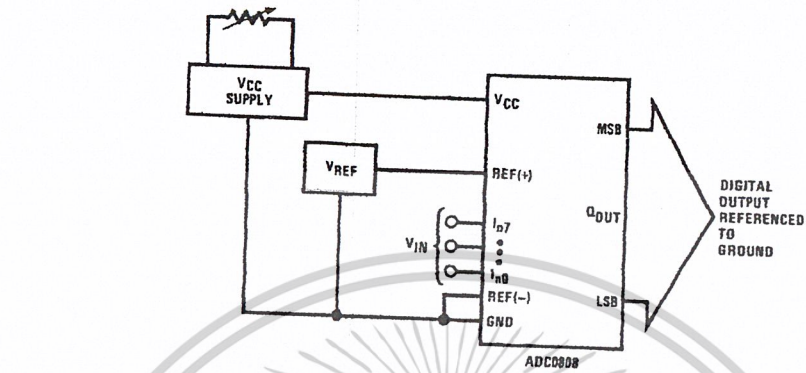
FIGURE 9. Ratiometric Conversion System

The ADC0808 needs less than a milliamp of supply current so developing the supply from the reference is readily accomplished. In Figure 11 a ground referenced system is shown which generates the supply from the reference. The buffer shown can be an op amp of sufficient drive to supply the milliamp of supply current and the desired bus drive, or if a capacitive bus is driven by the outputs a large capacitor will supply the transient supply current as seen in Figure 12. The LM301 is overcompensated to insure stability when loaded by the 10 μF output capacitor.

The top and bottom ladder voltages cannot exceed V_{CC} and ground, respectively, but they can be symmetrically less than V_{CC} and greater than ground. The center of the ladder voltage should always be near the center of the supply. The sensitivity of the converter can be increased, (i.e., size of the LSB steps decreased) by using a symmetrical reference system. In Figure 13, a 2.5V reference is symmetrically centered about $V_{CC}/2$ since the same current flows in identical resistors. This system with a 2.5V reference allows the LSB bit to be half the size of a 5V reference system.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Applications Information (Continued)

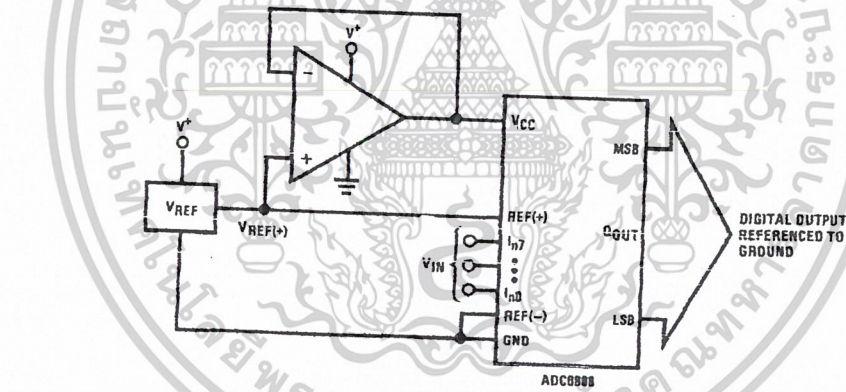


$$Q_{OUT} = \frac{V_{IN}}{V_{REF}}$$

$$4.75V \leq V_{CC} = V_{REF} \leq 5.25V$$

DS000672-24

FIGURE 10. Ground Referenced Conversion System Using Trimmed Supply



$$Q_{OUT} = \frac{V_{IN}}{V_{REF}}$$

$$4.75V \leq V_{CC} = V_{REF} \leq 5.25V$$

DS000672-25

FIGURE 11. Ground Referenced Conversion System with Reference Generating V_{CC} Supply

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Applications Information (Continued)

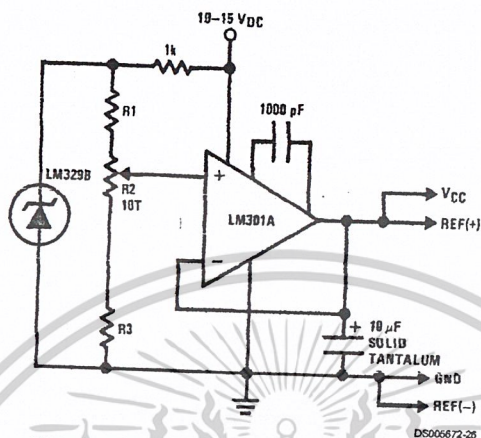


FIGURE 12. Typical Reference and Supply Circuit

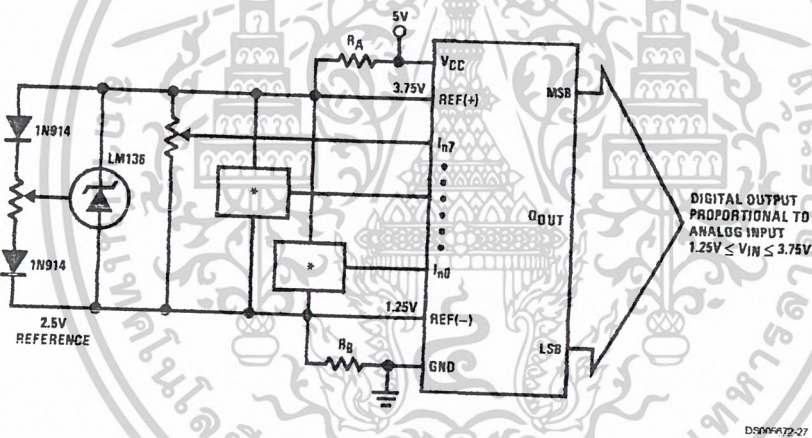


FIGURE 13. Symmetrically Centered Reference

$R_A = R_B$
 *Ratiometric transducers

3.0 CONVERTER EQUATIONS

The transition between adjacent codes N and N+1 is given by:

$$V_{IN} = \left\{ (V_{REF(+)} - V_{REF(-)}) \left[\frac{N}{256} + \frac{1}{512} \right] \pm V_{TUE} \right\} + V_{REF(-)} \quad (2)$$

The center of an output code N is given by:

$$V_{IN} \left\{ (V_{REF(+)} - V_{REF(-)}) \left[\frac{N}{256} \right] \pm V_{TUE} \right\} + V_{REF(-)} \quad (3)$$

