



ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อ เครื่องปรับเทียบความดัน

Pressure Calibrator

ชื่อนักศึกษา	ชื่อ	รหัสนักศึกษา	เลขประจำตัว
1. นางสาวประนอม	จินเอม	รหัสนักศึกษา	44035448
2. นางสาวระพีพร	อู๋มาก	รหัสนักศึกษา	44035457
3. นายศิริวิรัช	มันเมือง	รหัสนักศึกษา	44035464
4. นายสาธิต	มงคลชัย	รหัสนักศึกษา	44035465

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สุรพงษ์ สิริพงษ์ดี

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ออมรัช ชัยชนะ

คณะกรรมการสอบปริญญาโท	ลายมือชื่อ
1. อาจารย์ปิยะ จิตธรรมมาภิรมย์	
2. อาจารย์สุรพงษ์ สิริพงษ์ดี	
3. อาจารย์ออมรัช ชัยชนะ	
4. อาจารย์สุชิน อาจหาญ	
5. อาจารย์โกศล ตราชู	

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันอังคารที่ 11 พฤศจิกายน พ.ศ. 2546 เวลา 18:00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.311, คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(นายสุรสิทธิ์ ราตรี)



<BT4610282>

เครื่องปรับเทียบความดัน

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์วิศวกรรม

วันที่... 31 ...เดือน... พ.ศ. 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาบัตร

เครื่องประดับความดัน

PRESSURE CALIBRATOR



นางสาวประนอม

จินเอม

นางสาวระพีพร

อู๋ยมก

นายศิริวิษฐ์

มันเมือง

นายสาธิต

มงคลชัย

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 51067

วัน,เดือน,ปี 29 ส.ย. 2547

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

ปริญญาบัตรฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง เครื่องปรับเทียบความดัน

Pressure Calibrator

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษามาตรฐานของการปรับเทียบความดันและหลักการปรับเทียบ
2. เพื่อออกแบบเครื่องปรับเทียบความดันและระบบควบคุม
3. เพื่อสร้างเครื่องปรับเทียบความดัน
4. เพื่อทดสอบแก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องปรับเทียบความดัน
5. เพื่อนำเครื่องปรับเทียบความดันไปใช้งาน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจมาตรฐานของการปรับเทียบความดันและหลักการปรับเทียบความดัน
2. ได้วงจรที่จะใช้กับเครื่องปรับเทียบความดันและระบบควบคุม
3. ได้เครื่องปรับเทียบความดันและระบบควบคุม
4. ได้ปรับปรุงคุณภาพและประสิทธิภาพ
5. ได้เครื่องปรับเทียบความดันไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	เครื่องปรับเทียบความดัน	
นักศึกษา	นางสาวประนอม	จินเอม
	นางสาวระพีพร	อุ้มมาก
	นายศิริวิรัช	มันเมือง
	นายสาธิต	มงคลชัย
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์สุรพงษ์	สิริพงศ์ดี
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์อมรชัย	ชัยชนะ
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต	
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม	
ปีการศึกษา	2546	

บทคัดย่อ

ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้เสนอเครื่องปรับเทียบความดัน เพื่อใช้ในการปรับเทียบอุปกรณ์วัดความดันที่มีการใช้งานไประยะเวลาหนึ่งแล้วต้องทำการปรับเทียบ โดยใช้หลักในการปรับเทียบเครื่องมือวัดในงานอุตสาหกรรม โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานของวงจรแสดงผลและโซลินอยด์วาล์ว โดยมีขีดความสามารถดังนี้ คือ สามารถทำการปรับเทียบย่าน 0 – 500 mmH₂O โดยใช้มาโนมิเตอร์เป็นตัวมาตรฐานในการปรับเทียบความดัน สามารถทำงานได้ในโหมดอัตโนมัติและโหมดทำงานด้วยมือ สามารถแสดงผลการวัดออกจอแสดงผลตัวเลขเจ็ดส่วน โดยจุดสำคัญอยู่ที่การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานทั้งหมดของเครื่องปรับเทียบความดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

II

Thesis Title	Pressure Calibrator	
Student	MissPranom	Chinaem
	MissRapeeporn	Ouymak
	Mr.Sirawhic	Munmaung
	Mr.Satit	Mongkonchai
Advisor	Mr.Surapong	Siripongdee
Co-advisor	Mr.Amornchai	Chaichana
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education	
Program in	Industrial Instrument Technology	
Academic Year	2003	

ABSTRACT

This thesis presents the pressure calibrator. This is useable a pressure instrumentation calibration that it used and want to calibration again for accuracy. This instrument uses a calibration for industrial though it's can calibrate. Used Microcontroller for control solinoid valve and display. By limited of project as it can calibration in range 0 – 500 mmH₂O, by used manometer is standrad calibration, it can work in Atomatic mode, it can work in Manual mode, it can display to sevensegment. The main purpose to used Microcontroller control Pressure Calibrator.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ถูกลงไปได้ด้วยดี เนื่องจากความร่วมมือของสมาชิกภายในกลุ่มทุกท่าน ขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่านที่อนุเคราะห์ด้านเครื่องมือ และอุปกรณ์ รวมทั้งยังให้คำแนะนำ แนวความคิด ความรู้ต่างๆ แนวทางแก้ไขปัญหาในการจัดทำปริญญานิพนธ์ ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำแนะนำและแนวทางแก้ไขในการจัดทำปริญญานิพนธ์ ขอขอบคุณห้องสมุดคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมที่ช่วยอำนวยความสะดวกและเอื้อเพื่อสถานที่ในการค้นคว้าข้อมูล สุดท้ายที่ควรระลึกถึงอย่างยิ่ง บิดาและมารดาที่เป็นผู้สนับสนุน ด้านการศึกษา ด้านทุนทรัพย์และเป็นผู้ที่ให้ความสนใจด้วยดีตลอดมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 จุดความสามารถของโครงการ	1
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 กล่าวนำ	3
2.2 ความสำคัญของการวัดและการควบคุม	3
2.2.1 การวัดเป็นการแสดงตัวแปรซึ่งเป็นรายละเอียดของระบบ	3
2.2.2 การควบคุมความแน่นอนในการปฏิบัติงาน	3
2.2.3 การจำลองสภาพของระบบ	4
2.2.4 การทดลองเพื่อศึกษาการออกแบบระบบ	4
2.2.5 การปรับกระบวนการ	4
2.2.6 ทดสอบวัสดุ รักษามาตรฐาน	4
2.2.7 การยืนยันปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์	4
2.2.8 การควบคุมคุณภาพในอุตสาหกรรม	5
2.3 มาตรฐานและการเปรียบเทียบ	5
2.3.1 มาตรฐานการวัด	5
2.3.2 การเปรียบเทียบ	6
2.3.3 ความดันและหน่วยวัดความดัน	7
2.4 อุปกรณ์ตรวจวัดความดัน	13
2.4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดความดัน	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.4.2 มาโนมิเตอร์ (Manometer)	13
2.5 หลักการทำงานของ MPX 10	15
2.6 การปรับเทียบ MPX 10 กับมาโนมิเตอร์	16
2.7 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	16
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	21
3.1 การออกแบบ และการสร้างตัวชุดทดลอง	21
3.2 การออกแบบและการทำงานของวงจรขยายสัญญาณ	21
3.3 การออกแบบและการทำงานของวงจรแสดงผล	22
3.4 การออกแบบและการทำงานของวงจรควบคุมโซลินอยด์วาล์ว	23
3.5 การออกแบบโปรแกรมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์	25
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	26
4.1 ผลการทดลองตัวตรวจวัดความดัน	26
4.2 ผลการทดลองวงจรขยายสัญญาณ	26
4.3 ผลการทดลองวงจรแสดงผล	27
บทที่ 5 บทสรุป	30
5.1 สรุป	30
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข	30
5.3 แนวทางการพัฒนา	31
บรรณานุกรม	32
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	33
ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	36
ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์	41
ภาคผนวก ง แผนผังการทำงานและรหัสต้นฉบับของโปรแกรม	44
ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งาน	51
ภาคผนวก ฉ รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์	55
ประวัติผู้แต่ง	104

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 รีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรม	19
4.1 การทดลองตัวตรวจวัดความดัน	26
4.2 ผลการทดลองวงจรขยายสัญญาณ	27
4.3 ผลการทดลองวงจรแสดงผล	29
ค.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรขยายสัญญาณ	42
ค.2 รายการอุปกรณ์วงจรแสดงผล	42
ค.3 วงจรควบคุมโซลีนอยด์วาล์วและควบคุมการแสดงผล	42
ค.3 (ต่อ) วงจรควบคุมโซลีนอยด์วาล์วและควบคุมการแสดงผล	43
ค.3 (ต่อ) วงจรควบคุมโซลีนอยด์วาล์วและควบคุมการแสดงผล	44



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ความดันที่เกิดจากของเหลว	11
2.2 ภาคตัดขวางของ MPX 10	16
2.3 รีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรม	18
3.1 ขนาดของโครงสร้างเครื่องปรับเทียบความดัน	21
3.2 วงจรขยายสัญญาณ	22
3.3 วงจรแสดงผล	23
3.4 วงจรควบคุมโซลินอยด์วาล์วและควบคุมการแสดงผล	24
3.5 การออกแบบโปรแกรมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์	25
4.1 วงจรขยายสัญญาณ	27
4.2 วงจรควบคุมการแสดงผล	28
ก.1 ภาพด้านหน้าของเครื่องปรับเทียบความดัน	34
ก.2 ภาพด้านข้างของเครื่องปรับเทียบความดัน	34
ก.3 ภาพด้านบนของเครื่องปรับเทียบความดัน	35
ข.1 วงจรขยายสัญญาณ	37
ข.2 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรขยายสัญญาณ	37
ข.3 การวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์วงจรขยายสัญญาณ	37
ข.4 วงจรแสดงผลตัวเลขเจ็ดส่วน	38
ข.5 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรแสดงผล	38
ข.6 การวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์วงจรแสดงผล	38
ข.7 วงจรควบคุมโซลินอยด์วาล์วและควบคุมการแสดงผล	39
ข.8 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรควบคุมโซลินอยด์วาล์วและควบคุมการแสดงผล	40
ข.9 การวางอุปกรณ์วงจรควบคุมโซลินอยด์วาล์วและควบคุมการแสดงผล	40
ง.1 ฟังงานโปรแกรมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์	45
จ.1 ส่วนประกอบและปุ่มควบคุมของเครื่องปรับเทียบความดัน	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

อุปกรณ์วัดความดันปัจจุบันถูกนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมเป็นส่วนมากและมีความจำเป็นต่อระบบการใช้งาน เพราะเป็นส่วนใช้ในการวัดและแสดงผลของความดันที่ใช้ในระบบอุปกรณ์วัดดังกล่าว จะต้องมีการปรับเทียบ เพื่อให้ได้ความแม่นยำและเที่ยงตรงอยู่เสมอ ในการปรับเทียบอุปกรณ์ดังกล่าว ต้องใช้อุปกรณ์เครื่องวัดความดันที่ได้มาตรฐานในการทำ การปรับเทียบเครื่องมือดังกล่าวมีราคาค่อนข้างสูงและต้องนำเข้าจากต่างประเทศ

1.2 ขีดความสามารถของโครงการ

โครงการนี้มีขีดความสามารถดังนี้

1. สามารถทำการปรับเทียบความดันย่าน 0 – 500 mmH₂O ค่าความผิดพลาด $\pm 5\%$
2. สามารถทำงาน โหมด Automatic
3. สามารถทำงานได้ใน โหมด Manual
4. สามารถแสดงผลของการวัดค่าออกทางจอแสดงผลตัวเลขเจ็ดส่วน

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อความสะดวกต่อการศึกษาและการทำความเข้าใจ ในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาที่สำคัญดังนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปฏิญานิพนธ์ ตลอดจนขีดความสามารถของโครงการและเนื้อหาต่างๆ โดยสังเขป

บทที่ 2 ประกอบด้วย ทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับ โครงสร้างของเครื่องปรับเทียบความดัน องค์ประกอบของชุดปรับเทียบความดัน คำสั่งที่ใช้เขียน โปรแกรมสำหรับเครื่องปรับเทียบความดัน หลักการทำงานของชุดปรับเทียบความดัน

บทที่ 3 กล่าวถึงเนื้อหาที่เกี่ยวกับ แผนผังการทำงานของโครงการ ผังวงจรต่างๆ ที่ใช้ในโครงการ ตลอดจนการออกแบบและการสร้างส่วนประกอบต่างๆ เช่น วงจรแสดงผล วงจรขยายสัญญาณ โครงสร้างของชิ้นงาน พร้อมทั้งการทำงานของส่วนประกอบต่างๆ โดยละเอียด เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 ประกอบด้วยการทดลองและผลการทดลองของวงจรภาคจ่ายแรงดัน วงจรแสดงผล
วงจรรขยายสัญญาณ และวงจรควบคุมโซลีนอยด์วาล์ว

บทที่ 5 สรุปผลการจัดทำโครงการ ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางแก้ไขรวมทั้งแนวทางการ
พัฒนา

ภาคผนวก ก ภาพเครื่องต้นแบบ การติดตั้ง การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ ขณะใช้งานจริง

ภาคผนวก ข ประกอบด้วยผังรายละเอียดวงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์ที่ใช้ในงานแต่ละวงจร

ภาคผนวก ง แผนผังการทำงานและรหัสต้นฉบับของโปรแกรมทั้งหมดที่สร้างขึ้นเพื่อ
ประกอบการทำงานของโครงการ

ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งานชุดปรับเทียบความดัน

ภาคผนวก ฉ รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในโครงการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 กล่าวนำ

เนื้อหาของปริยญาณิพนธ์ที่จะกล่าวในบทนี้เป็นทฤษฎีและหลักการที่จะนำมาใช้ในประกอบการสร้างโครงการ โดยประกอบด้วยหลักการของความสำคัญของการวัดและการควบคุมมาตรฐานของการเปรียบเทียบ อุปกรณ์ตรวจวัดความดัน ซึ่งจะกล่าวในดังต่อไปนี้

2.2 ความสำคัญของการวัดและการควบคุม

วัตถุประสงค์ของการวัดและการควบคุมมีความสำคัญดังต่อไปนี้

2.2.1 การวัดเป็นการแสดงตัวแปรซึ่งเป็นรายละเอียดของระบบ

หน้าที่ที่สำคัญอย่างหนึ่งของการวัดคือ การแสดงตัวแปร (Parameter) หรือรายละเอียด ของระบบหรือกระบวนการ อาจอยู่ในรูปของการบอกค่าที่แสดงให้เห็นเก็บค่าไว้บันทึกค่าหรือแสดงค่า แล้วส่งเป็นสัญญาณที่เหมาะสมส่งไปยังอุปกรณ์อื่นที่ต้องการในระบบในความเป็นจริงค่าในสถานะของระบบพื้นฐาน (Condition Base System) ของการปฏิบัติงานจะมีใช้กันอย่างกว้างขวาง เช่น งานรักษาสภาพของยา หรืองานบำรุงเครื่องจักรเมื่อมีการหยุดเดินเครื่อง

2.2.2 การควบคุมความแน่นอนในการปฏิบัติงาน

ระบบดังกล่าวจะอยู่ในระบบการควบคุมอัตโนมัติซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบ การควบคุมของระบบดังกล่าวจะทำหน้าที่ปรับกระบวนการเพื่อให้เข้าสู่เซ็ทพอยต์

หลักการของเครื่องวัด คือ เปรียบเทียบค่าจริงกับค่าปฏิบัติงาน เมื่อพบว่าความแน่นอนในการวัดตัวแปรทางกายภาพใดๆ ในกระบวนการหรือการปฏิบัติงานจะเกี่ยวข้องกับระบบการวัดและอุปกรณ์วัดค่าโดยตรง เช่น เทอร์โมสตัทที่อยู่ในตู้เย็นเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิในช่วงที่ต้องการ ความแน่นอนของอุณหภูมิที่ได้ขึ้นอยู่กับความแน่นอนของเทอร์โมสตัทที่ทำการวัด โดยทั่วไปนั้นระบบการควบคุมแบบอัตโนมัติที่ใช้อยู่ในงานอุตสาหกรรมมาก เช่น การกลั่นน้ำมัน โรงงานเคมี ตัวแปรทางกายภาพที่วัดและควบคุมอาจจะเป็นความดันอัตราการไหล ตัวแปรอื่น นอกจากรายนี้ยังพบในระบบควบคุมใช้ปรัชญาการควบคุมสมัยใหม่ เช่น การควบคุมการบินของเครื่องบิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 การจำลองสภาพของระบบ

ในบางครั้งต้องจำลองระบบการทดลอง เนื่องจากการทดลองโดยใช้ของจริงนั้นอาจมีความยุ่งยากและซับซ้อน ในการหาสภาพใกล้เคียงกับพฤติกรรมของระบบจริงภายใต้การควบคุมสภาพพื้นที่ที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้โมเดลแทนของจริง

2.2.4 การทดลองเพื่อศึกษาการออกแบบระบบ

ในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ นั้นต้องมีการลองผิดลองถูก ในการลองผิดลองถูกนั้นต้องอ้างอิงจากความสัมพันธ์ที่วิเคราะห์ ข้อมูลจากคู่มือมาตรฐานในการปฏิบัติงานครั้งก่อน ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบโดยใช้สมการการออกแบบที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นในงานลักษณะนี้บางครั้งจึงต้องทำการทดลองศึกษาออกแบบวิธีใหม่ๆ เพื่อที่รองรับและพัฒนางานในแบบใหม่ เช่น ทีมงานที่มีประสบการณ์ในการออกแบบเครื่องบิน ซึ่งต้องกำหนดจำนวนปีของประสบการณ์ ในการที่สร้างต้นแบบของเครื่องบิน โดยที่ต้นแบบนั้นกำหนดได้จากการทดสอบผลของการบินเพื่อหาตัวแปรในการปฏิบัติงานหลายๆ ตัว หลังจากนั้นจึงทดสอบข้อมูลของต้นแบบเพื่อแก้ไขสูตรการออกแบบและปรับปรุงต้นแบบที่ผลิต ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าทดลองการออกแบบ จึงมีบทบาทในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือระบบใหม่ๆ