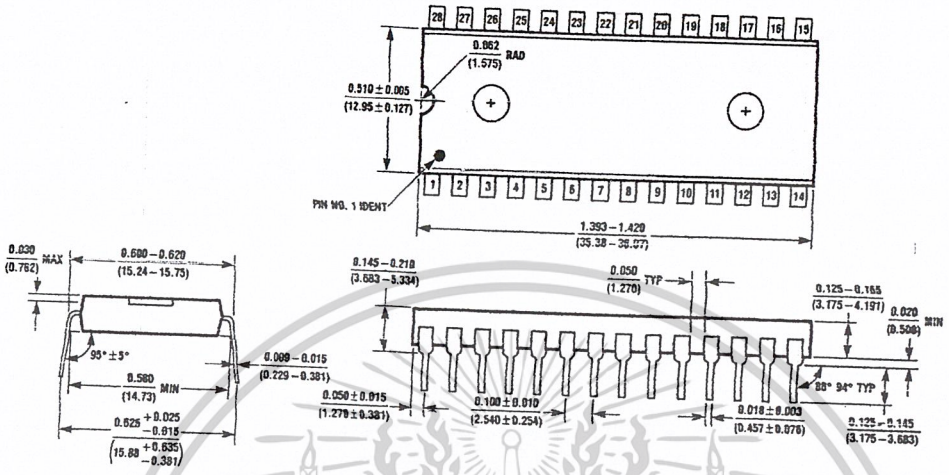
The output code N for an arbitrary input are the integers within the range:

$$N = \frac{V_{IN} - V_{REF(-)}}{V_{REF(+)} - V_{REF(-)}} \times 256 \pm \text{Absolute Accuracy} \quad (4)$$

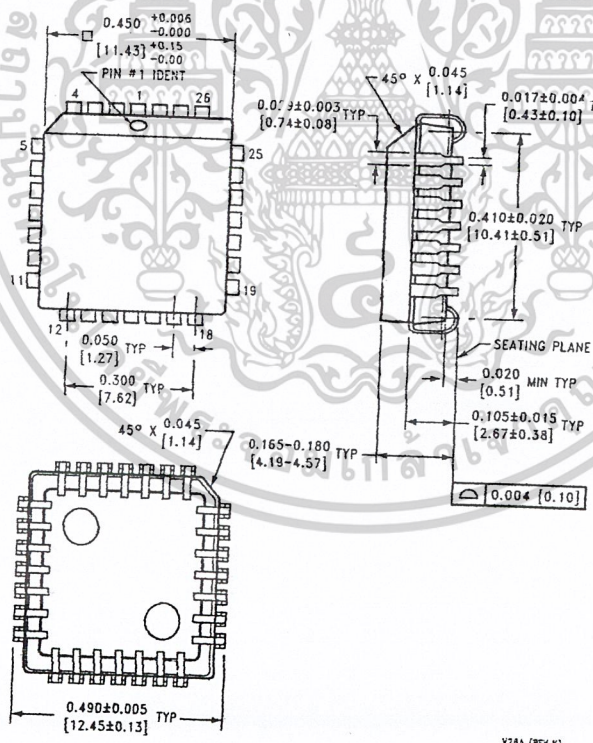
Where: V_{IN} = Voltage at comparator input
 $V_{REF(+)}$ = Voltage at Ref(+)
 $V_{REF(-)}$ = Voltage at Ref(-)
 V_{TUE} = Total unadjusted error voltage (typically $V_{REF(+)} + 512$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted



Molded Dual-In-Line Package (N)
 Order Number ADC0808CCN or ADC0809CCN
 NS Package Number N28B



Molded Chip Carrier (V)
 Order Number ADC0808CCV or ADC0809CCV
 NS Package Number V28A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 88
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 18 80

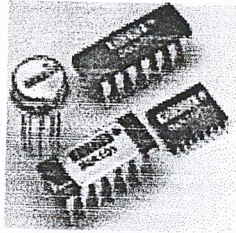
National Semiconductor
Asia Pacific Customer
Response Group
Tel: 65-2544466
Fax: 65-2504466
Email: asa.support@nsc.com

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 ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



INA101

High Accuracy INSTRUMENTATION AMPLIFIER

FEATURES

- LOW DRIFT: $0.25\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ max
- LOW OFFSET VOLTAGE: $25\mu\text{V}$ max
- LOW NONLINEARITY: 0.002%
- LOW NOISE: $13\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
- HIGH CMR: 106dB AT 60Hz
- HIGH INPUT IMPEDANCE: $10^{10}\Omega$
- 14-PIN PLASTIC, CERAMIC DIP, SOL-16, AND TO-100 PACKAGES

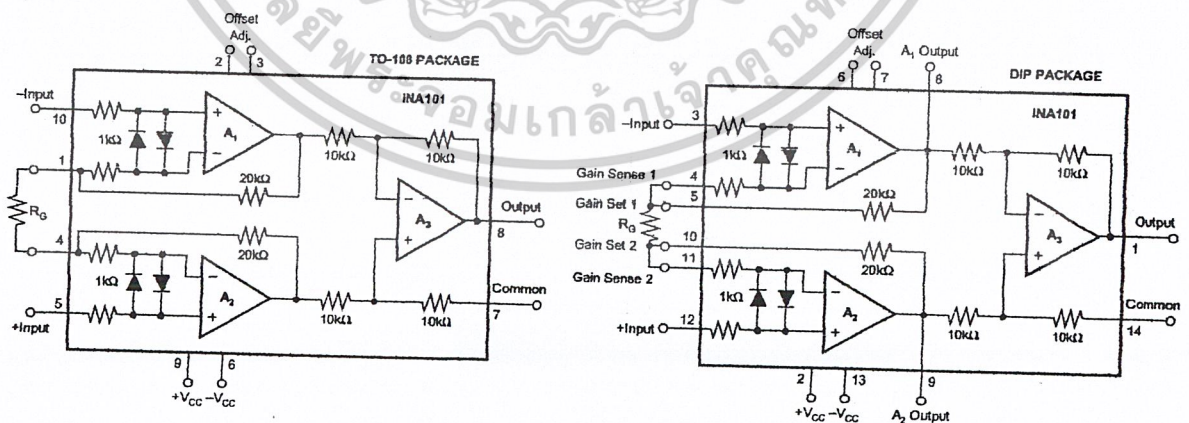
APPLICATIONS

- STRAIN GAGES
- THERMOCOUPLES
- RTDs
- REMOTE TRANSDUCERS
- LOW-LEVEL SIGNALS
- MEDICAL INSTRUMENTATION

DESCRIPTION

The INA101 is a high accuracy instrumentation amplifier designed for low-level signal amplification and general purpose data acquisition. Three precision op amps and laser-trimmed metal film resistors are integrated on a single monolithic integrated circuit.

The INA101 is packaged in TO-100 metal, 14-pin plastic and ceramic DIP, and SOL-16 surface-mount packages. Commercial, industrial and military temperature range models are available.



International Airport Industrial Park • Mailing Address: PO Box 11400, Tucson, AZ 85734 • Street Address: 6730 S. Tucson Blvd., Tucson, AZ 85706 • Tel: (520) 746-1111 • Twx: 910-952-1111
 Internet: <http://www.burr-brown.com/> • FAXLine: (800) 548-6133 (US/Canada Only) • Cable: BBRCORP • Telex: 066-6491 • FAX: (520) 888-1510 • Immediate Product Info: (800) 548-6132

©1981 Burr-Brown Corporation

PDS-454K

Printed in U.S.A. July, 1998

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
 ไม่ว่าการพิมพ์ใด ๆ ทั้งสิ้น ออกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง

SPECIFICATIONS

ELECTRICAL

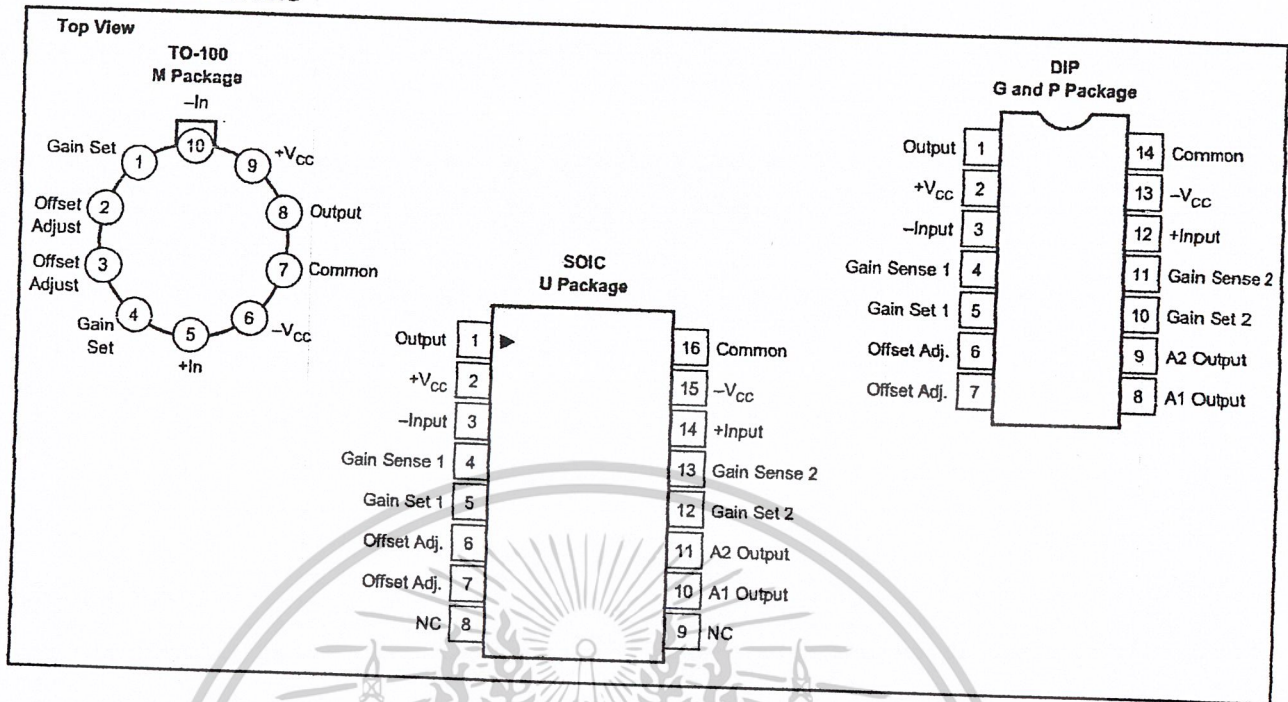
At +25°C with ±15VDC power supply and in circuit of Figure 1, unless otherwise noted.