2.2.5 การปรับกระบวนการ

ในการปรับกระบวนการนั้นมีตัวปฏิบัติงานหลายตัวที่ใช้ เช่น ตัวบวก ตัวลบ ตัวคูณ ตัวหาร และตัวรวมสัญญาณ เป็นต้น นอกจากนี้ยังต้องใช้เครื่องมือวัดเพื่อหาผลของการดิฟเฟอเรนเชียลที่มีความสลับซับซ้อนหรือตัวแปรทางคณิตศาสตร์อื่นๆ

2.2.6 ทดสอบวัสดุ รักษามาตรฐาน

ในหลายๆ ประเทศนั้นจะมีองค์กรมาตรฐานที่กำหนดมาตรฐานของวัสดุและมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของการวัดและการทดสอบ องค์กรดังกล่าวจะเป็นตัวกำหนดมาตรฐานเพื่อยืนยันความถูกต้องให้กับผู้บริโภค เพื่อแน่ใจว่าผู้บริโภคจะได้รับวัสดุและผลิตภัณฑ์ที่เป็นตามต้องการและมีความเหมาะสม

2.2.7 การยืนยันปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์

การทดลองจะเป็นการสร้างหรือปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์รูปแบบใหม่ๆ เช่น การวางหลักการของความถี่ของคลอสมป์ ซึ่งมีค่าความถี่ระหว่างผิวแห่งทั้งสองผิว โดยที่ค่าดังกล่าวจะแปรผันตรงกับปฏิกริยาปกติและอิสระต่อพื้นที่ของผิวสัมผัส จากการทดลองต่อมาภายหลังก็รู้จักกันในนาม เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

“กฎแรงเสียดทานของคูลอมป์” ในความเป็นจริงนักวิทยาศาสตร์หรือวิศวกรจะเป็นผู้ทดลองและสังเกตพฤติกรรม ของระบบที่การทดลองจึงจำเป็นที่ต้องมีการตรวจสอบการทดลองและสรุปความ สัมพันธ์ดังกล่าว

ในบางครั้งการศึกษการทดลองมีกฎเกณฑ์ที่ใช้ในการตั้งสูตรที่แน่นอน แต่หากว่าความ สัมพันธ์ทางทฤษฎีมีไม่เพียงพอ เช่น ค่าตัวประกอบของแรงเสียดทานในท่อ ต้องมีการตั้งค่าคงที่ หรือตั้งตัวแปรขึ้นมาค่าหนึ่ง โดยการคำนวณหรือหาได้จากข้อมูลที่ได้จากการทดลองในแต่ละครั้ง การศึกษการทดลองครั้งนี้ เป็นความหวังในการพัฒนาทฤษฎีใหม่ๆ เพื่อให้ครอบคลุมปรากฏการณ์ ใหม่ที่จะเกิดขึ้น

2.2.8 การควบคุมคุณภาพในอุตสาหกรรม

การควบคุมที่มีการทดสอบผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง หลักการนี้จัดเป็นการควบคุมผลิตภัณฑ์ ที่สามารถตรวจสอบความบกพร่องการผลิตทั้งหมดได้ หากพบว่ามีส่วนประกอบใดที่ไม่สมบูรณ์จะ ถูกส่งคืนตามลำดับการผลิตที่ผ่านมาจากลำดับแรกๆ การแก้ไขดังกล่าวนี้จัดเป็นการปรับปรุง ความน่าเชื่อถือของกระบวนการผลิต

2.3 มาตรฐานและการเปรียบเทียบ

โดยพื้นฐานแล้วการวัดจัดเป็นการเปรียบเทียบจำนวนทั้งสองจำนวน ระหว่างจำนวนที่เป็น มาตรฐานที่ทราบค่าอยู่ก่อนแล้วกับจำนวนที่ยังไม่ทราบค่า ซึ่งต้องใช้องค์ประกอบสองอย่างด้วยกัน คือ มาตรฐานที่ใช้เปรียบเทียบกับอุปกรณ์ที่ใช้วัด

2.3.1 มาตรฐานการวัด

มาตรฐานที่ใช้ในการวัดมีหลายลักษณะที่แตกต่างกันออกไปหลายชนิด ซึ่งสามารถแบ่งได้ ตามหน้าที่การทำงานและการใช้งาน ดังต่อไปนี้

1) มาตรฐานนานาชาติ (International Standards)

มาตรฐานนี้จะใช้เพื่อกำหนดการออกแบบโครงสร้าง ซึ่งหลักเกณฑ์นี้มีกำหนดการประชุม นานาชาติ ที่กำหนดหน่วยการวัดจำนวนกายภาพหลายๆ ค่ามีความแม่นยำสูงสุดเท่าที่เป็นไปได้โดย ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงสุดสำหรับการสร้างและการวัด มาตรฐานนี้จะถูกรักษาไว้โดย International Bureau of and Measures ประเทศฝรั่งเศส อย่างไรก็ตามมาตรฐานดังกล่าวนี้ไม่สามารถที่จะใช้ได้ กับผู้ใช้ทั่วไปที่ต้องการจะทำการเปรียบเทียบค่าหรือเพื่อที่จะทำการเปรียบเทียบค่าโดยทั่วไปได้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) มาตรฐานขั้นปฐมภูมิ (Primary Standards)

มาตรฐานขั้นปฐมภูมินี้ อุปกรณ์จะถูกเก็บรักษาไว้โดยองค์กรมาตรฐานหรือที่ห้องทดลองนานาชาติซึ่งอยู่ในแต่ละส่วนของโลก โดยอุปกรณ์นี้จะมีมาตรฐานประจำตัวอยู่และถือว่าอุปกรณ์ดังกล่าวนี้เป็นที่มาของจำนวนที่มีความมาตรฐานต่าง ทำการทดสอบและสามารถที่ถูกปรับเทียบได้โดยอิสระอย่างสมบูรณ์ หน้าที่หลักของมาตรฐานนี้ คือ การรักษามาตรฐานขั้นปฐมภูมิที่ใช้ในการปรับเทียบหรือตรวจสอบและรับรองมาตรฐานขั้นทุติยภูมิมิมีลักษณะเหมือนกับมาตรฐานนานาชาติ คือ ไม่ง่ายนักที่ใช้โดยทั่วไปจะได้ใช้มาตรฐานนี้

3) มาตรฐานขั้นทุติยภูมิ (Secondary Standards)

มาตรฐานขั้นทุติยภูมินี้จะเป็นมาตรฐานพื้นฐานโดยทั่วไปที่ใช้ในการอ้างอิง โดยจะถูกใช้สำหรับการวัดในห้องทดลองทางอุตสาหกรรม มาตรฐานนี้จะถูกรักษาโดยห้องทดลองที่เกี่ยวข้องกับหน้าที่ที่สำคัญของห้องทดลองทางอุตสาหกรรมนั้น คือ การรักษามาตรฐานซึ่งใช้เป็นช่วงในการปรับเทียบ มาตรฐานขั้นทุติยภูมินี้ไว้และถูกนำไปปรับเทียบกับมาตรฐานปฐมภูมิของห้องทดลองหรือองค์กรมาตรฐานนานาชาติเพื่อยืนยันการถูกต้องตามกำหนด มาตรฐานขั้นทุติยภูมินี้สามารถใช้โดยผู้ใช้เครื่องมือทั่วไป ที่จะนำไปตรวจสอบและปรับเทียบมาตรฐานในการทำงาน

4) มาตรฐานในการทำงาน (Working Standards)

มาตรฐานนี้จะมีความแน่นอนสูงในทางพาณิชย์ เช่น ผู้ที่ใช้ส่วนใหญ่นั้นจะใช้มาตรฐานในการทำงานอุตสาหกรรม

2.3.2 การปรับเทียบ

การปรับเทียบนั้นเป็นการกระทำที่ได้ผลที่ถูกต้องของการเปรียบเทียบจำนวน ระหว่างจำนวนที่เราทราบค่ามาตรฐานและเอาต์พุตของระบบการวัดเมื่อวัดจำนวนเดียว กระบวนการในการปรับเทียบเป็นผลจากการกำหนดสเกลของระบบการวัด ถ้าหากว่าผลการตอบสนองของเอาต์พุตและอินพุตของระบบมีค่าเป็นเชิงเส้น เราต้องใช้จุดของค่ามาตรฐานทางด้านอินพุตในการวัดระบบเพื่อปรับเทียบค่าทางด้านเอาต์พุตให้ถูกต้อง

ลำดับขั้นตอนของกระบวนการในการปรับเทียบมีดังนี้

1) การปรับเทียบขั้นปฐมภูมิ (Primary Calibration)

เมื่ออุปกรณ์หรือระบบถูกปรับเทียบในขั้นปฐมภูมิ กระบวนการดังกล่าวก็ถูกจัดอยู่ในทอมของการปรับเทียบขั้นปฐมภูมิ หลังจากปรับเทียบขั้นปฐมภูมิแล้ว อุปกรณ์ดังกล่าวก็จะถูกนำไปใช้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นอุปกรณ์ขั้นทุติยภูมิ ตัวต้านทานแบบมาตรฐานหรือเซลล์มาตรฐานเป็นตัวอย่งการปรับเทียบขั้นปฐมภูมินี้

2) การปรับเทียบขั้นทุติยภูมิ (Secondary Calibration)

เมื่ออุปกรณ์ที่ใช้เปรียบเทียบกับขั้นทุติยภูมิจะถูกใช้ต่อไป ในการปรับเทียบอุปกรณ์อื่นทำให้ความแน่นอนลดน้อยลงไป การปรับเทียบในขั้นทุติยภูมินี้ใช้กันอย่างกว้างขวาง ในการปฏิบัติงานของห้องทดลองทั่วไปในงานอุตสาหกรรม

3) การปรับเทียบโดยตรงเมื่อทราบค่าทางด้านอินพุต

การปรับเทียบโดยตรงเมื่อทราบค่าทางด้านอินพุตมีลักษณะเหมือนความแน่นอนของการปรับเทียบแบบทุติยภูมิ ดังนั้นอุปกรณ์ที่ถูกปรับเทียบโดยตรงจึงใช้เป็นอุปกรณ์ปรับเทียบขั้นทุติยภูมิ

4) การปรับเทียบโดยทางอ้อม (Indirect Calibration)

การปรับเทียบโดยทางอ้อมนั้นเป็นการสมมูลกันระหว่างอุปกรณ์สองตัว ซึ่งใช้ในการวัดจำนวนทางกายภาพที่มีความแน่นอน

5) การปรับเทียบย่อย (Routine Calibration)

การปรับเทียบย่อยเป็นกระบวนการของการตรวจสอบเป็นช่วง โดยจะดูความแน่นอนและความเหมาะสมในการทำงานของเครื่องวัดกับมาตรฐานที่เราทราบ ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ดังนี้

- 5.1) การตรวจสอบด้วยตาเปล่า เพื่อหาข้อบกพร่องทางกายภาพ
- 5.2) ตรวจสอบเครื่องมือชนิดนั้นๆ ว่ามีความเหมาะสมในการติดตั้งหรือไม่ โดยดูตามคู่มือของผู้ผลิต
- 5.3) การปรับค่าสเกลให้อยู่ในค่าศูนย์ (Zero Setting)
- 5.4) การจัดวางระดับของอุปกรณ์ให้ถูกต้อง
- 5.5) ทดสอบการปฏิบัติงานตามคำแนะนำจากผู้ขาย เพื่อตรวจสอบหาข้อบกพร่อง

2.3.3 ความดันและหน่วยวัดความดัน

ความดันเป็นค่าตัวแปรที่สำคัญมากตัวหนึ่งของตัวแปรอื่น ในระบบสามารถวัดได้ในรูปของความดันทั้งสิ้น

ความดัน หมายถึง แรงที่กระทำลงอย่างสม่ำเสมอในแนวตั้งฉากบนพื้นที่ที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้ากระทำให้ F คือ แรงที่กระทำ A คือพื้นที่ที่ถูกกระทำ P คือ ความดันที่เกิดขึ้นจะได้

$$P = \frac{F}{A} \quad (2.1)$$

แรงที่กระทำอาจเกิดจากของเหลว ก๊าซหรือของแข็ง ก็ได้

หน่วยมาตรฐานสากลของความดัน (S.I Units)

แรงที่กระทำมีหน่วยเป็นนิวตัน (Newton) $1 \text{ N} = 1 \text{ kgm/s}^2$ กระทำลงบนพื้นที่ 1 ตารางเมตร ได้ความดันเท่ากับ 1 ปาสคาล

$$1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \quad (2.2)$$

ผู้ที่กำหนดหน่วยความดันนี้ขึ้นมา คือ Blaise Pascal แต่ปาสคาลเป็นหน่วยเล็ก ต่อมา Bar จึงกำหนดหน่วยในทางปฏิบัติขึ้น

$$1 \text{ bar} = 100,000 \text{ Pa} = 10^5 \text{ Pa} \quad (2.3)$$

ค่าความดัน 1 bar นี้จะมีค่าใกล้เคียงกับค่าความดัน 1 บรรยากาศ และ 1 kg/cm^2 มาก ดังนั้น หน่วยความดัน “bar” นี้ต่อไปจะเป็นหน่วยมาตรฐานสากลของทุกประเทศ

ค่าเปรียบเทียบที่มีอยู่เดิม ค่าความดัน โดยประมาณ (Technical Atmosphere)

$$1 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 0.981 \text{ bar} \quad (2.4)$$

ค่าความดันบรรยากาศทางฟิสิกส์ (Physical Atmosphere)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$1 \text{ atm} = 1.01325 \text{ bar} \quad (2.5)$$

หน่วยอังกฤษ

$$1 \text{ psi} = 0.068947 \text{ bar} \quad (2.6)$$

ในรูปความสูงของน้ำและปรอท

$$1 \text{ mH}_2\text{O} = 0.09806 \text{ bar} \quad (2.7)$$

$$1 \text{ inH}_2\text{O} = 0.002489 \text{ bar} \quad (2.8)$$

$$1 \text{ inHg} = 0.034531 \quad (2.9)$$

โดยกำหนดให้ 1 บรรยากาศเท่ากับ 760 mmHg ที่ปรอท 0°C และมีความเร่งที่เกิดจากแรงโน้มถ่วงเท่ากับ 9.80665 m/s²

1 mmHg เท่ากับ ความดันที่เกิดจากความสูงของปรอท 1 mm ที่ปรอท 0°C จะมีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 13.591 g/cm³ และมีความเร่งอันเกิดจากแรงโน้มถ่วง 9.80665 m/s²

1 mmH₂O เท่ากับ ความดันอันเกิดจากความสูงของน้ำ 1 เมตร มีค่าความหนาแน่นคงที่ 1g/cm³ และมีความเร่งอันเกิดจากแรงโน้มถ่วงเท่ากับ 9.80665 m/s²

1) ความดันที่เกิดจากก๊าซ (Pressure of Gases)

โมเลกุลของก๊าซแต่ละตัวจะเปรียบเสมือนลูกบอลเล็กๆ ที่เคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลาในภาชนะปิดระหว่างที่เคลื่อนอยู่นั้น มันจะชนกันเองและชนกับพื้นที่ผิวภายในภาชนะ การเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา การเกิดการปะทะกันเองและปะทะกับพื้นที่ผิวภายในของภาชนะเช่นนี้จะทำให้เกิดความดันขึ้น

ถ้ากำหนดให้

m เป็นมวลของโมเลกุลก๊าซ มีหน่วยเป็น kg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

v เป็นความเร็วเฉลี่ยของการเคลื่อนที่ของ โมเลกุลก๊าซ มีหน่วยเป็น m/s
 n เป็นจำนวนของโมเลกุลก๊าซที่บรรจุอยู่ในภาชนะปริมาตร 1 m^3 จะได้

$$P = \frac{1}{3}nmv^2 \quad (2.10)$$

เมื่อก๊าซได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นทำให้ความเร็วเฉลี่ย ของการเคลื่อนที่ของ โมเลกุลก๊าซจะสูงขึ้น หรือเมื่อก๊าซถูกอัดตัวให้มีปริมาตรเล็กลง ทำให้มีจำนวน โมเลกุลของก๊าซต่อ 1 m^3 สูงขึ้นผลที่ได้ คือ จะทำให้มีความดันสูงขึ้น

2) ความดันที่เกิดจากของเหลว (Pressure of Liquids)

ของเหลวที่มีมวลหนาแน่นกว่าก๊าซมาก ในทางปฏิบัติถือว่าของเหลวเป็นสารที่อัดไม่ลงตัว ถ้าเปรียบเทียบกับก๊าซแล้ว ก๊าซเป็นสารที่อัดลงตัว เมื่อของเหลวถูกบรรจุอยู่ในภาชนะ โมเลกุลของของเหลวก็ทับถมกันลงไปเรื่อยๆ จากบนสู่ล่างทำให้ความดันเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามขนาดความสูงของของเหลวนั้น

ความดันที่เกิดจากของเหลวลักษณะนี้จะเรียกว่า สแตติกเฮด (Static Head) หรืออาจเรียกว่า เฮด (Head)

ถ้ากำหนดให้

P คือ ความดันอันเกิดจากของเหลว มีหน่วยเป็น bar

ρ คือ ความหนาแน่นของของเหลว มีหน่วยเป็น kg/m^3

h คือ ความสูงของของเหลว มีหน่วยเป็น m คือ แรงโน้มถ่วง มีหน่วยเป็น m/s^2

$$P = h\rho g \quad (2.11)$$

ค่าสแตติกเฮดของของเหลวที่มีความสูงเท่ากันนั้นจะ ขึ้นอยู่กับค่าความหนาแน่นของของเหลวปรอทจะทำให้เกิดสแตติกเฮด 13.6 เท่าของน้ำในความสูงที่เท่ากัน

ตามรูปที่ 2.1 เป็นการวัดความดันโดยอาศัยความต่างระดับของของเหลว หากค่าความดันได้จากสูตร

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \Delta h \rho g \quad (2.12)$$

เครื่องวัดแบบนี้เรียกว่ามาโนมิเตอร์ (Manometer) เป็นวิธีการวัดที่เก่าแก่ที่สุดสมัยยุคแรกๆ ของเครื่องจักรไอน้ำก่อนที่จะมีเครื่องวัดเช่นปัจจุบัน