PARAMETER	INA101AM, AG			INA101SM, SG			INA101CM, CG			INA101HP, KU			UNITS
	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
GAIN Range of Gain Gain Equation Error from Equation, DC ⁽¹⁾	1	$G = 1 + (40k/R_G)$ $\pm(0.04 + 0.00016G)$ -0.02%/G	1000 $\pm(0.1 + 0.0003G)$ -0.05%/G	.	.	.	.	.	.	.	.	.	V/V V/V %
Gain Temp. Coefficient⁽⁴⁾ G = 1 G = 10 G = 100 G = 1000		2 20 22 22	5 100 110 110	.	.	.	.	.	.	.	.	.	ppm/°C ppm/°C ppm/°C ppm/°C
Nonlinearity, DC⁽²⁾		$\pm(0.002 + 10^{-5} G)$	$\pm(0.005 + 2 \times 10^{-5} G)$	$\pm(0.001 + 10^{-5} G)$	$\pm(0.002 + 10^{-5} G)$	.	$\pm(0.001 + 10^{-5} G)$	$\pm(0.002 + 10^{-5} G)$	.	.	.	.	ppm/°C ppm/°C % of p-p FS
RATED OUTPUT Voltage Current Output Impedance Capacitive Load	±10 ±5	±12.5 ±10 0.2 1000	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	V mA Ω pF
INPUT OFFSET VOLTAGE Initial Offset at +25°C vs Temperature vs Supply vs Time		±(25 + 200/G)	±(50 + 400/G) ±(2 + 20/G)	±10+ 100/G	±(25 + 200/G) ±(0.75 + 10/G)	.	±(10+ 100/G)	±(25 + 200/G) ±(0.25 + 10/G)	.	±(125 + 450/G) ±(2 + 20/G)	±(250 + 900/G)	.	μV μV/°C μV/V
INPUT BIAS CURRENT Initial Bias Current (each input) vs Temperature vs Supply Initial Offset Current vs Temperature		±15 ±0.2 ±0.1 ±15 ±0.5	±30	±10	.	.	±5 ±20	.	.	.	.	.	nA nA/°C nA/V nA nA/°C
INPUT IMPEDANCE Differential Common-mode		10 ¹⁰ || 3 10 ¹⁰ || 3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Ω || pF G || pF
INPUT VOLTAGE RANGE Range, Linear Response CMR with 1kΩ Source Imbalance DC to 60Hz, G = 1 DC to 60Hz, G = 10 DC to 60Hz, G = 100 to 1000	±10	±12	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	V dB dB dB
INPUT NOISE Input Voltage Noise $f_b = 0.01\text{Hz to }10\text{Hz}$ Density, G = 1000 $f_b = 10\text{Hz}$ $f_b = 100\text{Hz}$ $f_b = 1\text{kHz}$ Input Current Noise $f_b = 0.01\text{Hz to }10\text{Hz}$ Density $f_b = 10\text{Hz}$ $f_b = 100\text{Hz}$ $f_b = 1\text{kHz}$		0.8 18 15 13	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	μV, p-p nV/√Hz nV/√Hz nV/√Hz pA, p-p pA/√Hz pA/√Hz pA/√Hz
DYNAMIC RESPONSE Small Signal, ±3dB Flatness G = 1 G = 10 G = 100 G = 1000 Small Signal, ±1% Flatness G = 1 G = 10 G = 100 G = 1000 Full Power, G = 1 to 100 Slew Rate, G = 1 to 100 Settling Time (0.1%) G = 1 G = 100 G = 1000 Settling Time (0.01%) G = 1 G = 100 G = 1000		300 140 25 2.5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	kHz kHz kHz kHz kHz kHz kHz kHz kHz μs μs μs μs μs μs
POWER SUPPLY Rated Voltage Voltage Range Current, Quiescent ⁽⁵⁾	±5	±15	±20 ±8.5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	V V mA
TEMPERATURE RANGE⁽⁶⁾ operation operation storage	-25 -55 -65	.	+85 +125 +150	-55 .	+125 .	.	.	.	0 -25 -40	.	+70 +85 +85	.	°C °C °C

Specifications same as for INA101AM, AG.
 (1) Typically the tolerance of R_G will be the major source of gain error. (2) Nonlinearity is the maximum peak deviation from the best straight-line as a percentage of peak-to-peak full scale output. (3) Not including the TCR of R_G . (4) Adjustable only at any one gain. (5) θ_{JC} output stage = 113°C/W, θ_{JC} quiescent circuitry = 19°C/W, $\theta_{CA} = 83°C/W$.

SURR-BROWN **INA101** สารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN CONFIGURATIONS



ORDERING INFORMATION

PRODUCT	PACKAGE	TEMPERATURE RANGE
INA101AM	10-Pin Metal TO-100	-25°C to +85°C
INA101CM	10-Pin Metal TO-100	-25°C to +85°C
INA101AG	14-Pin Ceramic DIP	-25°C to +85°C
INA101CG	14-Pin Ceramic DIP	-25°C to +85°C
INA101HP	14-Pin Plastic DIP	0°C to +70°C
INA101KU	SOL-16 Surface-Mount	0°C to +70°C
INA101SG	14-Pin Ceramic DIP	-55°C to +125°C
INA101SM	10-Pin Metal TO-100	-55°C to +125°C

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage	±20V
Power Dissipation	600mW
Input Voltage Range	±V _{CC}
Output Short Circuit (to ground)	Continuous
Operating Temperature M, G Package	-55°C to +125°C
P, U Package	-25°C to +85°C
Storage Temperature M, G Package	-65°C to +150°C
P, U Package	-40°C to +85°C
Lead Temperature (soldering, 10s) M, G, P Package	+300°C
Lead Temperature (wave soldering, 3s) U Package	+260°C

PACKAGE INFORMATION

PRODUCT	PACKAGE	PACKAGE DRAWING NUMBER ⁽¹⁾
INA101AM	10-Pin Metal TO-100	007
INA101CM	10-Pin Metal TO-100	007
INA101AG	14-Pin Ceramic DIP	169
INA101CG	14-Pin Ceramic DIP	169
INA101HP	14-Pin Plastic DIP	010
INA101KU	SOL-16 Surface-Mount	211
INA101SG	14-Pin Ceramic DIP	169
INA101SM	10-Pin Metal TO-100	007

NOTE: (1) For detailed drawing and dimension table, please see end of data sheet, or Appendix D of Burr-Brown IC Data Book.



ELECTROSTATIC DISCHARGE SENSITIVITY

This integrated circuit can be damaged by ESD. Burr-Brown recommends that all integrated circuits be handled with appropriate precautions. Failure to observe proper handling and installation procedures can cause damage.

ESD damage can range from subtle performance degradation to complete device failure. Precision integrated circuits may be more susceptible to damage because very small parametric changes could cause the device not to meet its published specifications.

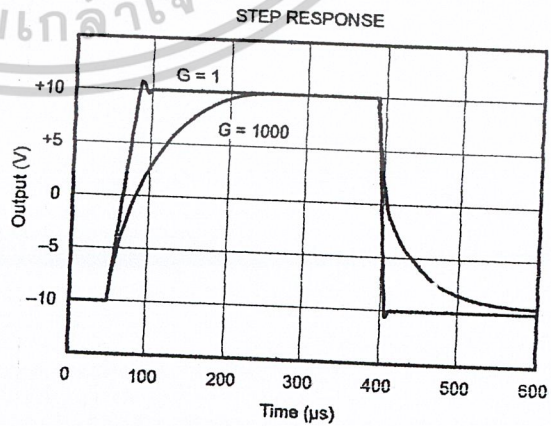
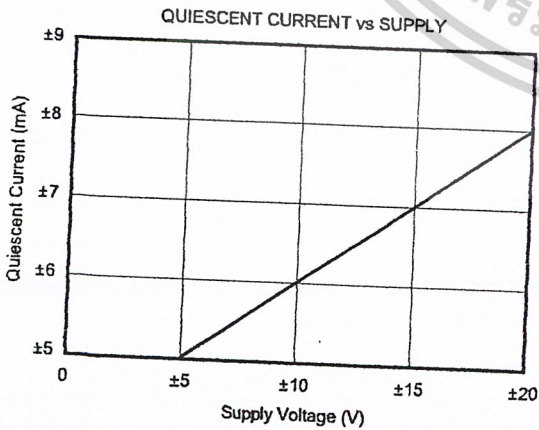
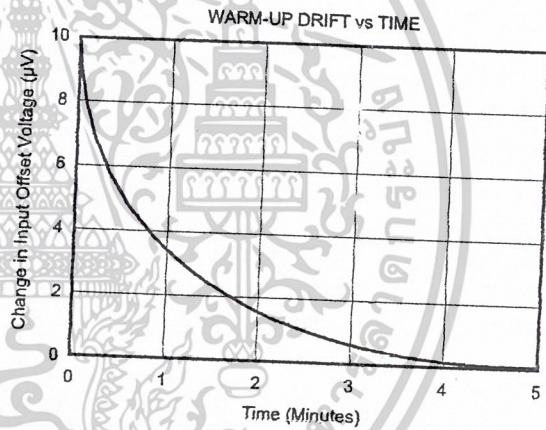
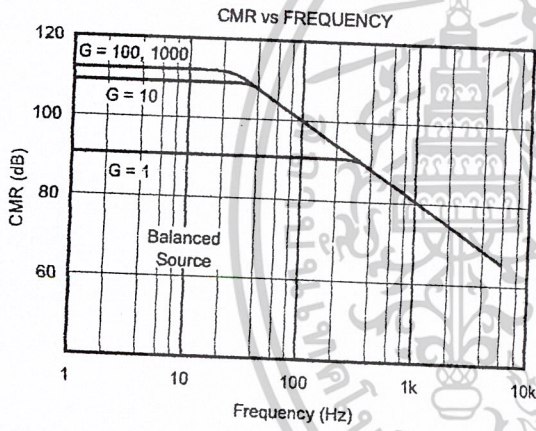
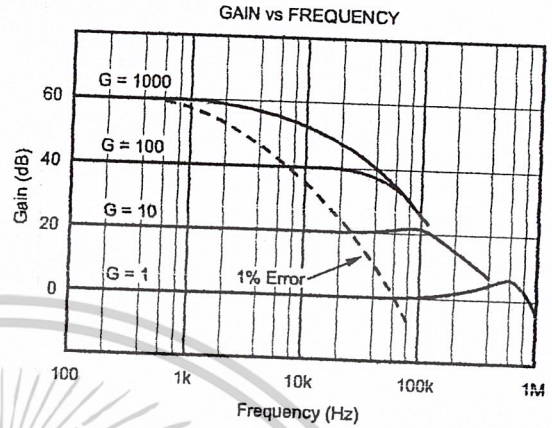
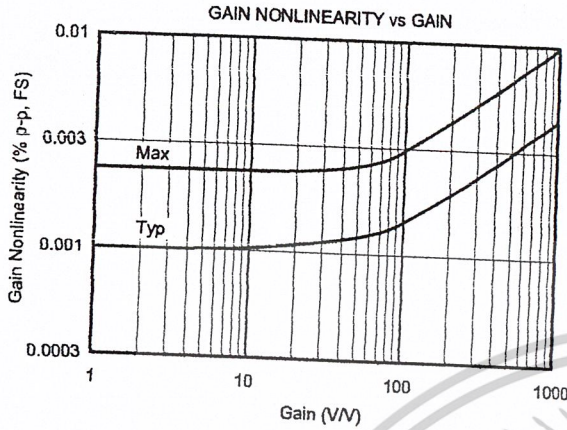
The information provided herein is believed to be reliable; however, BURR-BROWN assumes no responsibility for inaccuracies or omissions. BURR-BROWN assumes no responsibility for the use of this information, and all use of such information shall be entirely at the user's own risk. Prices and specifications are subject to change without notice. No patent rights or licenses to any of the circuits described herein are implied or granted to any third party. BURR-BROWN does not authorize or warrant any BURR-BROWN product for use in life support devices and/or systems.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำ

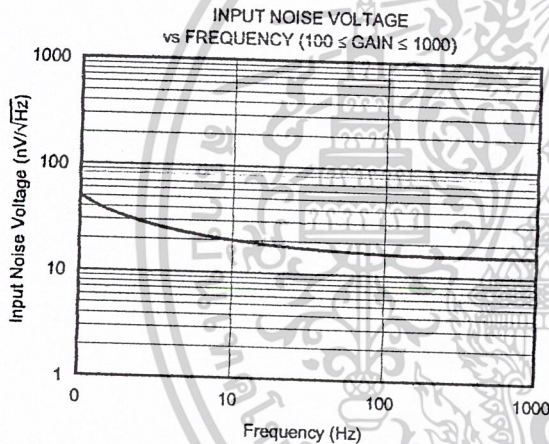
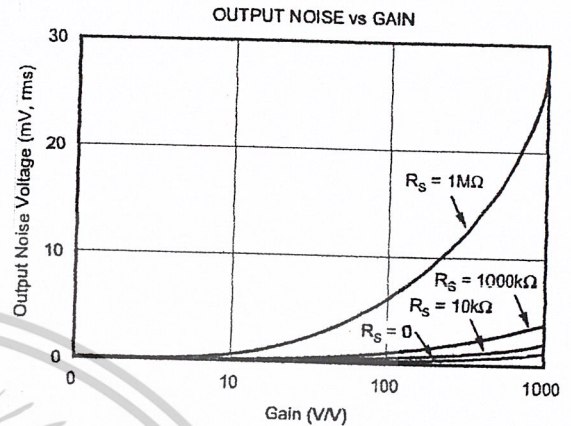
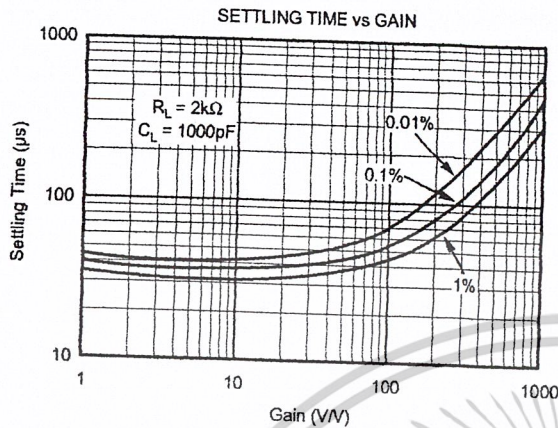
TYPICAL PERFORMANCE CURVES

At +25°C, $V_{CC} = \pm 15V$ unless otherwise noted.