รูปที่ 2.1 ความดันที่เกิดจากของเหลว

3) รูปแบบของความดัน (Types of Pressure)

รูปแบบของความดันแตกต่างกันไปจุดอ้างอิงที่มีค่าเป็นศูนย์ ในทางปฏิบัติงานจะมี 4 แบบ

3.1) ค่าความดันสัมบูรณ์ (Absolute Pressure)

ค่าความดันสัมบูรณ์ที่มีจุดศูนย์อยู่ที่สุญญากาศ ค่าที่กำหนดเป็นความดันสัมบูรณ์จะมีตัวย่อต่อท้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็น “abs” หรือ “a” เช่น bar_{abs} , Psia หรือ kg/cm^2 ค่าความดันสัมบูรณ์นี้เป็นค่าที่ใช้สำหรับการคำนวณเทอร์โมไดนามิก

3.2) ความดันเกจ (Gauge Pressure)

ค่าความดันเกจอ้างอิงค่าศูนย์ที่ความดันบรรยากาศ โดยค่าที่บอกจะเป็นค่าที่สูงกว่าความดันบรรยากาศนี้จะถือที่ระดับน้ำทะเลเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ $1.01325 \text{ bar}_{\text{abs}}$ ถ้าวัดจุด ณ จุดบนพื้นโลกจะแตกต่างกันประมาณ 5% ในทางปฏิบัติถือโดยประมาณว่าเท่ากัน โดยงานส่วนใหญ่ในทางอุตสาหกรรมจะเป็นความดันเกจแทบทั้งสิ้น ค่าที่กำหนดเป็นความดันเกจนี้มีตัวย่อต่อท้ายเป็น g หรือ G

ถ้าเปรียบเทียบค่าความดันสัมบูรณ์กับเกจวัดความดันแล้ว ความดันสัมบูรณ์นั้นมีค่ามากกว่า 1.01325 bar หรือ 14.696 Psi

$$P_{\text{abs}} = P_g + \text{Atmosphere} \quad (2.13)$$

3.3) ความดันดิฟเฟอเรนเชียล (Differential Pressure)

การหาค่าความแตกต่างของความดันระหว่างจุดสองจุด ความดันดิฟเฟอเรนเชียลจะมีค่าความดันที่เป็นศูนย์ที่ค่าความดันทั้งสองจุดที่วัดมีค่าเท่ากัน

ค่าที่กำหนดเป็นความดันที่แตกต่างมีตัวย่อต่อท้ายว่า d หรือ D เช่น $\text{kg/cm}^2_g \text{Psi}$ หรือ bar_g ในบางครั้งเราอาจเขียนย่อว่า ΔP ซึ่งหมายถึง ค่าความดันดิฟเฟอเรนเชียลเช่นเดียวกัน ในการใช้งานตัวกรองน้ำมัน อาจกำหนดเวลาที่ทำความสะอาดของตัวกรอง โดยดูค่าความดันดิฟเฟอเรนเชียลที่หน้าและหลังตัวกรอง ถ้าค่าความดันดิฟเฟอเรนเชียลน้อยลงแสดงว่าตัวกรองนั้นยังสะอาด ถ้าความดันดิฟเฟอเรนเชียลสูงขึ้นแสดงว่าสิ่งสกปรกติดมากแล้ว ชีบอกว่าถึงเวลาแล้วที่ควรเปลี่ยนตัวกรองได้หรือยัง

3.4) Vacuum

อ้างอิงที่จุดความดันบรรยากาศและค่าจะมากขึ้นเมื่อความดันลดลง ค่าจะได้สูงสุดที่จุดศูนย์ของความดันสัมบูรณ์ Vacuum นี้บางทีเรียกว่าความดันลบ นิยมหน่วยเป็นค่าความดันความสูงของของเหลว โดยปกติช่วงระดับการวัด Vacuum แบ่งเป็น 4 ระดับ คือ

1) ระดับกลาง (Medium) ตั้งแต่ $25 \text{ mmHg}_{\text{vac}}$ ถึง $736 \text{ mmHg}_{\text{vac}}$
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2) ระดับค่อนข้างสูง (Medium High) ตั้งแต่ 1 ถึง 10^{-3} torr
- 3) ระดับสูง (High) 10^{-3} ถึง 10^{-7} torr
- 4) ระดับสูงสุด (Ultrahigh) น้อยกว่า 10^{-7} torr

ในช่วงที่เป็น Vacuum สูง หน่วยที่ใช้เรียกจะเป็น torr 1 torr หมายถึง 1mmHg จุดศูนย์อยู่ที่จุดความดันสัมบูรณ์ ซึ่งหน่วยนี้ได้ตั้งขึ้นเพื่อเป็นเกียรติแก่ “Torricelli” เป็นผู้ค้นพบว่าความดัน 1 บรรยากาศมีค่าเท่ากับ 760 mmHg

2.4 อุปกรณ์ตรวจวัดความดัน

เครื่องจักรกลที่ใช้งานอยู่ในงานอุตสาหกรรมปัจจุบันนี้ อาศัยการทำงานจากพลังงานในรูปแบบที่แตกต่างกันออกไป ส่วนใหญ่แล้วเราจะคุ้นเคยกับเครื่องจักรกลที่ทำงานโดยอาศัยพลังงานไฟฟ้า แต่จริงๆ แล้วยังมีเครื่องจักรกลอีกมากที่อาศัยพลังงานจากการไหล (Fluid) เช่น ในระบบนิวเมติกส์ และไฮดรอลิกส์ Webster ได้ให้คำจำกัดความของคำว่า ของไหล คือ สสารชนิดหนึ่งซึ่งจะเปลี่ยนรูปร่างไปตามภาชนะที่บรรจุมันอยู่ เช่น ก๊าซหรือของเหลว ก๊าซนั้นอาจขยายตัวเพื่อให้เต็มพื้นที่ของภาชนะที่บรรจุอยู่หรือถูกกดดันลงไปก็ได้ สำหรับของเหลวโมเลกุลจะยึดติดแน่นกว่า ก๊าซและจะไม่ขยายตัวหรือหดตัว เครื่องจักรนิวเมติกส์จะทำงาน โดยความดันก๊าซหรือลม ส่วนเครื่องจักรไฮดรอลิกนั้นทำงานโดยอาศัยความดันของของเหลวจากปั๊ม ดังนั้นจะเห็นว่าความดันนั้นเป็นค่าตัวแปรที่สำคัญมากอีกตัวหนึ่งในกระบวนการทางอุตสาหกรรมไม่ว่าจะเป็นเครื่องจักรกลหรือระบบกระบวนการอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับของไหล

2.4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดความดัน

อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวัดความดันที่มีอยู่หลายประเภทด้วยกัน ซึ่งในแต่ละประเภทก็มีลักษณะการใช้งานรวมทั้งมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกันออกไป แบบที่ง่ายและธรรมดาที่สุดคือ มาโนมิเตอร์

2.4.2 มาโนมิเตอร์ (Manometer)

มาโนมิเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่สามารถวัดความดันได้โดยตรงและยังเป็นเครื่องมือวัดความดันที่เกิดขึ้นชนิดแรก หลักการของมาโนมิเตอร์จะอาศัยความสมดุลของแรงโน้มถ่วง (Gravity Balance) โดยให้ความดันแตกต่างมีค่าเท่ากับความสูงแตกต่างของของเหลวในท่อแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาโนมิเตอร์แบบท่อเดี่ยว (Single Tube Manometer)

มาโนมิเตอร์แบบท่อเดี่ยวดัดแปลงมาจากมาโนมิเตอร์รูปตัว U เพื่อให้สะดวกในการอ่านค่า โดยให้พื้นที่หน้าตัดด้านบนของหลอดแก้วข้างหนึ่งใหญ่กว่าอีกด้านหนึ่งมาก ๆ

ความถูกต้องในการวัดด้วยวิธีนี้ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของ $\frac{a}{A}$ ยิ่งมีค่าน้อยเท่าใดความถูกต้องก็จะมากขึ้นเท่านั้น

หลักการเมื่อป้อนความดันเข้าสู่กระเปาะจะทำให้ปริมาตรของของเหลวที่ลดลงในกระเปาะ เท่ากับปริมาตรของของเหลวที่สูงขึ้นในหลอดแก้ว

กำหนดให้

A เป็นพื้นที่หน้าตัดของกระเปาะ

h_1 เป็นความสูงเปลี่ยนแปลงในกระเปาะเมื่อป้อนความดัน P_1 เข้าสู่กระเปาะ

a เป็นพื้นที่หน้าตัดของท่อแก้วด้านวัด

h_2 เป็นระยะความสูงเปลี่ยนแปลง

P_2 เป็นความดันที่มีอยู่ปกติของท่อแก้วด้านวัด

จากหลักการข้างต้นจะได้

$$A \cdot h_1 = a \cdot h_2 \quad (2.14)$$

$$h_1 = h_2 \frac{a}{A} \quad (2.15)$$

$$P_1 = P_2 + \rho g (h_1 + h_2) \quad (2.16)$$

แทนค่า h_1 จะได้

$$P_1 = P_2 + \rho \cdot g \left(h_2 \frac{a}{A} + h_2 \right) \quad (2.17)$$

$$P_1 - P_2 = \rho \cdot g \cdot h_2 \left(1 + \frac{a}{A} \right) \quad (2.18)$$

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot h_2 \left(1 + \frac{a}{A} \right) \quad (2.19)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจาก $a \ll A$ จึงประมาณว่า $\frac{a}{A} = 0$ ผลต่างของความสูงจึงเท่ากับ h_2 ความถูกต้องขึ้นอยู่กับอัตราส่วน $\frac{a}{A}$ นี้ มาโนมิเตอร์แบบนี้นิยมใช้กันเพราะสามารถอ่านค่าสะดวกมากกว่าแบบมาโนมิเตอร์รูปตัว U

1) ข้อดีของมาโนมิเตอร์

1.1) เหมาะสำหรับวัดค่าความดันต่ำๆ จาก 1–2 mmH₂O ไปจนถึง 1 bar สามารถใช้วัด Vacuum หรือความดันดิฟเฟอเรนเชียลค่าความดันต่ำๆ ได้ดี

1.2) ให้ความเที่ยงตรงและความไวในการวัดสูง

1.3) สามารถเลือกของเหลวที่มีความหนาแน่นต่างๆ กันได้มาก

1.4) เป็นแบบที่มีโครงสร้างง่ายที่สุด ราคาถูก สามารถทำขึ้นใช้เองได้

2) ข้อด้อยของมาโนมิเตอร์

2.1) ไม่มีอุปกรณ์ป้องกัน เมื่อเกิดความดันเกินขนาด

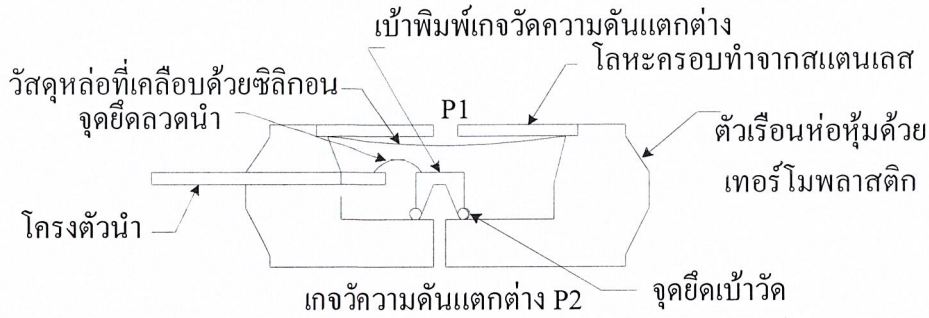
2.2) วัดความดันในย่านต่ำๆ เท่านั้น

2.3) อาจเกิดปฏิกิริยาทางเคมีหรือเกิดการระเหยตัว กลั่นตัว ถ้าเลือกของเหลวที่ใช้เติมไม่ถูก

2.4) ต้องปรับระดับก่อนการใช้งานทุกครั้ง

2.5 หลักการทำงานของ MPX 10

หลักการทำงานของ MPX 10 จะพบว่า MPX 10 จะมีรูที่ปล่อยความดันลมสองด้าน คือ ด้านความดัน P_1 และด้านสูญญากาศ ด้านความดัน P_1 เป็นด้านที่บรรจุซิลิโคนเจลใช้เป็นตัวป้องกันการตายด้าน (Surface Die) จากสิ่งต่างๆ เกจซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเซ็นเซอร์ความดันแตกต่างที่เป็นบวกกล่าวคือให้ $P_1 > P_2$ ส่วนตัวเซ็นเซอร์ที่วัดค่าสัมบูรณ์จะถูกออกแบบให้ใช้สำหรับต่อสูญญากาศเข้าทางด้าน P_1



รูปที่ 2.2 ภาคตัดขวางของ MPX 10

2.6 การปรับเทียบ MPX 10 กับมาโนมิเตอร์

ในการปรับเทียบระหว่าง MPX 10 และตัวมาโนมิเตอร์จะต้องมีตัวที่เป็นมาตรฐานอยู่ 1 ตัว สำหรับ MPX 10 และมาโนมิเตอร์ ใช้ตัว MPX 10 เป็นตัวมาตรฐานและมาโนมิเตอร์เป็นตัวที่ถูกปรับเทียบ ตัว MPX 10 จะให้ค่าออกมาเป็น mV ส่วนตัวของมาโนมิเตอร์จะอ่านค่าได้จากสเกลที่ติดอยู่กับตัวมาโนมิเตอร์เอง มีหน่วยเป็น mmH₂O โดยการปรับเทียบต้องทำการปรับทางด้าน Zero และ Span ก่อน จากนั้นก็เริ่มทำการปรับเทียบที่จุดอื่นไป เช่น ที่ตัว MPX 10 ให้ค่าตั้งแต่ 0-5V และส่วนตัวมาโนมิเตอร์กำหนดที่ 100-500 mmH₂O โดยที่จะเริ่มจากการปรับ Zero ระหว่าง 0V และ 0 mmH₂O ที่มาโนมิเตอร์ ปรับ Span ระหว่าง 5V และ 500 mmH₂O ต่อจากนั้นก็เริ่มที่จุดแรก คือ 1V ที่ MPX 10 และ 100 mmH₂O อย่างที่ทราบแล้วว่าตัว MPX 10 เป็นตัวมาตรฐาน ถ้า MPX 10 ได้ค่า 1V แล้ว แต่ค่าที่มาโนมิเตอร์ยังไม่ได้หรือเกิน 100 mmH₂O ต้องทำการปรับระดับของมาโนมิเตอร์โดยการเติมน้ำหรือดูดน้ำออกให้ได้ 100 mmH₂O พอดี ทำเหมือนกันทุกจุด เมื่อถึงจุดสุดท้ายก็ทำเหมือนกันและให้ทำจากจุดสุดท้ายลงมาอีก 1 ครั้งและทำจากจุดแรกขึ้นไปอีก 1 ครั้ง เพื่อให้ได้ความแม่นยำและแน่นอน

2.7 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ปัจจุบัน ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้เข้ามามีบทบาทกับการควบคุมในงานอุตสาหกรรม การพัฒนาอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำอย่างต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 เป็นชิพ (Chip) ที่นิยมมากตัวหนึ่งที่ใช้ในงานควบคุมเนื่องจากความสามารถที่สูงและง่ายต่อการใช้งาน ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับผู้ใช้งานที่จะมีวิธีการอย่างไรในการดึงความสามารถของชิพมาใช้เต็มที่เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

พอร์ตอินพุตและพอร์ตเอาต์พุต

พอร์ต หมายถึง แอดเดรสหนึ่งที่ได้รับกำหนดไว้ เพื่อให้เป็นการโอนย้ายข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ภายนอก การกำหนดประเภทของการติดต่อขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของข้อมูลเมื่อพิจารณาจาก ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหลัก ดังนั้นการนำเข้าข้อมูลจากภายนอกจึงเรียกว่าการอินพุต ในกรณีตรงกันข้ามเพื่อส่งออกข้อมูลจะเรียกว่าการเอาต์พุต เมื่อพิจารณาถึงวิธีการส่งข้อมูลภายในพอร์ตสามารถที่จะแยกประเภทของพอร์ตออกได้เป็นสองลักษณะ คือ พอร์ตแบบขนาน (Parallel Port) ซึ่งจะทำการส่งจำนวนบิตข้อมูลทั้งหมดออกมาหรือนำเข้าไปพร้อมกันในคราวเดียวและพอร์ตแบบอนุกรม (Serial Port) ซึ่งทำการโอนย้ายข้อมูลคราวละบิตจนครบจำนวน

1) พอร์ตอนุกรมของ 8051

พอร์ตแบบอนุกรมที่มีอยู่ในตัวชิพ 8051 ในไมโครโปรเซสเซอร์ทั่วไป การเพิ่มพอร์ตอนุกรมจะต้องเพิ่ม UART และวงจรควบคุมไอซีที่สนับสนุนการเชื่อมต่อแบบอนุกรม ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้มีความซับซ้อนและมีราคาค่อนข้างสูง

การเชื่อมต่อแบบอนุกรมของ 8051 นั้นเป็นแบบ Full Duplex ซึ่งหมายความว่าสามารถทำการรับและส่งข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน การเชื่อมต่อแบบอนุกรมนี้จะมีการพักข้อมูลที่รับเข้ามา ซึ่งหมายความว่าก่อนที่ข้อมูลชิ้นแรกจะถูกส่งไปยังไมโครโปรเซสเซอร์ พอร์ตอนุกรมสามารถรับข้อมูลอนุกรมชิ้นที่สองได้ อย่างไรก็ตามข้อมูลชิ้นแรกจะต้องถูกส่งไปยังไมโครโปรเซสเซอร์ก่อนที่ข้อมูลชิ้นที่สองที่รับเข้ามาจะถูกนำไปเก็บในแคชข้อมูล มิฉะนั้นข้อมูลชิ้นแรกที่อยู่ใต้นั้นจะถูกเขียนทับ