TYPICAL PERFORMANCE CURVES (CONT)

At +25°C, $V_{CC} = \pm 15V$ unless otherwise noted.



APPLICATION INFORMATION

Figure 1 shows the basic connections required for operation of the INA101. (Pin numbers shown are for the TO-100 metal package.) Applications with noisy or high impedance power supplies may require decoupling capacitors close to the device pins as shown.

The output is referred to the output Common terminal which is normally grounded. This must be a low-impedance connection to assure good common-mode rejection. A resistance greater than 0.1Ω in series with the Common pin will cause common-mode rejection to fall below 106dB.

SETTING THE GAIN

Gain of the INA101 is set by connecting a single external resistor, R_G :

$$G = 1 + \frac{40k\Omega}{R_G} \quad (1)$$

The $40k\Omega$ term in equation (1) comes from the sum of the two internal feedback resistors. These are on-chip metal film resistors which are laser trimmed to accurate absolute values. The accuracy and temperature coefficient of these resistors are included in the gain accuracy and drift specifications of the INA101.

The stability and temperature drift of the external gain setting resistor, R_G , also affects gain. R_G 's contribution to gain accuracy and drift can be directly inferred from the gain equation (1). Low resistor values required for high gain can make wiring resistance important. Sockets add to the wiring resistance which will contribute additional gain error (possibly an unstable gain error) in gains of approximately 100 or greater. The gain sense connections on the DIP and SOL-16 packages (see Figure 2) reduce the gain error produced by wiring or socket resistance.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกประการ

OFFSET TRIMMING

The INA101 is laser trimmed for low offset voltage and drift. Most applications require no external offset adjustment. Figure 2 shows connection of an optional potentiometer connected to the Offset Adjust pins for trimming the input offset voltage. (Pin numbers shown are for the DIP package.) Use this adjustment to null the offset voltage in high gain ($G \geq 100$) with both inputs connected to ground. Do not use this adjustment to null offset produced by the source or other system offset since this will increase the offset voltage drift by $0.3\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ per $100\mu\text{V}$ of adjusted offset.

Offset of the output amplifier usually dominates when the INA101 is used in unity gain ($G = 1$). The output offset

voltage can be adjusted with the optional trim circuit connected to the Common pin as shown in Figure 2. The voltage applied to Common terminal is summed with the output. Low impedance must be maintained at this node to assure good common-mode rejection. The op amp connected as a buffer provides low impedance.

THERMAL EFFECTS ON OFFSET VOLTAGE

To achieve lowest offset voltage and drift, prevent air currents from circulating near the INA101. Rapid changes in temperature will produce a thermocouple effect on the package leads that will degrade offset voltage and drift. A shield or cover that prevents air currents from flowing near the INA101 will assure best performance.

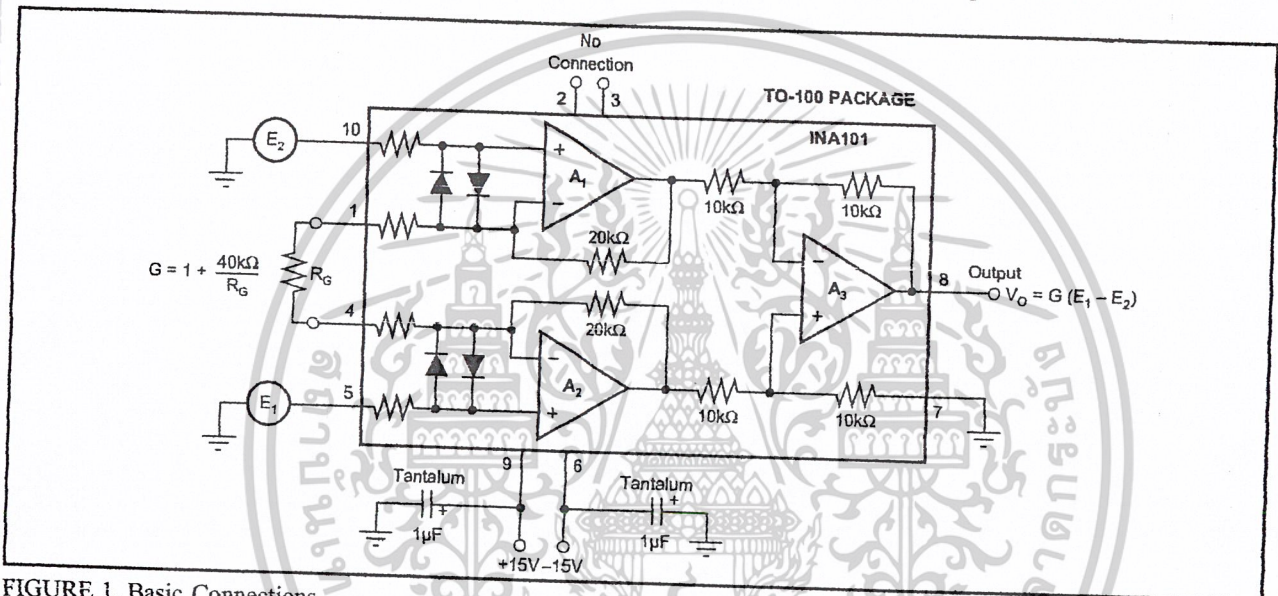


FIGURE 1. Basic Connections.