การเชื่อมต่อแบบอนุกรมนี้มีการใช้รีจิสเตอร์ 2 ตัว ที่ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลนั้นติดต่อกับรีจิสเตอร์ทั้งสองตัวนี้ได้โดยการอ้างอิงรีจิสเตอร์พิเศษตัวหนึ่งที่มีชื่อว่า SBUF ถ้าทำการเขียนข้อมูลลงบน SBUF แสดงว่าเราได้เขียนข้อมูลลงรีจิสเตอร์ส่งข้อมูล แต่ถ้าทำการอ่านข้อมูลจาก SBUF แสดงว่าอ่านข้อมูลที่อยู่ในรีจิสเตอร์รับข้อมูล เห็นได้ว่ารีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลทั้งสองนี้มีค่าแอดเดรสค่าเดียวกัน

รีจิสเตอร์ควบคุมพอร์ตอนุกรม จะเก็บข้อมูลที่ควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SM1	SM2	SM3	REN	TB8	RB8	TI	RI
-----	-----	-----	-----	-----	-----	----	----

รูปที่ 2.3 รีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรม

โหมดการทำงาน

SM0 SCON.7 : กำหนดโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรม

SM1 SCON.6 : กำหนดโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรม

SM2 SCON.5 : บิตนี้จะถูกนำมาใช้ในการสื่อสารระหว่างไมโครโปรเซสเซอร์หลายตัวในโหมดการทำงานที่ 2 และ 3 สำหรับในโหมด 2 หรือโหมด 3 นี้ถ้าบิต SM2 มีค่าเป็น 1 บิต RI จะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง หากค่าในบิตที่ 9 ที่รับเข้ามามีค่าเป็น 0 สำหรับในโหมด 1 ถ้าบิต SM2 มีค่าเป็น 1 บิต RI ไม่เปลี่ยนแปลงถ้าเกิดการรับบิตสตอปผิด สำหรับในโหมด 0 บิต SM2 จะมีค่าเป็น 0

REN SCON.4 : บิตนี้จะถูกเซตหรือเคลียร์โดยโปรแกรมเพื่อทำการรับหรือไม่รับข้อมูล

TB8 SCON.3 : บิตที่ 9 ในข้อมูลอนุกรมที่จะถูกส่งไป

RB8 SCON.2 : บิตนี้จะมีค่าเท่ากับบิตที่ 9 ในข้อมูลอนุกรมที่รับเข้ามาในโหมดที่ 2 และโหมดที่ 3 สำหรับในโหมดที่ 1 ถ้าบิต SM2 มีค่าเป็น 0 บิต RB8 จะมีค่าเท่ากับค่าในบิตสตอปของข้อมูลที่รับเข้ามา สำหรับในโหมด 0 บิต RB8 จะไม่ถูกนำมาใช้งาน

TI SCON.1 : แฟลททรานสมิทอินเตอร์รัพท์จะถูกเซตโดยฮาร์ดแวร์ หลังจากได้มีการเลื่อนข้อมูลขนาด 8 บิตออกในโหมด 0 หรือเมื่อได้ทำการส่งข้อมูลจนพบบิตสตอปในโหมดอื่น หลังการส่งข้อมูลแบบอนุกรมค่าในบิตนี้จะถูกเคลียร์โดยซอฟต์แวร์

RI SCON.0 : แฟลทรีซีฟเวอร์อินเตอร์รัพท์ จะถูกเซตโดยฮาร์ดแวร์ หลังจากได้มีการเลื่อนข้อมูลขนาด 8 บิตเข้ามาในโหมด 0 หรือที่จุดครึ่งทางของช่องบิตสตอปในโหมดอื่น หลังการรับข้อมูลแบบอนุกรมค่าในบิตนี้จะถูกเคลียร์โดยซอฟต์แวร์

2) รีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรม

บิต SM0 และ SM1 จะใช้ในการกำหนดโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรม ซึ่งมีทั้งหมด 4 โหมดคือ โหมด 0,1,2 และ 3 ต่อไปเราจะกล่าวถึงการทำงานของพอร์ตอนุกรมในแต่ละโหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมด 0 พอร์ตอนุกรมจะเป็นเหมือนรีจิสเตอร์ที่เลื่อนค่าได้ ซึ่งจะเลื่อนค่าตามสัญญาณนาฬิกาที่มีอัตราความถี่เท่ากับ $1/12$ ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ใน 8051 สัญญาณนาฬิกานี้เป็นตัวกำหนดอัตราความเร็วในการเคลื่อนย้ายข้อมูลแบบอนุกรมที่เรียกว่า อัตราบอด (Baud Rate)

โหมดที่ 1 พอร์ตอนุกรมจะรับและส่งข้อมูลขนาด 10 บิต ซึ่งข้อมูลขนาด 10 บิตนี้ประกอบด้วยบิตสตาร์ท บิตข้อมูลขนาด 8 บิตและบิตสตอป 1 บิต ในโหมดการทำงานนี้ ไทมเมอร์ตัวหนึ่งใน 8051 จะถูกนำมาใช้กำหนดอัตราเร็วในการเคลื่อนย้ายข้อมูลของพอร์ตอนุกรม

โหมดที่ 2 พอร์ตอนุกรมจะทำการรับและส่งข้อมูลที่ละ 11 บิต ซึ่งข้อมูลขนาด 11 บิตประกอบด้วยข้อมูลขนาด 8 บิต บิตที่ 9 เป็นบิตที่สามารถกำหนดค่าได้ บิตสตาร์ทและบิตสตอปโดยบิตที่ 9 นี้จะมีค่าตรงกับบิต TB8 ของรีจิสเตอร์ควบคุมพอร์ตแบบอนุกรม ในโหมดการทำงานนี้สามารถเลือกอัตราบอด ให้มีค่าเท่ากับ $1/32$ หรือ $1/64$ ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ใน 8051 ได้

โหมดที่ 3 จะทำการรับและส่งข้อมูลที่ละ 11 บิตและมีบิตที่ 9 ที่กำหนดค่าได้ โดยบิตนี้จะมีค่าตรงกับบิต RB8 ในรีจิสเตอร์ควบคุมพอร์ตแบบอนุกรม โหมดที่ 3 จะทำหน้าที่เช่นเดียวกับโหมดที่ 2 ยกเว้นแต่ว่าอัตราเร็วในการเคลื่อนย้ายข้อมูลสามารถเปลี่ยนแปลงได้

ตารางที่ 2.1 รีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรม

SMO	SM1	โหมดการทำงาน ของพอร์ตอนุกรม	รายละเอียด	อัตราบอด
0	0	0	รีจิสเตอร์ที่เลื่อนค่าได้	ความถี่ออสซิลเลเตอร์ / 12 เปลี่ยนแปลงได้
0	1	1	UART ขนาด 8 บิต	ความถี่ออสซิลเลเตอร์ / 64
1	0	2	UART ขนาด 9 บิต	ความถี่ออสซิลเลเตอร์ / 32
1	1	3	UART ขนาด 9 บิต	เปลี่ยนแปลงได้

3) การเชื่อมต่อกับจอแสดงผลตัวเลขเจ็ดส่วน

จอแสดงผลตัวเลขเจ็ดส่วน ประกอบด้วย LED ต่อกันเป็นรูปเลข 8 มีขาคอมมอน 1 ขา มีทั้งคอมมอนแคโทดและคอมมอนแอนโนด ขาของ LED แต่ละตัว ซึ่งในตัวรูปเป็นคอมมอนแคโทด ถ้ามีการใช้มากกว่า 1 อัน ต้องใช้วิธีการสแกนด้วยความถี่สูงจนการมองเห็นของมนุษย์ไม่สามารถับ
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้มากกว่า 1 อัน ต้องใช้วิธีการสแกนด้วยความถี่สูงจนการมองเห็นของมนุษย์ไม่สามารถจับการกระพริบได้ อัตราการกวาดในแต่ละครั้งจะหน่วงไว้ 10 ms หรือมากกว่าและค่าจะถูกหารด้วยจำนวนที่แสดงผล เพื่อหาช่วงเวลาที่ใช้ทำให้หลอดสว่างของแต่ละอันจะใช้ตัวแสดงตัวเลขเจ็ดส่วน 4 อัน โดยแต่ละขาจะถูกต่อกับพอร์ต 1 และขาคอมมอนแคโอดของแต่ละอันจะถูกนำมาต่อกับพอร์ต 3.2 ถึง 3.5 ซึ่งแต่ละขาคือจะสว่างขึ้นก็ต่อเมื่อขาของขิตนั้น ได้สัญญาณเป็น High "1" และคอมมอนแคโอดเป็น Low "0" ทรานซิสเตอร์จะถูกใช้ในการขับกระแสให้เพียงพอกับ LED มีค่าประมาณ 10 mA/ขิต หรือ 70 mA/อัน ซึ่งค่านี้เป็นค่าเฉลี่ยแต่ค่าสูงสุดจริงๆ นั้นจะมีค่าประมาณ 4 เท่า สำหรับการกำหนดให้สว่างเป็นเวลา 215 ms ในโปรแกรมจะถูกอินเทอร์รัพท์จาก T0 โปรแกรมการอินเทอร์รัพท์นี้ทำให้เกิดการเลือกขาแคโอดที่จะทำการแลตซ์จากพอร์ต 3 โปรแกรมหลักที่ใช้ในการค้นตารางเพื่อแสดงแปลงค่าฐาน 16 ไปเป็นข้อมูลที่จะแสดงที่ตัวแสดงผลตัวเลขเจ็ดส่วน โปรแกรมรูปแบบที่แสดงที่ตัวแสดงผลทั้ง 4 อันจะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำที่ชี้โดย CH1 ถึง CH4 พอร์ต 1 จะค้างสถานะต่างๆ เอาไว้ ค่าของบิตในไบต์ต่ำของ CH ของพอร์ต 3 จะค้างสถานะของแอนดเอาไว้และจากค่าในไบต์สูงของ CHx ค่าของไทมเมอร์ T0 จะหน่วงเวลา ไว้ 2.5 ms ซึ่งเป็นช่วงเวลาระหว่างที่การแสดงผลของตัวเลขเจ็ดส่วน แต่ละอัน โปรแกรมหลักที่ใช้ในการค้นตารางเพื่อแปลงข้อมูลเป็นเลขฐาน 16 ให้เป็นรูปแบบที่จะถูกนำมาแสดงบนจอแสดงผลและ R0 ในตำแหน่งที่ 1 ถูกใช้เพื่อบ่งชี้รูปแบบที่จะแสดงบนจอแสดงผล ข้อสังเกต การใช้เบงค์ที่ 1 ของหน่วยความจำ สำหรับการอินเทอร์รัพท์ที่ขึ้น สำหรับการ Push และ Pop เบงค์ที่ 1 จะถูกใช้ในการกระทำข้อมูลบนรีจิสเตอร์เบงค์ 0 สังเกตได้ว่าสถานะขณะรีเซต ตัวชี้ R0 ของเบงค์ 1 สามารถเปลี่ยนตำแหน่งไปที่อื่นก็ได้และความเข้มของตัวจอแสดงผลก็สามารถปรับได้โดยค่า T0

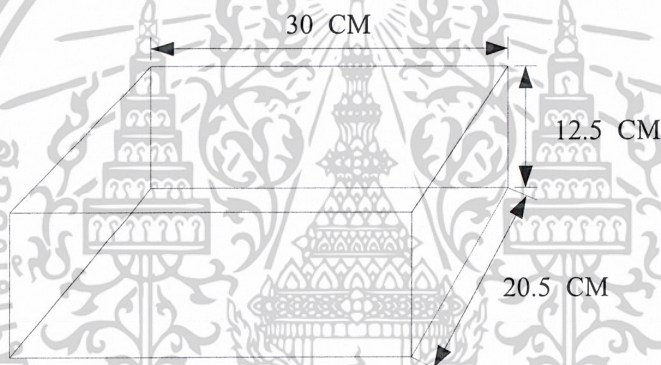
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

3.1 การออกแบบ และการสร้างตัวชุดทดลอง

ลักษณะ โครงสร้างของชุดทดลองนี้ใช้กล่องเอนกประสงค์โครงซึ่งขนาดของโครงเครื่องปรับเทียบความดันมีขนาดดังรูปที่ 3.1 จากนั้นกำหนดการวางรูปแบบและตำแหน่งของส่วนประกอบของอุปกรณ์ต่างๆ เมื่อ ได้รูปแบบตามต้องการแล้วจึงนำอุปกรณ์ต่างๆ มาวางตามที่กำหนดไว้แล้วทำการต่อสายไฟและสายสัญญาณต่างๆ เข้าด้วยกัน

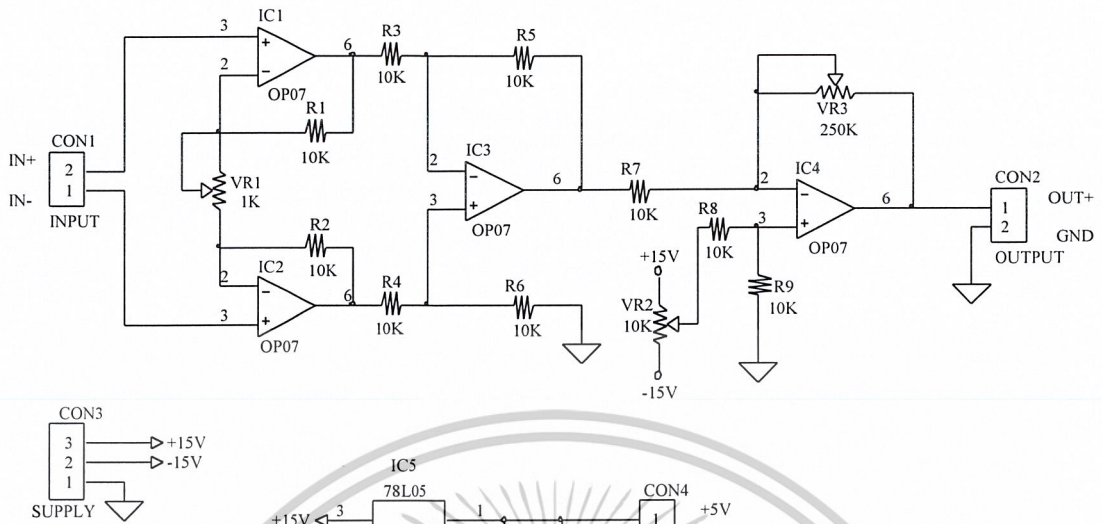


รูปที่ 3.1 ขนาดของ โครงสร้างเครื่องปรับเทียบความดัน

3.2 การออกแบบและการทำงานของวงจรขยายสัญญาณ

เนื่องจากแรงดันที่ได้จากตัว MPX 10 มีค่าน้อยมากอยู่ในช่วง 20-50 mV ดังนั้นจึงต้องมีการขยายสัญญาณมาตรฐานของการวัด คือ 0-5V จากนั้นจึงส่งสัญญาณไปให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลและแสดงค่าออกมาทางจอแสดงผลตัวเลขเจ็ดส่วน

ในการออกแบบวงจรขยายสัญญาณในเครื่องปรับเทียบความดันนี้จะใช้ออปแอมป์เบอร์ OP07 จะทำหน้าที่ในการขยายสัญญาณ ตามแบบวงจรดังรูปที่ 3.2 ซึ่งอัตราขยายของวงจรมีค่าเท่ากับ 1000 เท่าและได้แรงดันเอาต์พุต 0-5 V เพื่อต่อเข้ากับอินพุตของวงจรของ MPX 10 และวงจรควบคุมการแสดงผลต่อไป

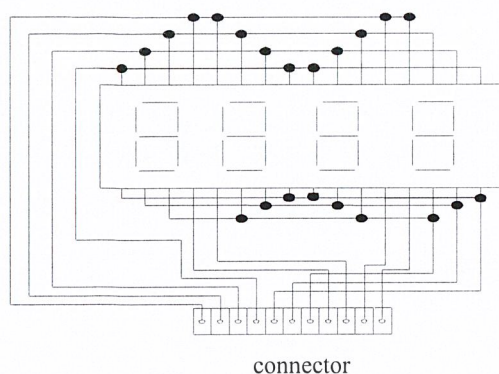


รูปที่ 3.2 วงจรขยายสัญญาณ

3.3 การออกแบบและการทำงานของวงจรแสดงผล

การออกแบบวงจรแสดงผลนั้นจะแยกส่วนของการแสดงผลไว้คนละส่วนกับวงจรควบคุม การแสดงผลเพื่อให้่ายต่อการติดตั้ง ในส่วนของการควบคุมวงจรแสดงผลนั้นอยู่ในวงจรควบคุม โชลินอยด์วาล์วและควบคุมการแสดงผล ส่วนไอซีที่ใช้เบอร์ ADC0804 จะรับค่าแรงดันมาตรฐาน 0-5V จากการขยายสัญญาณที่ได้รับจากวงจรขยายสัญญาณ โดยจะต้องวงจรดังรูปที่ 3.4 เพื่อที่จะส่งให้วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลและแสดงค่าออกมาทางจอแสดงผลตัวเลขเจ็ดส่วน

การทำงานของวงจรแสดงผล เมื่อไอซีเบอร์ ADC0804 รับค่าแรงดันมาตรฐานจากนั้นจะเปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล ไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C51 จะนำสัญญาณที่ได้ส่งไปประมวลผลและส่งค่าออกมาทางจอแสดงผลตัวเลขเจ็ดส่วน

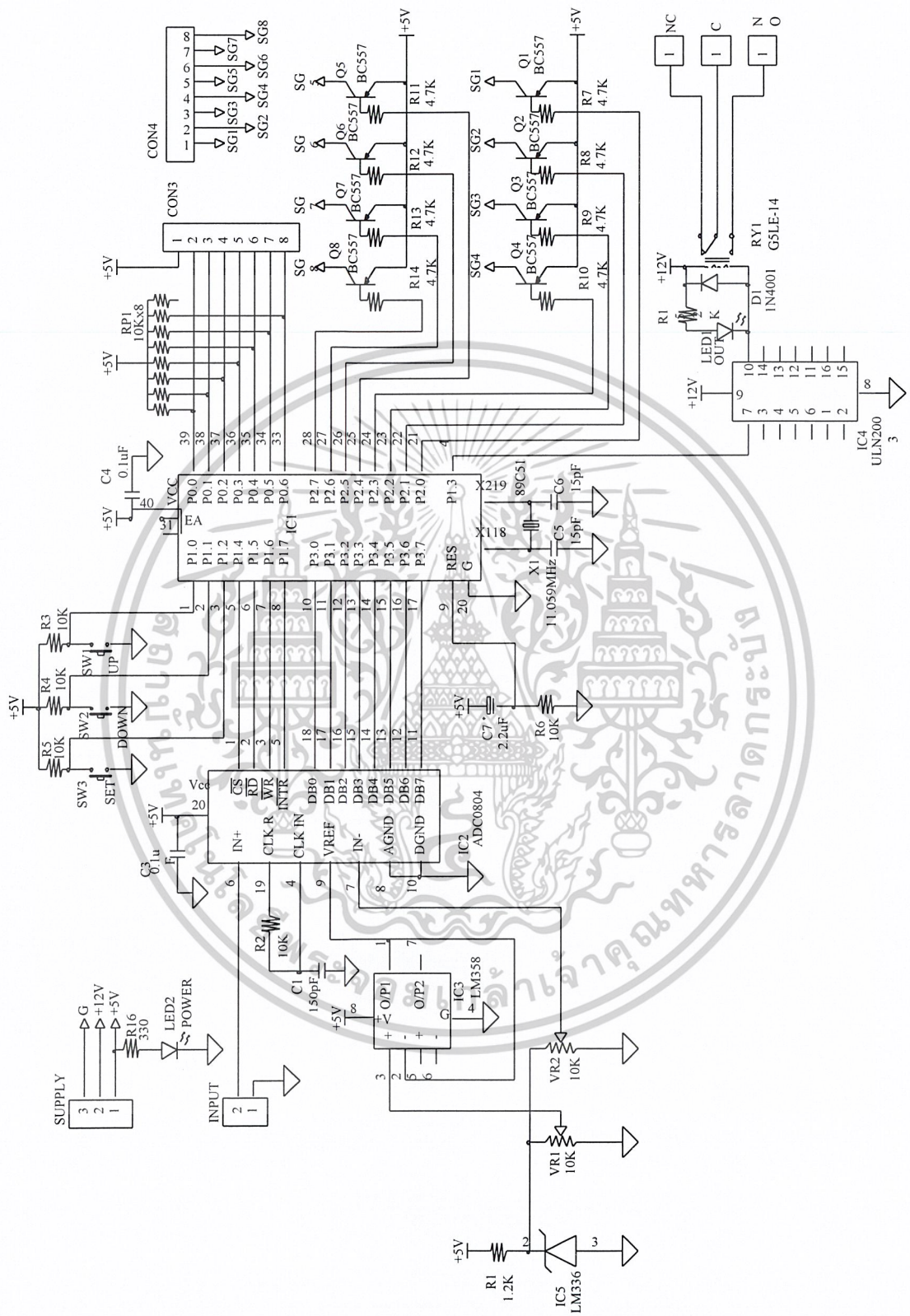


รูปที่ 3.3 วงจรแสดงผล

3.4 การออกแบบและการทำงานของวงจรควบคุมโซลินอยด์วาล์ว

การออกแบบวงจรควบคุมโซลินอยด์วาล์วนั้นจะใช้สวิทช์ 3 ตัว ต่อวงจรดังรูปที่ 3.4 โดยมีสวิทช์ Up เป็นตัวรับความดันที่ป้อนเข้าควบคุมโซลินอยด์วาล์วที่ใช้เปิด-ปิด เพื่อจะรับค่าความดันที่ต้องการทดสอบเข้ามา ส่วนสวิทช์ Down นั้นเป็นตัวควบคุมโซลินอยด์วาล์วที่ใช้เปิด-ปิดเพื่อระบายลมทิ้ง เมื่อทำงานทดสอบย่านวัดนั้นแล้ว

การทำงานของวงจรควบคุมโซลินอยด์วาล์ว เมื่อเปิดเครื่องปรับเทียบความดันโซลินอยด์ก็ให้นำความดันเข้าที่ Blow Solinoid จะเปิดเพื่อรับค่าความดันที่ต้องการ เมื่อปรับค่าความดันได้ตามที่ต้องการแล้ว จากนั้นกดสวิทช์ Up เพื่อทดสอบความดัน เพื่อปิดโซลินอยด์วาล์วนำความดันเข้าเมื่อทำการบันทึกค่าความดันเรียบร้อยแล้วและต้องการวัดในย่านวัดต่อไปก็กดสวิทช์ระบายลมทิ้งสวิทช์ Down ต่อจากนั้นโซลินอยด์จะเปิดเพื่อระบายลมทิ้ง จากนั้นจะต่อวงจรเพื่อเปิดโซลินอยด์วาล์วนำความดันเข้า Blow Solinoid เพื่อรับค่าความดันตามที่ต้องการทดสอบในย่านวัดอื่นๆ ต่อไป



รูปที่ 3.4 วงจรควบคุมโซลินอยด์ตัวลั่วและควบคุมการแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การออกแบบโปรแกรมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

การออกแบบโปรแกรมเป็นไปตามรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 การออกแบบโปรแกรมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

เครื่องปรับเทียบความดันที่ออกแบบและสร้างขึ้นนั้นสามารถใช้เป็นเครื่องต้นแบบในการปรับเทียบความดันของอุปกรณ์วัดความดันให้ได้มาตรฐาน ซึ่งในการทำงานนั้นจะแบ่งออกเป็น 2 โหมด คือ ในโหมดของ Manual และในโหมดของ Automatic ในบทนี้จะได้กล่าวถึงจะเป็นการทดสอบการทำงานของเครื่องปรับเทียบความดัน โดยจะทำการทดสอบการปรับเทียบในย่านต่างๆ การขยายสัญญาณและการแสดงผล

4.1 ผลการทดลองตัวตรวจวัดความดัน

เมื่อป้อนความดันให้แก่ตัวตรวจวัดความดัน MPX 10 ในย่านการวัด 0-500 mmH₂O ได้ผลการทดลองตามตารางที่ 4.1

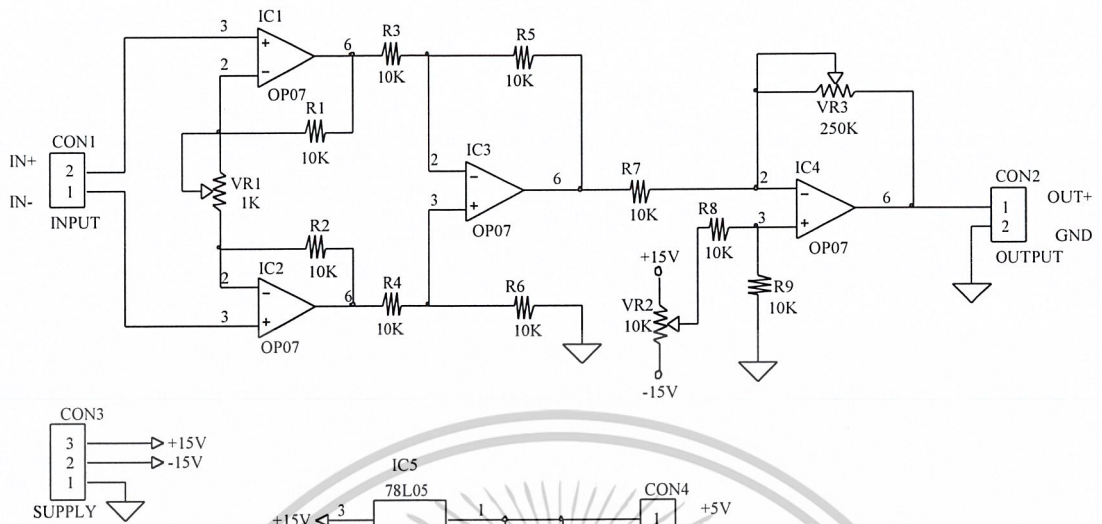
ตารางที่ 4.1 การทดลองตัวตรวจวัดความดัน

ย่านการวัด (mmH ₂ O)	ค่าแรงดันไฟฟ้า (mV)
0	20
100	26
200	32
300	38
400	44
500	50

4.2 ผลการทดลองวงจขยายสัญญาณ

ต่อวงจรดังรูปที่ 4.1 โดยนำค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากตัวตรวจวัดความดันเป็นแรงดันอินพุต(V_i) ของวงจขยายสัญญาณ จะได้ผลการทดลองตามตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 วงจรขยายสัญญาณ

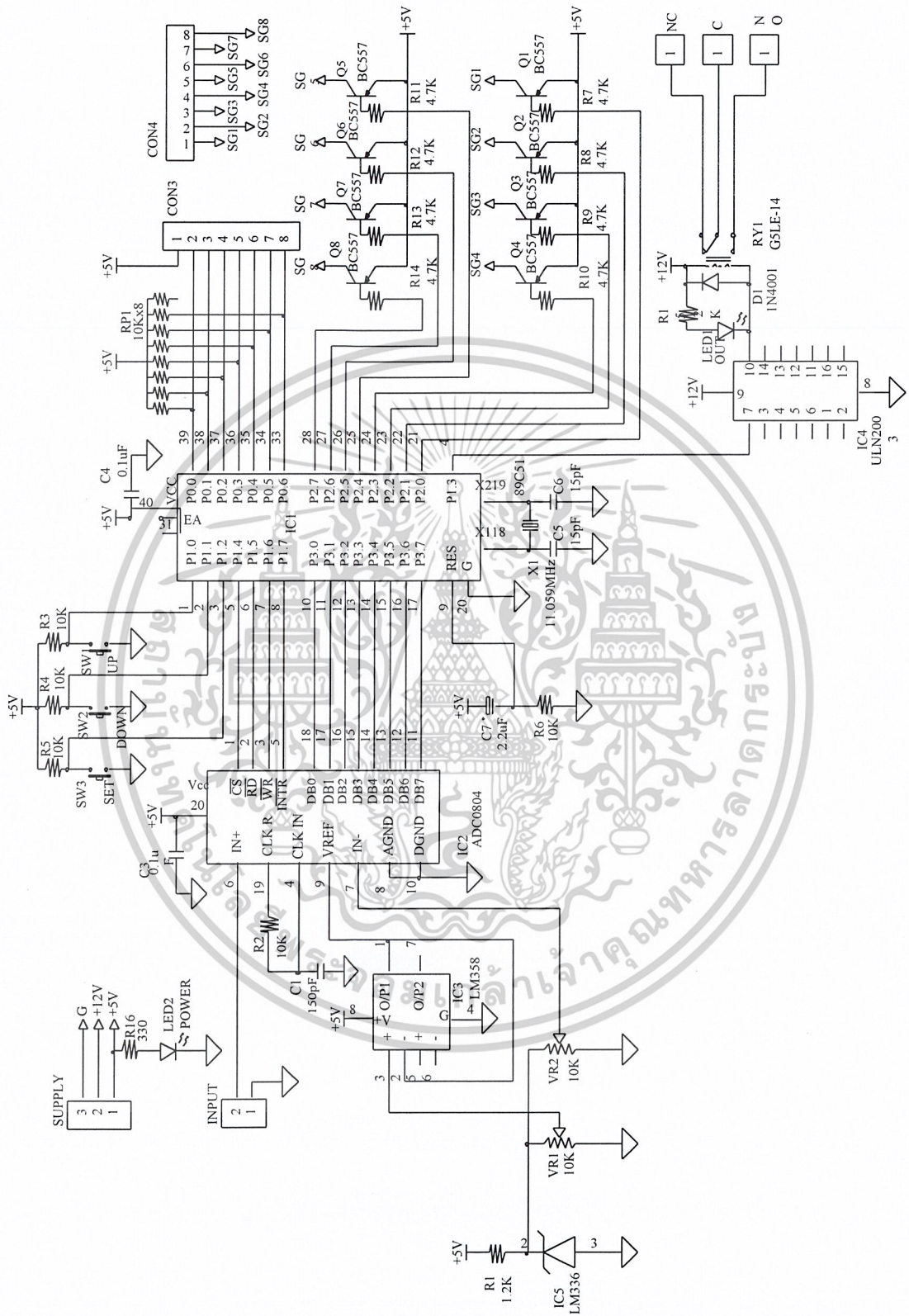
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองวงจรขยายสัญญาณ

ค่าแรงดันอินพุต (mV)	ค่าแรงดันเอาต์พุต (V)
20	0
26	1.04
35.22	2.09
44.38	2.93
44	4.01
50	5

4.3 ผลการทดลองวงจรแสดงผล

เมื่อทำการป้อนค่าแรงดันเอาต์พุต (Vo) ที่ได้จากวงจรขยายสัญญาณเป็นค่าแรงดันอินพุต (Vi) ของวงจรแสดงผล ดังรูปที่ 4.2 จะได้ค่าแรงดันนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 วงจรควบคุมการแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองวงจรแสดงผล

ค่าแรงดันอินพุต (V)	ค่าการแสดงผล (mmH ₂ O)
0	0
1.04	100
2.09	200
2.93	300
4.01	400
5	500



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุป

5.1 บทสรุป

ในการจัดทำเครื่องเปรียบเทียบความดันนั้นเน้นในการทำการเปรียบเทียบอุปกรณ์วัดความดันให้ได้ค่าที่เป็นมาตรฐานกลับไปใช้งานได้อีกครั้ง ในการจัดทำเครื่องเปรียบเทียบความดันที่สร้างขึ้นนี้มีแผนการดำเนินงานรวม 5 เดือน เริ่มจากการกำหนดเนื้อหา ขอบเขตของหัวข้อเรื่องและวัตถุประสงค์ซึ่งพิจารณาตามหลักสูตรของของ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ในการออกแบบส่วนประกอบต่างๆ และจัดสร้างตัวเครื่องเปรียบเทียบความดัน ซึ่งแต่ส่วนนั้นจะประกอบด้วย โครงสร้างของเครื่องเปรียบเทียบความดัน วงจรขยาย วงจรแสดงผล และวงจรควบคุม ไมโครคอนโทรลเลอร์

จากการทดสอบการทำงานของส่วนต่างๆ และผลการทดลองของวงจรต่างๆ ผลที่ได้พบว่าสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องและค่าสัญญาณที่วัดได้มีความใกล้เคียงกับความเป็นจริงมาก

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

จากการดำเนินการสร้างและทดสอบ โครงการพบว่ามีปัญหาเกิดขึ้นหลายประการดังนี้

1. ปัญหา การออกแบบวงจรบางส่วนทำได้ล่าช้า เนื่องจากได้ทดลองค้นหาวงจรที่จะนำมาใช้ในโครงการ

แนวทางแก้ไข ทำการค้นหาจากอินเทอร์เน็ต เพื่อที่จะมาทำการทดลองให้ได้ผลที่ต้องการ

2. ปัญหา อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรไม่สามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาดทั่วไป

แนวทางแก้ไข ทำการขอตัวอุปกรณ์จากเว็บไซต์ที่ได้ทำการหาข้อมูลอุปกรณ์ตัวนั้นมา

3. ปัญหา แผ่นวงจรพิมพ์มีปัญหาขาดและหลุดออกจากแผ่นวงจรพิมพ์ทำให้เกิดการล่าช้าในการลงตัวอุปกรณ์

แนวทางแก้ไข ทำการตรวจสอบวงจรก่อนลงตัวอุปกรณ์ให้แน่นอน

4. ปัญหา ตัว MPX 10 เกิดการชำรุด เนื่องจากมีน้ำผ่านปนเข้ามาที่ตัว MPX 10

แนวทางแก้ไข ก่อนการทำงานในแต่ละครั้งต้องทำการ Drain ลมที่อยู่ในถังพักลมออกให้หมด เพราะในถังพักลมอาจมีน้ำปนอยู่ในถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 แนวทางการพัฒนา

1. เครื่องปรับเทียบความดันนี้มีย่านวัดความดันที่ต่ำคือ 0 mmH₂O - 500 mmH₂O ทำให้มีย่านที่จะใช้วัดความดันนั้นน้อย จึงควรพัฒนาให้ใช้ในย่านวัดที่สูงขึ้น
2. ในการออกแบบ โครงสร้างของเครื่องปรับเทียบความดันนั้นยังมีขนาดใหญ่ จึงควรพัฒนาเครื่องปรับเทียบให้มีขนาดเล็กลงเพื่อสะดวกในการนำไปใช้งาน
3. การออกแบบเครื่องปรับเทียบความดัน ไม่ได้ออกแบบมาให้บันทึกค่าในการทดสอบ ควรพัฒนาเครื่องปรับเทียบความดันให้สามารถเก็บข้อมูลของการทดสอบในแต่ละครั้งได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.1 ภาพด้านหน้าของเครื่องปรับเทียบความดัน



รูปที่ ก.2 ภาพด้านหลังของเครื่องปรับเทียบความดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



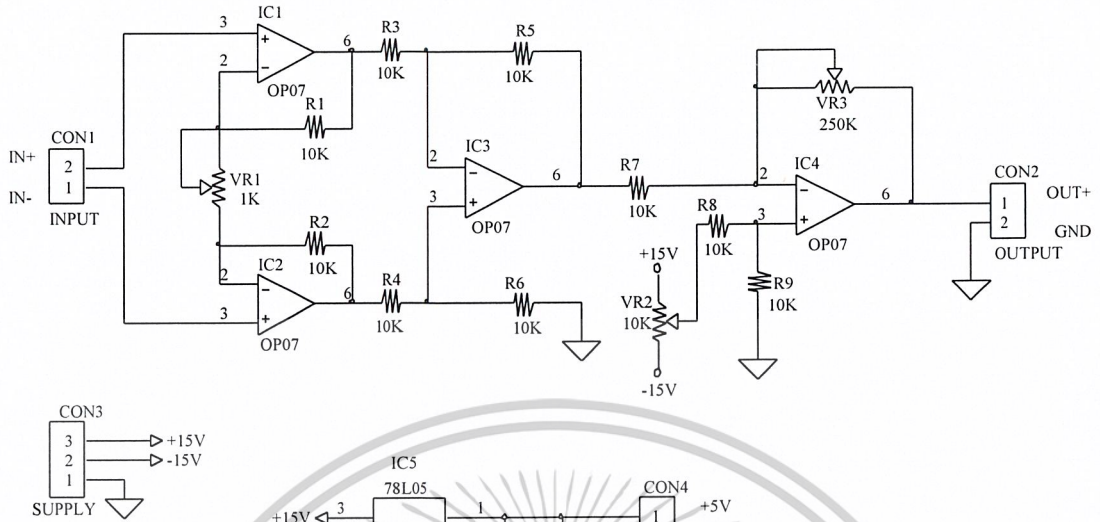
รูปที่ ก.3 ภาพด้านบนของเครื่องปรับเทียบความดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