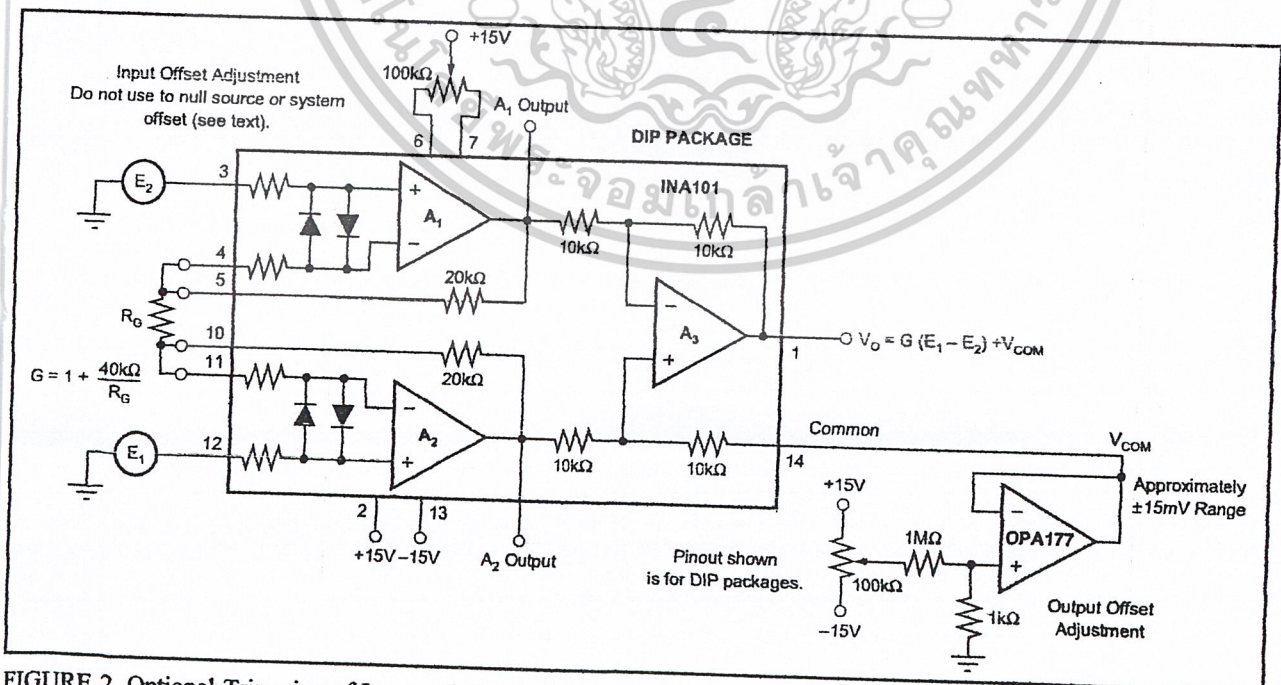


FIGURE 2. Optional Trimming of Input and Output Offset Voltage.

MAXIM

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

General Description

The MAX220-MAX249 family of line drivers/receivers is intended for all EIA/TIA-232E and V.28/V.24 communications interfaces, particularly applications where $\pm 12V$ is not available.

These parts are especially useful in battery-powered systems, since their low-power shutdown mode reduces power dissipation to less than 5 μ W. The MAX225, MAX233, MAX235, and MAX245/MAX246/MAX247 use no external components and are recommended for applications where printed circuit board space is critical.

Next-Generation Device Features

- ◆ For Low-Voltage, Integrated ESD Applications
MAX3222E/MAX3232E/MAX3237E/MAX3241E/MAX3246E: +3.0V to +5.5V, Low-Power, Up to 1Mbps, True RS-232 Transceivers Using Four 0.1 μ F External Capacitors (MAX3246E Available in a UCSP™ Package)
- ◆ For Low-Cost Applications
MAX221E: $\pm 15kV$ ESD-Protected, +5V, 1 μ A, Single RS-232 Transceiver with AutoShutdown™

Applications

- Portable Computers
- Low-Power Modems
- Interface Translation
- Battery-Powered RS-232 Systems
- Multidrop RS-232 Networks

Ordering Information

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX220CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX220CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX220CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX220C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX220EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX220ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX220EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX220EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX220MJF	-55°C to +125°C	16 CERDIP

AutoShutdown and UCSP are trademarks of Maxim Integrated Products, Inc.

Ordering Information continued at end of data sheet.
*Contact factory for dice specifications.

Selection Table

Part Number	Power Supply (V)	No. of RS-232 Drivers/Rx	No. of Ext. Caps	Nominal Cap. Value (μ F)	SHDN & Three-State	Rx Active in SHDN	Data Rate (kbps)	Features
MAX220	+5	2/2	4	0.047/0.33	No	—	120	Ultra-low-power, industry-standard pinout
MAX222	+5	2/2	4	0.1	Yes	—	200	Low-power shutdown
MAX223 (MAX213)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	MAX241 and receivers active in shutdown
MAX225	+5	5/5	0	—	Yes	✓	120	Available in SO
MAX230 (MAX200)	+5	5/0	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	5 drivers with shutdown
MAX231 (MAX201)	+5 and +7.5 to +13.2	2/2	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; same functions as MAX232
MAX232 (MAX202)	+5	2/2	4	1.0 (0.1)	No	—	120 (64)	Industry standard
MAX232A	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Higher slew rate, small caps
MAX233 (MAX203)	+5	2/2	0	—	No	—	120	No external caps
MAX233A	+5	2/2	0	—	No	—	200	No external caps, high slew rate
MAX234 (MAX204)	+5	4/0	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488
MAX235 (MAX205)	+5	5/5	0	—	Yes	—	120	No external caps
MAX236 (MAX206)	+5	4/3	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Shutdown, three state
MAX237 (MAX207)	+5	5/3	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Complements IBM PC serial port
MAX238 (MAX208)	+5	4/4	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488 and 1489
MAX239 (MAX209)	+5 and +7.5 to +13.2	3/5	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; single-package solution for IBM PC serial port
MAX240	+5	5/5	4	1.0	Yes	—	120	DIP or flatpack package
MAX241 (MAX211)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Complete IBM PC serial port
MAX242	+5	2/2	4	0.1	Yes	✓	200	Separate shutdown and enable
MAX243	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Open-line detection simplifies cabling
MAX244	+5	8/10	4	1.0	No	—	120	High slew rate
MAX245	+5	8/10	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, two shutdown modes
MAX246	+5	8/10	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, three shutdown modes
MAX247	+5	8/9	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, nine operating modes
MAX248	+5	8/8	4	1.0	Yes	✓	120	High slew rate, selective half-chip enables
MAX249	+5	6/10	4	1.0	Yes	✓	120	Available in quad flatpack package