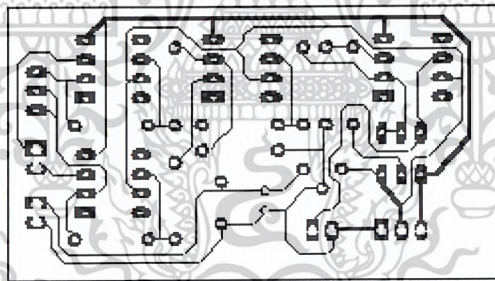


ภาคผนวก ข
วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

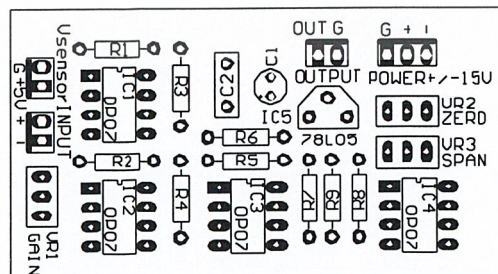
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.1 วงจรขยายสัญญาณ

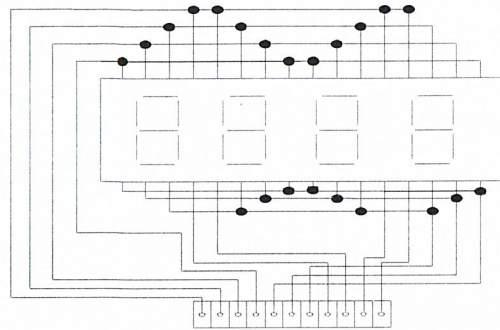


รูปที่ ข.2 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรขยายสัญญาณ



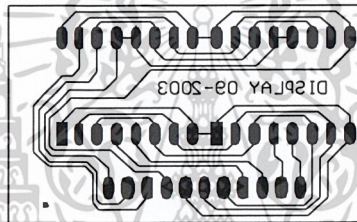
รูปที่ ข.3 การวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์วงจรขยายสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

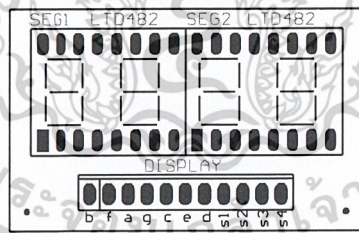


connector

รูปที่ ข.4 วงจรแสดงผลตัวเลขเจ็ดส่วน



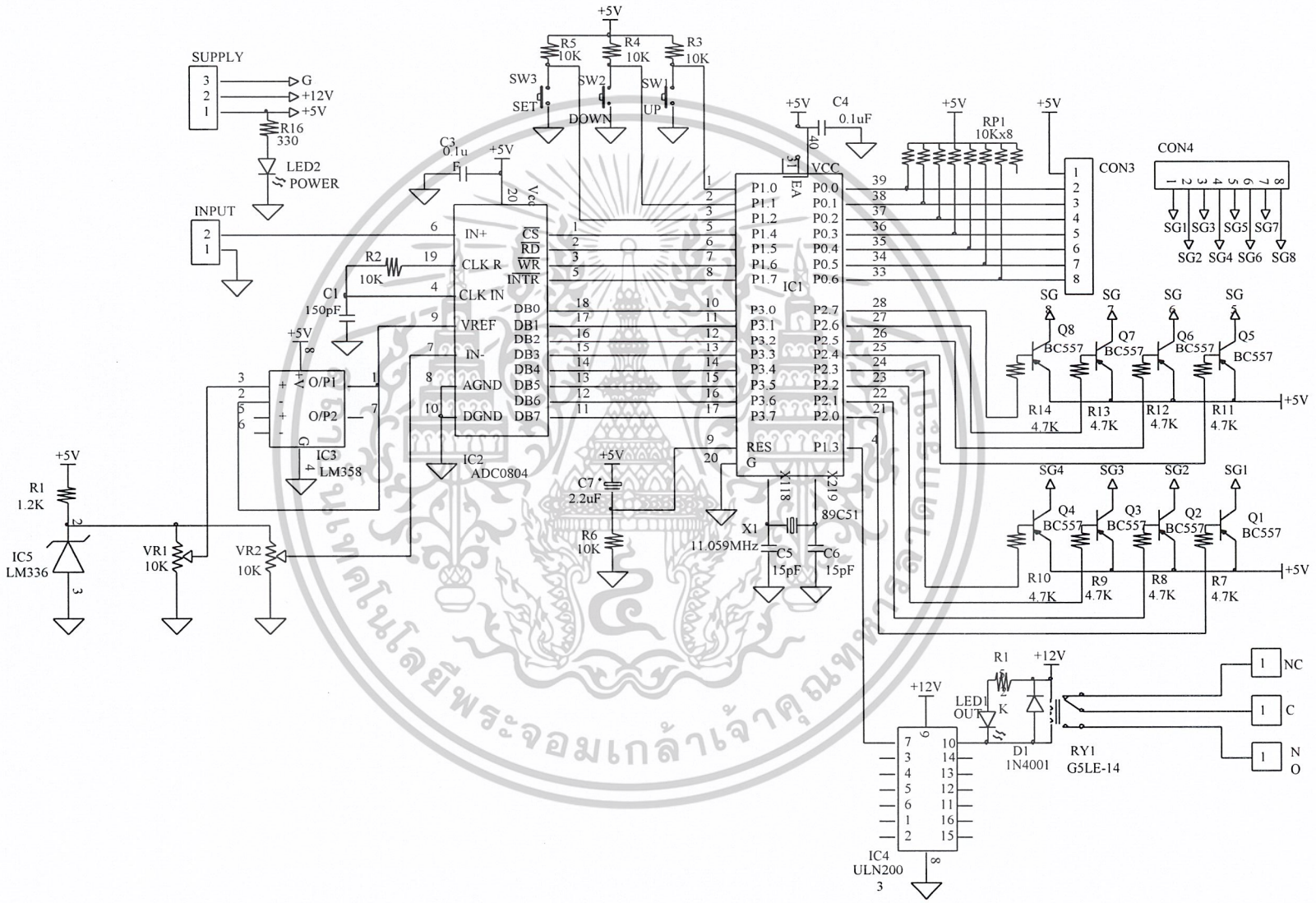
รูปที่ ข.5 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรแสดงผล

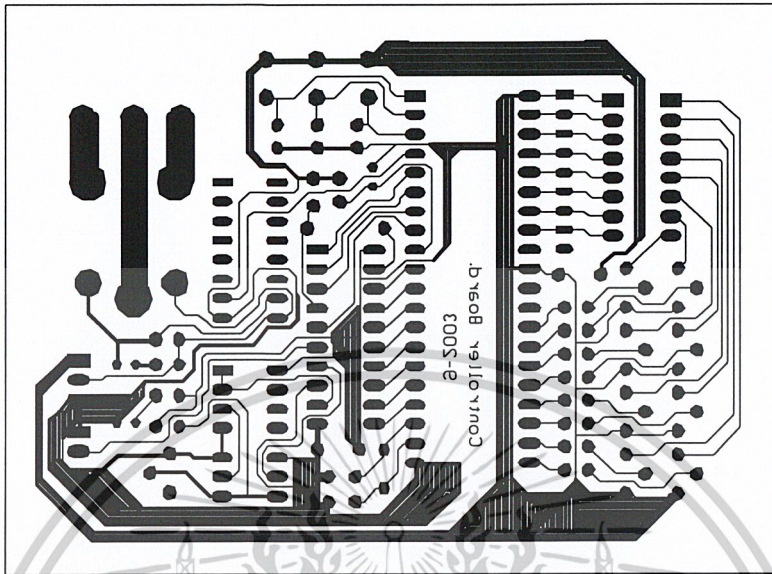


รูปที่ ข.6 การวางอุปกรณ์บนแผ่นวงจรพิมพ์วงจรแสดงผล

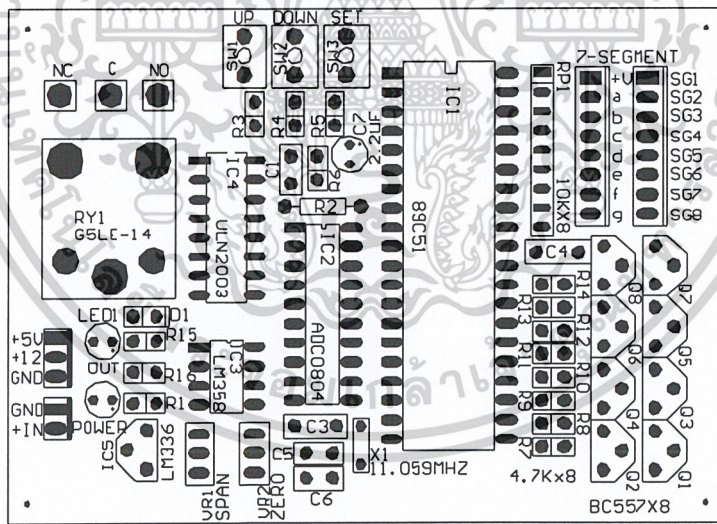
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ๗.7 วงจรควบคุมไฟเตือนภัยและความคุ้มครองแสดงผล





รูปที่ ข.8 แผ่นวงจรพิมพ์วงจรควบคุม โซลินอยด์วาล์วและควบคุมการแสดงผล



รูปที่ ข.9 การวางอุปกรณ์วงจรควบคุม โซลินอยด์วาล์วและควบคุมการแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก
รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรขยายสัญญาณ

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม IC1, IC2, IC3, IC4	OP07	4 ตัว
ตัวความต้านทาน VR1	1 k Ω	1 ตัว
VR2	10 k Ω Trimpot 33 รอบ	1 ตัว
VR3	250 k Ω Trimpot 33 รอบ	1 ตัว
R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9	10 k Ω 1/4 W	9 ตัว
อุปกรณ์อื่น ๆ CON1, CON2	คอนเนคเตอร์ 2 ขา	2 ตัว

ตารางที่ ค.2 รายการอุปกรณ์วงจรแสดงผล

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ Display	ตัวเลขเจ็ดส่วนแบบคู่	4 ตัว
อุปกรณ์อื่น ๆ b, f, a, g, c, e, d, s1, s2, s3, s4	คอนเนคเตอร์ 9 ขา, คอนเนคเตอร์ 2 ขา	4 ตัว

ตารางที่ ค.3 วงจรควบคุมโซลินอยด์วาล์วและควบคุมการแสดงผล

ชื่ออุปกรณ์	รายการอุปกรณ์	จำนวน
วงจรรวม IC1	89C51	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3(ต่อ) วงจรควบคุมโซลินอยด์วาล์วและควบคุมการแสดงผล

ชื่ออุปกรณ์รวม	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC2	ADC0804	1 ตัว
IC3	LM358	1 ตัว
IC4	ULN2003	1 ตัว
IC5	LM336	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6, Q7, Q8	BC557	8 ตัว
LED2-POWER	สีเขียว	1 ตัว
LED1-OUT	สีแดง	1 ตัว
D1	1N4001	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C1	150PF เซรามิก 50 V	1 ตัว
C2	1 μ F โพลีเอสเตอร์ 50 V	1 ตัว
C3, C4	0.1 μ F โพลีเอสเตอร์ 50 V	2 ตัว
C5, C6	15PF เซรามิก 50 V	2 ตัว
C7	2.2 μ F อิเล็กโทรไลต์ 16 V	1 ตัว
ตัวความต้านทาน		
R1	1.2k Ω 1/4 W 1%	1 ตัว
R2, R3, R4, R5, R6	10 k Ω 1/4 W 1%	5 ตัว
R7, R8, R9, R10, R11, R12, R13, R14	8 k Ω 1/4 W 1%	8 ตัว
R15	2 k Ω 1/4 W 1%	1 ตัว
R16	330 Ω 1/4 W 1%	1 ตัว
VR1, VR2	10 k Ω Trimpot 33 รอบ	2 ตัว
RP1	ตัวต้านทานแบบแพค 10 k Ω \times 8	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.3(ต่อ) วงจรควบคุมโซลินอยด์วาล์วและควบคุมการแสดงผล

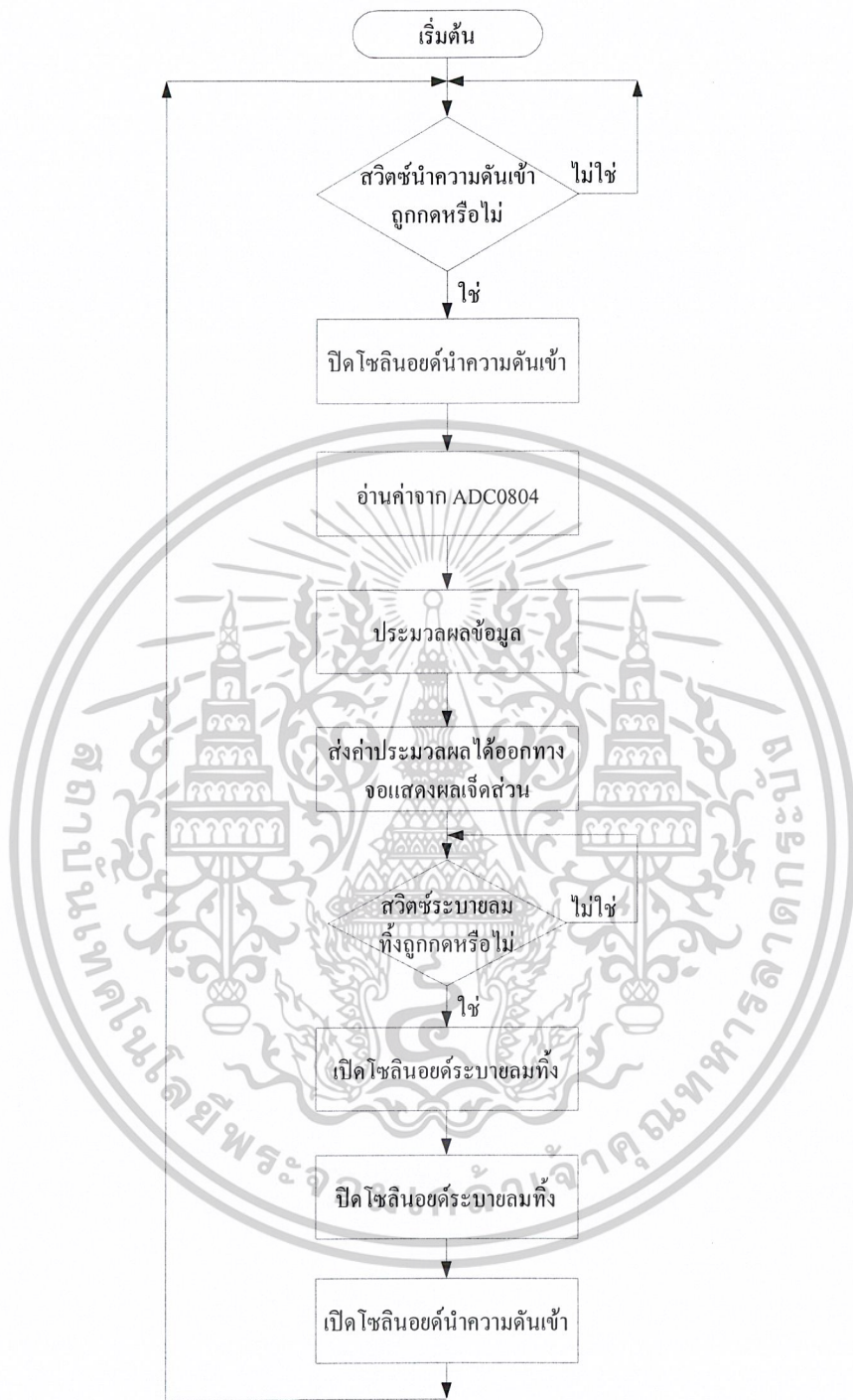
ชื่ออุปกรณ์รวม	รายละเอียด	จำนวน
อุปกรณ์อื่น ๆ		
RY1	RELAY OMRON รุ่น G5LE-14	1 ตัว
SW1-UP, SW2-DOWN, SW3-SET	สวิตช์กดติดปัดขยับ 2 ขา	3 ตัว
SW3-SET		
X1	คริสตอล 11.059MHZ	1 ตัว
7-segment	คอนเนคเตอร์ 8 ขา	1 ตัว
SG1-SG8	คอนเนคเตอร์ 8 ขา	1 ตัว
NC, C, NO	ตาไก่	3 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ง
แผนผังการทำงานและรหัสต้นฉบับของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.1 ฟังงาน โปรแกรมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

```

SG1 EQU 40H
SG2 EQU 41H
SG3 EQU 42H
SG4 EQU 43H
SG5 EQU 44H
SG6 EQU 45H
SG7 EQU 46H
SG8 EQU 47H
SV EQU 48H
PV EQU 49H
SGB5 EQU 50H
SGB6 EQU 51H
SGB7 EQU 52H
SGB8 EQU 53H
DISBUF EQU 54H
UP BIT P1.0
DOWN BIT P1.1
OUTPUT BIT P1.3
CS BIT P1.4
READ BIT P1.5
WRITE BIT P1.6
INTR BIT P1.7
ORG 0000H
MOV P1,#0FFH
MOV P3,#0FFH
MAIN: ACALL INP
ACALL COP
JB UP,CDW2
ACALL SCAN
ACALL SCAN
ACALL SCAN
JB UP,CDW2
PUSH 7
MOV R7,SV
CJNE R7,#0FFH,USP
MOV R7,#00H
MOV SV,R7
MOV B,R7
ACALL CONV1
MOV SG1,SGB5
MOV SG2,SGB6
MOV SG3,SGB7
MOV SG4,SGB8
POP 7
LJMP LOOP
USP: INC R7
MOV SV,R7
MOV B,R7
ACALL CONV1
MOV SG1,SGB5
MOV SG2,SGB6
MOV SG3,SGB7
MOV SG4,SGB8

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

POP      7
LJMP     LOOP
CDW2:   JB      DOWN, LOOP
        ACALL   SCAN
        ACALL   SCAN
        ACALL   SCAN
        JB      DOWN, LOOP
        PUSH   7
        MOV    R7, SV
        CJNE   R7, #00H, DSP
        MOV    R7, #0FFH
        MOV    SV, R7
        MOV    B, R7
        ACALL  CONV1
        MOV    SG1, SGB5
        MOV    SG2, SGB6
        MOV    SG3, SGB7
        MOV    SG4, SGB8
        POP    7
        LJMP   LOOP
DSP:     DEC    R7
        MOV    SV, R7
        MOV    B, R7
        ACALL  CONV1
        MOV    SG1, SGB5
        MOV    SG2, SGB6
        MOV    SG3, SGB7
        MOV    SG4, SGB8
        POP    7
        LJMP   LOOP
LOOP:    MOV    DISBUF, SG1
        MOV    DISBUF+1, SG2
        MOV    DISBUF+2, SG3
        MOV    DISBUF+3, SG4
        MOV    DISBUF+4, SG5
        MOV    DISBUF+5, SG6
        MOV    DISBUF+6, SG7
        MOV    DISBUF+7, SG8
        LCALL  SCAN
        LJMP   MAIN
INP:     CJNE   R3, #03H, INP3
        MOV    R3, #00H
        CLR   CS
        ACALL DELAY1
        CLR   WRITE
        ACALL DELAY1
        SETB  WRITE
        ACALL DELAY1
        SETB  CS
INP1:    JNB   INTR, INP2
        SJMP  INP1
INP2:    ACALL DELAY1
        CLR   CS
        ACALL DELAY1
        CLR   READ
        ACALL DELAY1
        MOV   PV, P3
        SETB  READ

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ACALL DELAY1
SETB CS
MOV B, PV
ACALL CONV1
MOV SG5, SGB5
MOV SG6, SGB6
MOV SG7, SGB7
MOV SG8, SGB8
RET
INP3: INC R3
RET
SCAN: MOV P2, #0FEH
MOV R7, #8
MOV R0, #DISBUF
SCAN1: MOV A, @R0
MOV DPTR, #CG
MOVC A, @A+DPTR
MOV P0, A
LCALL DELAY
MOV A, P2
RL A
MOV P2, A
INC R0
DJNZ R7, SCAN1
MOV P2, #0FFH
RET
CG: DB
0c0h, 0f9h, 0a4h, 0b0h, 019h, 012h, 002h, 0f8h, 000h, 010h, 008h, 003h, 046
h, 021h, 006h, 00eh
CONV1: PUSH 7
MOV SGB5, #00H
MOV SGB6, #00H
MOV SGB7, #00H
MOV SGB8, #00H
CHK0: JNB B.0, CHK1
MOV SGB5, #05
CHK1: JNB B.1, CHK2
MOV SGB6, #01
CHK2: JNB B.2, CHK3
MOV A, SGB6
ADD A, #02
MOV SGB6, A
CHK3: JNB B.3, CHK4
MOV A, SGB6
ADD A, #04
MOV SGB6, A
CHK4: JNB B.4, CHK5
MOV A, SGB6
ADD A, #08
DA A
MOV R7, A
ANL A, #0FH
MOV SGB6, A
MOV A, R7
ANL A, #0F0H
RL A
RL A
RL A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้วยการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

RL      A
ADD     A, SGB7
MOV     SGB7, A
CHK5:  JNB    B. 5, CHK6
MOV     A, SGB6
ADD     A, #06
DA      A
MOV     R7, A
ANL     A, #0FH
MOV     SGB6, A
MOV     A, R7
ANL     A, #0F0H
RL      A
RL      A
RL      A
RL      A
INC     SGB7
ADD     A, SGB7
MOV     SGB7, A
CHK6:  JNB    B. 6, CHK7
MOV     A, SGB6
ADD     A, #02
DA      A
MOV     R7, A
ANL     A, #0FH
MOV     SGB6, A
MOV     A, R7
ANL     A, #0F0H
RL      A
RL      A
RL      A
RL      A
INC     SGB7
INC     SGB7
INC     SGB7
ADD     A, SGB7
MOV     SGB7, A
CHK7:  JNB    B. 7, ENCONV
MOV     A, SGB6
ADD     A, #04
DA      A
MOV     R7, A
ANL     A, #0FH
MOV     SGB6, A
MOV     A, R7
ANL     A, #0F0H
RL      A
RL      A
RL      A
RL      A
ADD     A, SGB7
MOV     SGB7, A
ADD     A, #06
DA      A
MOV     R7, A
ANL     A, #0FH
MOV     SGB7, A
MOV     A, R7

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ANL  A,#0F0H
RL   A
RL   A
RL   A
RL   A
ADD  A,SGB8
MOV  SGB8,A
ENCONV: POP  7
RET
COP:  CLR  C
      MOV  A,PV
      CJNE A,SV,COP_1
OFF:  CLR  OUTPUT
      RET
COP_1: SUBB A,SV
      JNC  OFF
      SETB OUTPUT
      RET
DELAY: PUSH 7
      PUSH 6
      MOV  R7,#25H
D1:   MOV  R6,#20H
D2:   DJNZ R6,D2
      DJNZ R7,D1
      POP  6
      POP  7
      RET
DELAY1: PUSH 6
      MOV  R6,#073H
DE1:  NOP
      NOP
      DJNZ R6,DE1
      POP  6
      RET
END

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน
เครื่องปรับเทียบความดัน



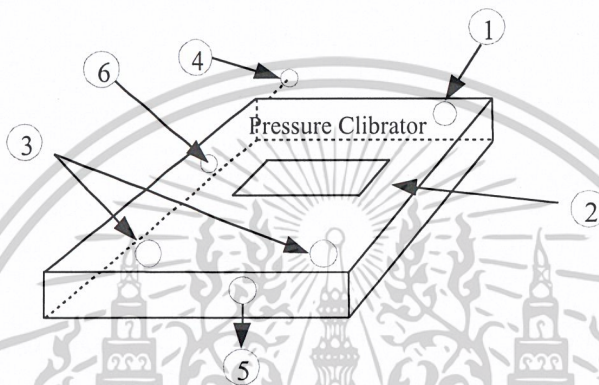
สาขาวิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. คำแนะนำเบื้องต้น

ก่อนที่ลงมือใช้งานเครื่องปรับเทียบความดัน ควรทำการศึกษาการใช้งานจากคู่มือให้เข้าใจ เพื่อการใช้งานที่ถูกต้อง และป้องกันการเสียหายของเครื่องปรับเทียบความดัน

2. ส่วนประกอบและปุ่มควบคุม



รูปที่ จ.1 ส่วนประกอบและปุ่มควบคุมของเครื่องปรับเทียบความดัน

จากรูปที่ จ.1 มีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

1. สวิตช์ ON – OFF Power Supply 220 V
2. จอแสดงผล
3. สวิตช์ปรับย่านการใช้งาน
4. เรกกูเลเตอร์
5. แหล่งจ่ายแรงดันลม

3. การติดตั้งและการใช้งาน

- 3.1 ทำการต่อแรงดันเข้า โดยต่อจากถังลม เข้ากับตัวเรกกูเลเตอร์
- 3.2 นำลมเข้ามาต่อเข้ากับตัวมานิเตอร์ และ Pressure Gage
- 3.3 ต่อสาย Power Supply เข้ากับ ไฟ 220 V
- 3.4 ปรับเรกกูเลเตอร์ให้วาล์วอยู่ในตำแหน่งปิด
- 3.5 เปิดสวิตช์ ON เพื่อที่จะเริ่มการทำงาน

3.6.ปรับเรกกูเลเตอร์ให้อยู่ในตำแหน่งเปิดพร้อมที่จะให้แรงดันลมเข้ามาภายในวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7. เปิดป้อนลมปล่อยเข้าสู่ระบบ

3.8. เริ่มการปรับค่า Zero และ Span ของตัวมาโนมิเตอร์

3.9. ทำการเลือกย่านในการใช้งาน โดยกดปุ่ม Up – Down ย่านการใช้งานจะแบ่งออกเป็น 5 ย่าน คือ 100 mmH₂O, 200 mmH₂O, 300 mmH₂O, 400 mmH₂O, 500 mmH₂O

3.10. ทำการวัดที่ย่านต่ำสุดนั้นคือ 100 mmH₂O และกดปุ่ม Up ขึ้นไปเรื่อยๆ จนถึง 500 mmH₂O และทำการปรับวัดย่านอื่นๆ โดยกดปุ่ม Down ลงมาเรื่อยๆ

หมายเหตุ อ่านค่าบนจอแสดงผลเทียบกับมาโนมิเตอร์และ Pressure Gage

4. การดูแลรักษาและข้อควรระวัง

4.1 การดูแลรักษา

- 1) ถอดสายลมออกทุกครั้งหลังเลิกการทำงาน
- 2) ทำการปรับลมทิ้งในถังพักลมออกให้หมดทุกครั้ง หลังใช้งาน
- 3) ควรทำการเปลี่ยนแปลงน้ำที่ใช้ในตัวมาโนมิเตอร์เป็นประจำเมื่อมีการใช้งานเพราะจะตะกอนเกิดขึ้น

4.2 ข้อควรระวัง

- 1) ปรับแรงกดเตอร์ในตำแหน่งว่าล๊อคก่อนการต่อลม ป้องกันมิให้เกินแรงเกินให้กับตัว MPX 10 และมาโนมิเตอร์
- 2) ป้องกันไม่ให้มีน้ำเข้าปกับลมที่จะใช้กับตัว MPX 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ฉ
รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10 kPa Uncompensated Silicon Pressure Sensors

The MPX10 and MPXV10GC series devices are silicon piezoresistive pressure sensors providing a very accurate and linear voltage output — directly proportional to the applied pressure. These standard, low cost, uncompensated sensors permit manufacturers to design and add their own external temperature compensation and signal conditioning networks. Compensation techniques are simplified because of the predictability of Motorola's single element strain gauge design. Figure 1 shows a schematic of the internal circuitry on the stand-alone pressure sensor chip.

Features

- Low Cost
- Patented Silicon Shear Stress Strain Gauge Design
- Ratiometric to Supply Voltage
- Easy to Use Chip Carrier Package Options
- Differential and Gauge Options
- Durable Epoxy Unibody Element or Thermoplastic (PPS) Surface Mount Package

Application Examples

- Air Movement Control
- Environmental Control Systems
- Level Indicators
- Leak Detection
- Medical Instrumentation
- Industrial Controls
- Pneumatic Control Systems
- Robotics

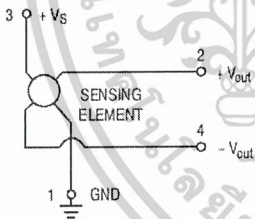
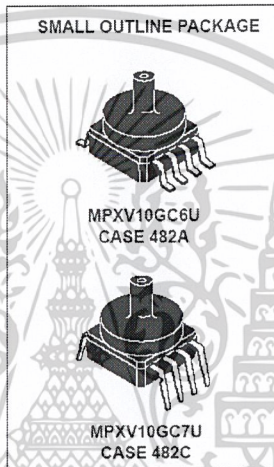


Figure 1. Uncompensated Pressure Sensor Schematic

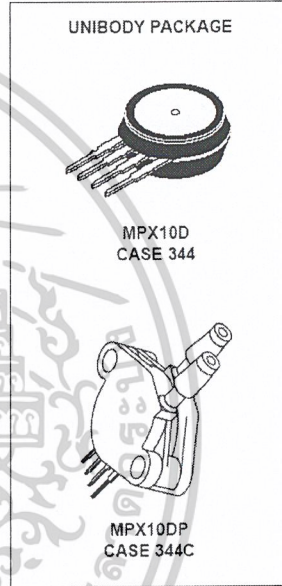


PIN NUMBER			
1	Gnd	5	N/C
2	+V _{out}	6	N/C
3	V _s	7	N/C
4	-V _{out}	8	N/C

NOTE: Pin 1 is noted by the notch in the lead.

MPX10 MPXV10GC SERIES

0 to 10 kPa (0–1.45 psi)
35 mV FULL SCALE SPAN
(TYPICAL)



PIN NUMBER			
1	Gnd	3	V _S
2	+V _{out}	4	-V _{out}

NOTE: Pin 1 is noted by the notch in the lead.

VOLTAGE OUTPUT versus APPLIED DIFFERENTIAL PRESSURE

The output voltage of the differential or gauge sensor increases with increasing pressure applied to the pressure side (P1) relative to the vacuum side (P2). Similarly, output voltage increases as increasing vacuum is applied to the vacuum side (P2) relative to the pressure side (P1).

MPX10 MPXV10GC SERIES**MAXIMUM RATINGS**(NOTE)

Rating	Symbol	Value	Unit
Maximum Pressure (P1 > P2)	P _{max}	75	kPa
Burst Pressure (P1 > P2)	P _{burst}	100	kPa