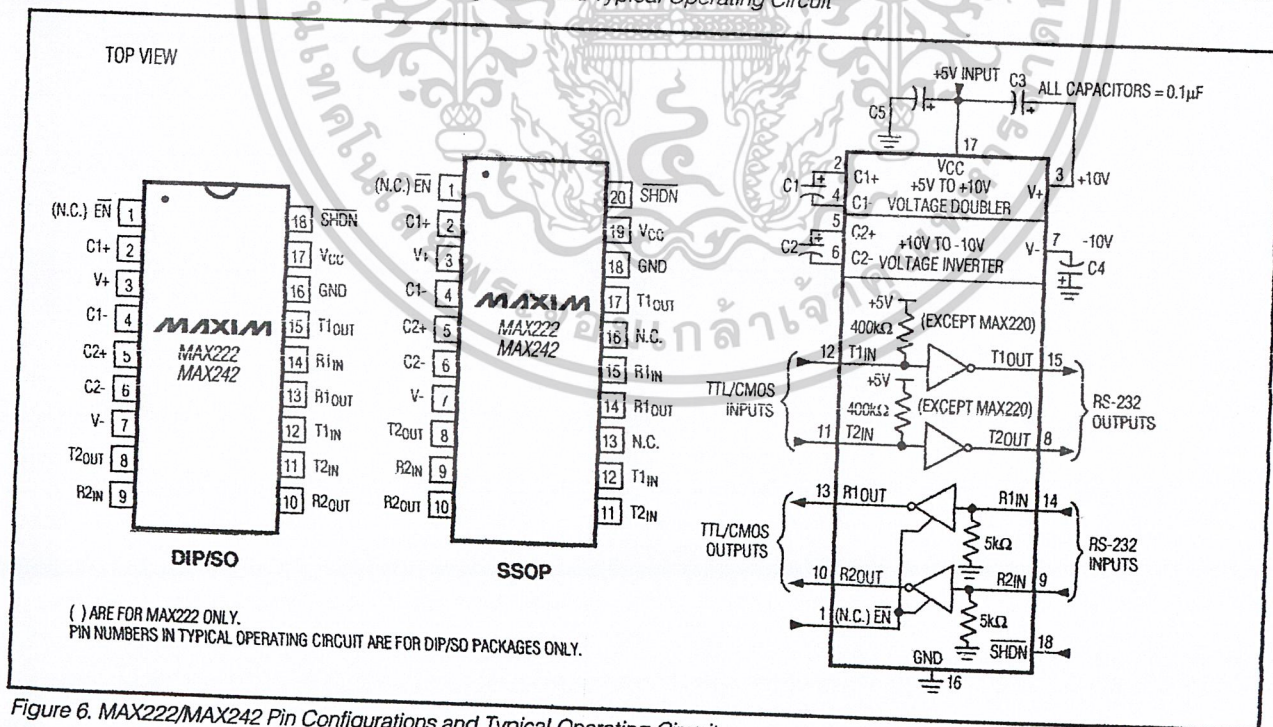
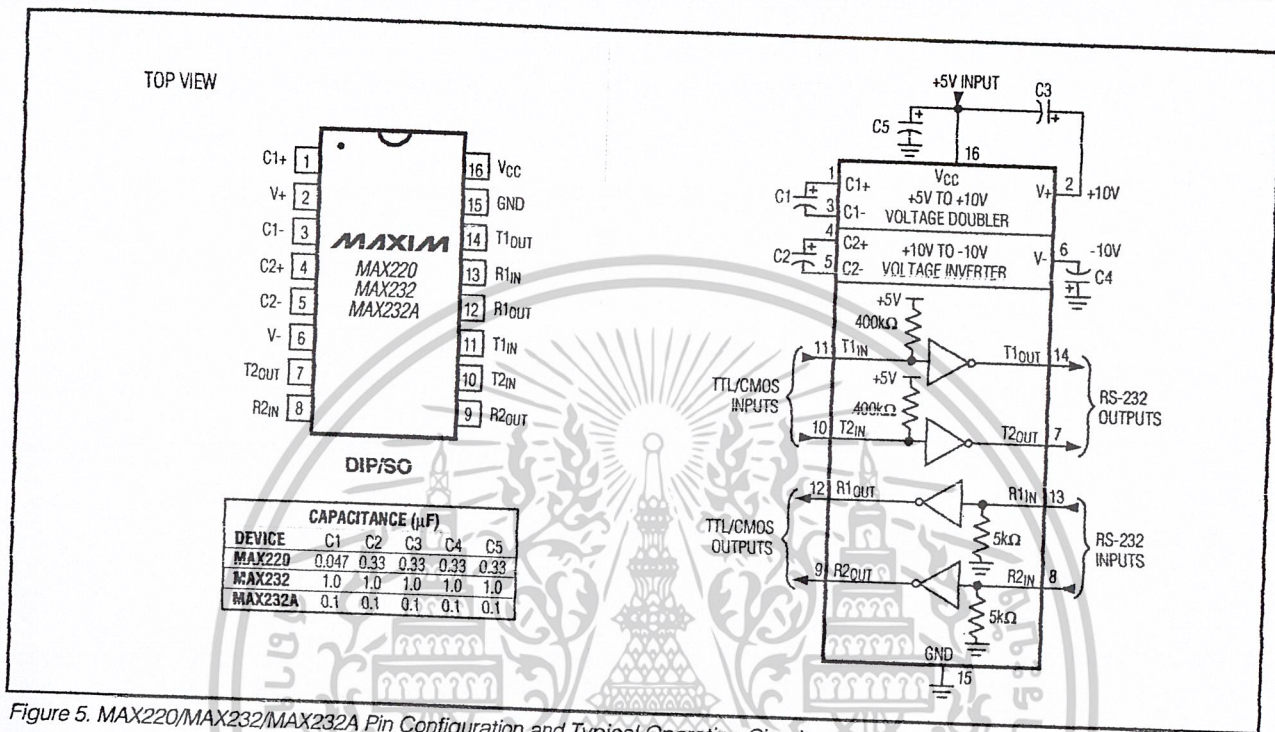
Maxim Integrated Products 1

For pricing, delivery, and ordering information, please contact Maxim/Dallas Direct! at 1-888-629-4642, or visit Maxim's website at www.maxim-ic.com.

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249



MAXIM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้