Storage Temperature	T _{sig}	-40 to +125	°C
Operating Temperature	T _A	-40 to +125	°C

NOTE: Exposure beyond the specified limits may cause permanent damage or degradation to the device.

OPERATING CHARACTERISTICS (V_S = 3.0 Vdc, T_A = 25°C unless otherwise noted, P1 > P2)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Differential Pressure Range ⁽¹⁾	P _{OP}	0	—	10	kPa
Supply Voltage ⁽²⁾	V _S	—	3.0	6.0	Vdc
Supply Current	I _o	—	6.0	—	mAdc
Full Scale Span ⁽³⁾	V _{FSS}	20	35	50	mV
Offset ⁽⁴⁾	V _{off}	0	20	35	mV
Sensitivity	ΔV/ΔP	—	3.5	—	mV/kPa
Linearity ⁽⁵⁾	—	-1.0	—	1.0	%V _{FSS}
Pressure Hysteresis ⁽⁵⁾ (0 to 10 kPa)	—	—	± 0.1	—	%V _{FSS}
Temperature Hysteresis ⁽⁵⁾ (-40°C to +125°C)	—	—	± 0.5	—	%V _{FSS}
Temperature Coefficient of Full Scale Span ⁽⁵⁾	TCV _{FSS}	-0.22	—	-0.16	%V _{FSS} /°C
Temperature Coefficient of Offset ⁽⁵⁾	TCV _{off}	—	±15	—	μV/°C
Temperature Coefficient of Resistance ⁽⁵⁾	TCR	0.28	—	0.34	%Z _{in} /°C
Input Impedance	Z _{in}	400	—	550	Ω
Output Impedance	Z _{out}	750	—	1250	Ω
Response Time ⁽⁶⁾ (10% to 90%)	t _r	—	1.0	—	ms
Warm-Up Time ⁽⁷⁾	—	—	20	—	ms
Offset Stability ⁽⁸⁾	—	—	±0.5	—	%V _{FSS}

NOTES:

- 1.0 kPa (kiloPascal) equals 0.145 psi.
- Device is ratiometric within this specified excitation range. Operating the device above the specified excitation range may induce additional error due to device self-heating.
- Full Scale Span (V_{FSS}) is defined as the algebraic difference between the output voltage at full rated pressure and the output voltage at the minimum rated pressure.
- Offset (V_{off}) is defined as the output voltage at the minimum rated pressure.
- Accuracy (error budget) consists of the following:
 - Linearity: Output deviation from a straight line relationship with pressure, using end point method, over the specified pressure range.
 - Temperature Hysteresis: Output deviation at any temperature within the operating temperature range, after the temperature is cycled to and from the minimum or maximum operating temperature points, with zero differential pressure applied.
 - Pressure Hysteresis: Output deviation at any pressure within the specified range, when this pressure is cycled to and from the minimum or maximum rated pressure, at 25°C.
 - TcSpan: Output deviation at full rated pressure over the temperature range of 0 to 85°C, relative to 25°C.
 - TcOffset: Output deviation with minimum rated pressure applied, over the temperature range of 0 to 85°C, relative to 25°C.
 - TCR: Z_{in} deviation with minimum rated pressure applied, over the temperature range of -40°C to +125°C, relative to 25°C.
- Response Time is defined as the time for the incremental change in the output to go from 10% to 90% of its final value when subjected to a specified step change in pressure.
- Warm-up Time is defined as the time required for the product to meet the specified output voltage after the pressure has been stabilized.
- Offset Stability is the product's output deviation when subjected to 1000 hours of Pulsed Pressure, Temperature Cycling with Bias Test.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MPX10 MPXV10GC SERIES

TEMPERATURE COMPENSATION

Figure 2 shows the typical output characteristics of the MPX10 and MPXV10GC series over temperature.

Because this strain gauge is an integral part of the silicon diaphragm, there are no temperature effects due to differences in the thermal expansion of the strain gauge and the diaphragm, as are often encountered in bonded strain gauge pressure sensors. However, the properties of the strain gauge itself are temperature dependent, requiring that the device be temperature compensated if it is to be used over an extensive temperature range.

Temperature compensation and offset calibration can be achieved rather simply with additional resistive components, or by designing your system using the MPX2010D series sensor.

Several approaches to external temperature compensa-

tion over both -40 to +125°C and 0 to +80°C ranges are presented in Motorola Applications Note AN840.

LINEARITY

Linearity refers to how well a transducer's output follows the equation: $V_{out} = V_{off} + \text{sensitivity} \times P$ over the operating pressure range (Figure 3). There are two basic methods for calculating nonlinearity: (1) end point straight line fit or (2) a least squares best line fit. While a least squares fit gives the "best case" linearity error (lower numerical value), the calculations required are burdensome.

Conversely, an end point fit will give the "worst case" error (often more desirable in error budget calculations) and the calculations are more straightforward for the user. Motorola's specified pressure sensor linearities are based on the end point straight line method measured at the midrange pressure.

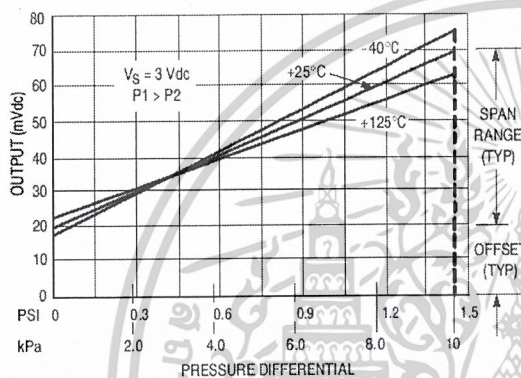


Figure 2. Output versus Pressure Differential

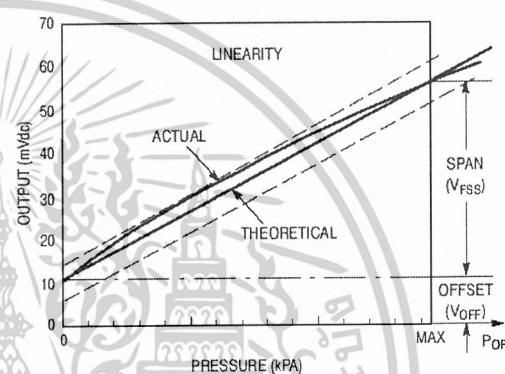


Figure 3. Linearity Specification Comparison

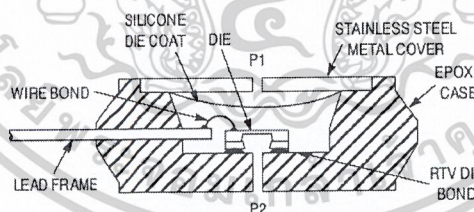


Figure 4. Unibody Package — Cross-Sectional Diagram (not to scale)

Figure 4 illustrates the differential or gauge configuration in the basic chip carrier (Case 344). A silicone gel isolates the die surface and wire bonds from the environment, while allowing the pressure signal to be transmitted to the silicon diaphragm.

The MPX10 and MPXV10GC series pressure sensor oper-

ating characteristics and internal reliability and qualification tests are based on use of dry air as the pressure media. Media other than dry air may have adverse effects on sensor performance and long term reliability. Contact the factory for information regarding media compatibility in your application.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MPX10 MPXV10GC SERIES**PRESSURE (P1)/VACUUM (P2) SIDE IDENTIFICATION TABLE**

Motorola designates the two sides of the pressure sensor as the Pressure (P1) side and the Vacuum (P2) side. The Pressure (P1) side is the side containing silicone gel which isolates the die from the environment. The Motorola pres-

sure sensor is designed to operate with positive differential pressure applied, $P1 > P2$.

The Pressure (P1) side may be identified by using the table below:

Part Number	Case Type	Pressure (P1) Side Identifier
MPX10D	344	Stainless Steel Cap
MPX10DP	344C	Side with Part Marking
MPX10GP	344B	Side with Port Attached
MPX10GS	344E	Side with Port Attached
MPXV10GC6U	482A	Side with Part Marking
MPXV10GC7U	482C	Side with Part Marking

ORDERING INFORMATION — UNIBODY PACKAGE

MPX10 series pressure sensors are available in differential and gauge configurations. Devices are available in the basic element package or with pressure port fittings which provide printed circuit board mounting ease and barbed hose pressure connections.

Device Type	Options	Case Type	MPX Series	
			Order Number	Device Marking
Basic Element	Differential	Case 344	MPX10D	MPX10D
Ported Elements	Differential	Case 344C	MPX10DP	MPX10DP
	Gauge	Case 344B	MPX10GP	MPX10GP
	Gauge	Case 344E	MPX10GS	MPX10D

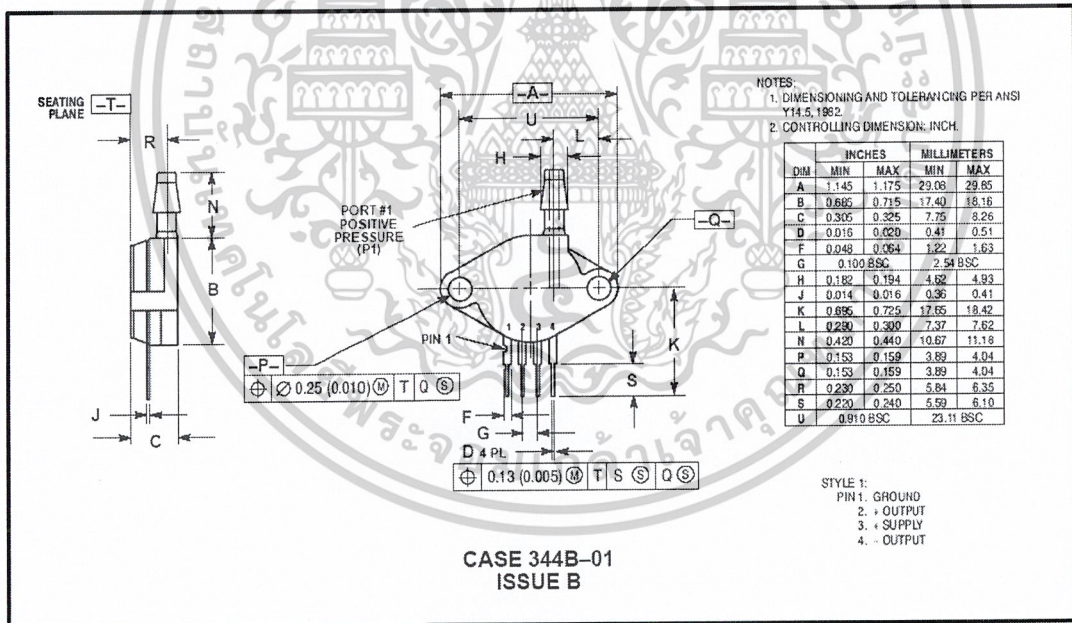
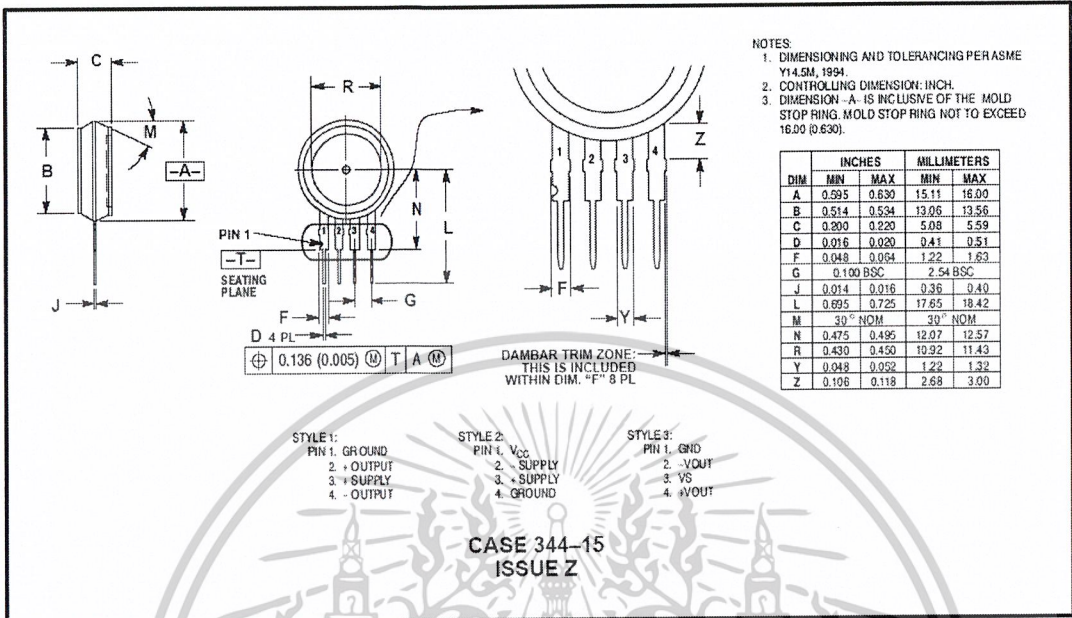
ORDERING INFORMATION — SMALL OUTLINE PACKAGE (MPXV10GC SERIES)

Device Type/Order No.	Packing Options	Case Type	Device Marking
MPXV10GC6U	Rails	Case 482A	MPXV10G
MPXV10GC6T1	Tape and Reel	Case 482A	MPXV10G
MPXV10GC7U	Rails	Case 482C	MPXV10G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MPX10 MPXV10GC SERIES

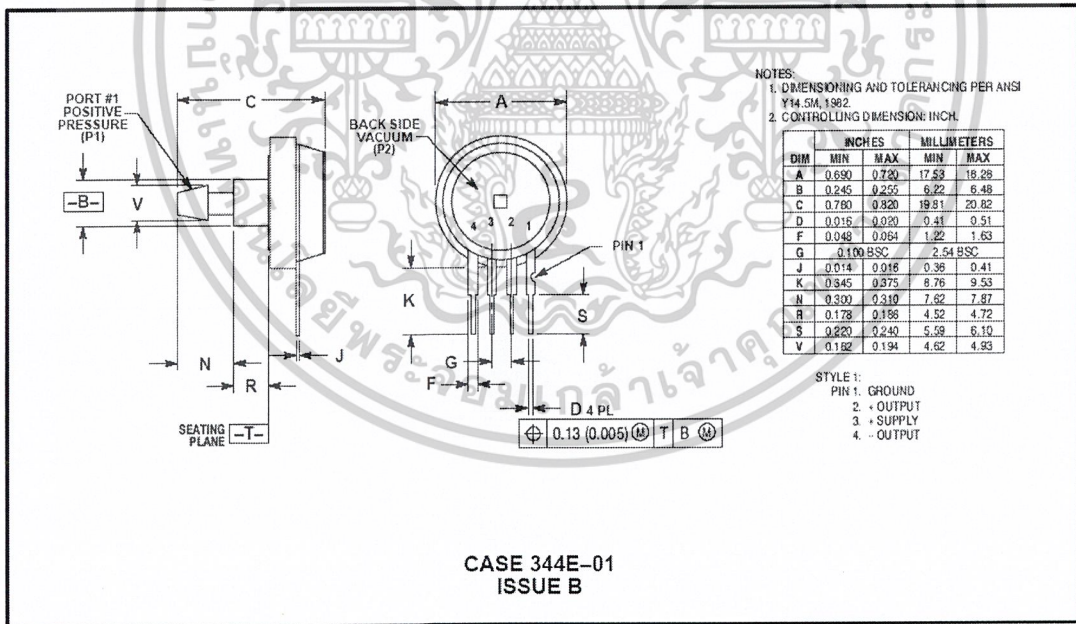
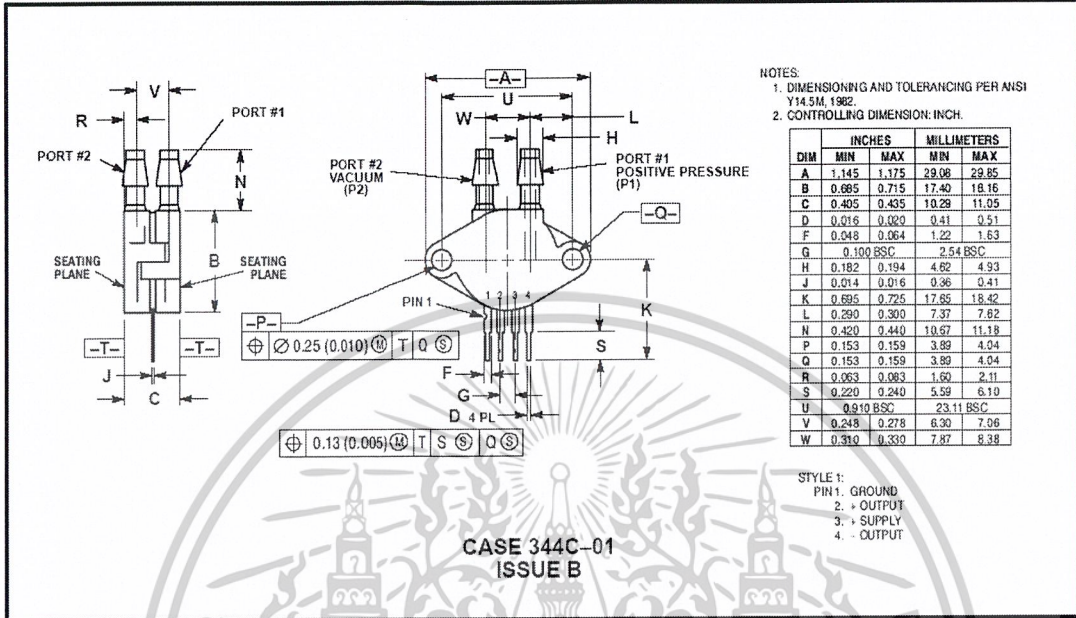
UNIBODY PACKAGE DIMENSIONS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MPX10 MPXV10GC SERIES

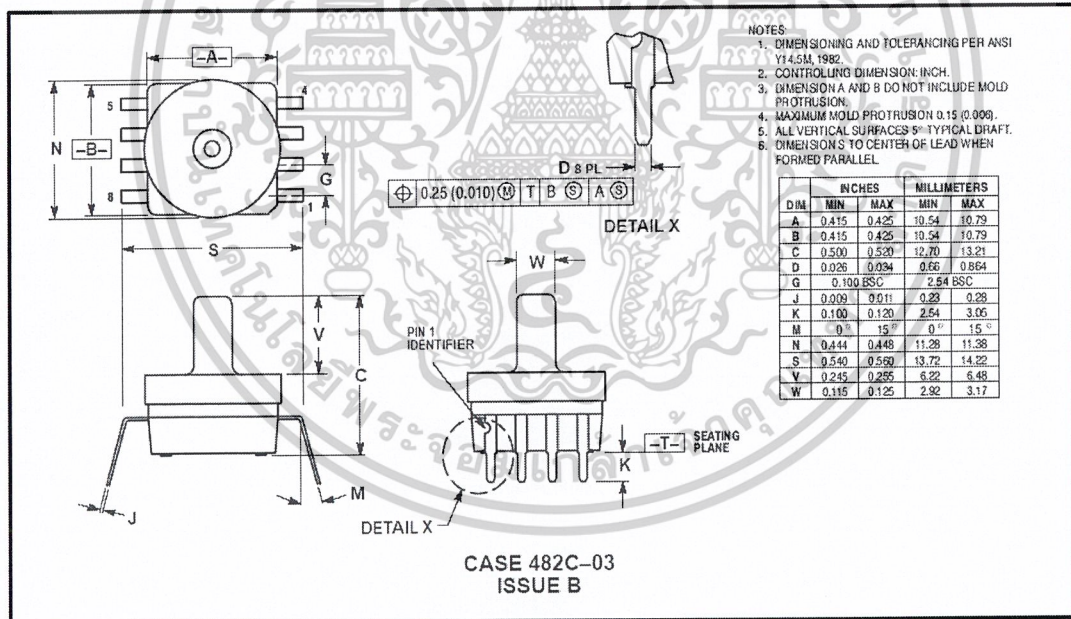
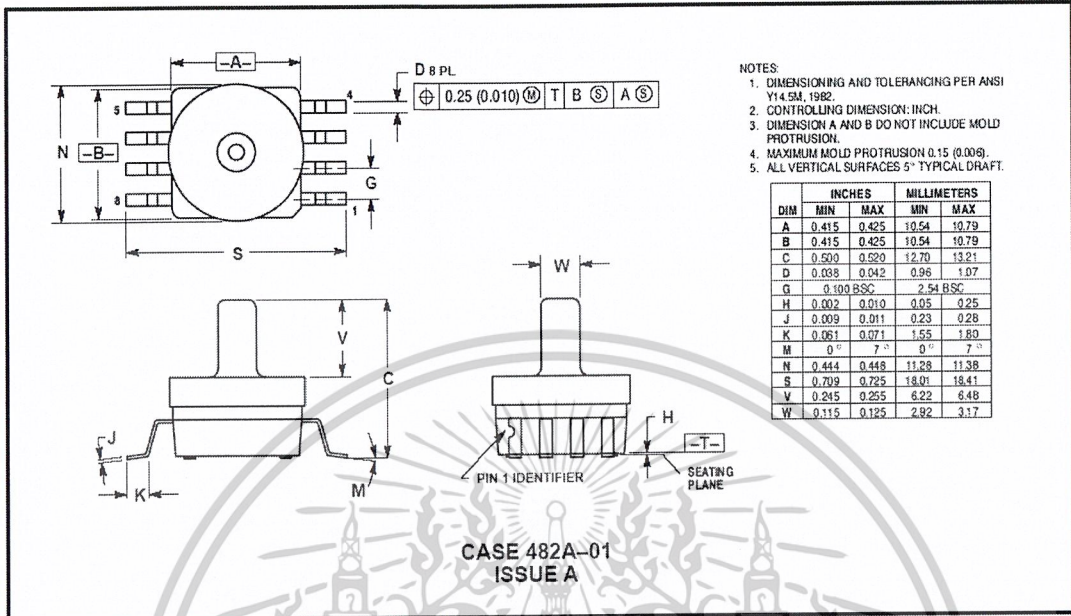
UNIBODY PACKAGE DIMENSIONS — CONTINUED



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MPX10 MPXV10GC SERIES

SMALL OUTLINE PACKAGE DIMENSIONS



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OP07 Is Still Evolving

by Reza Moghimi

INTRODUCTION

The OP07 has been tinkered with over the years, and versions of it are still available in plastic packages.

This application note highlights some of the major features that the OP17x7 brings into new designs. A number of applications using these features are presented.

SINGLE-SUPPLY OPERATION

One of the biggest problems with the part in today's environment is that the OP07 requires dual supplies. A new family of amplifiers from Analog Devices addresses this problem while still giving a close replica of the original specifications. The OP777 single, OP727 dual, and OP747 quad operational amplifiers allow supplies from ± 15 V down to ± 1.35 V with split rails, and from +30 V down to +2.7 V with single rail operation. The data sheet characterizes the parts with rails of ± 5 V and ± 15 V. The OP7x7 family's true single-supply capability enables designers to operate down to the negative supply or ground in both single- and dual-supply applications.

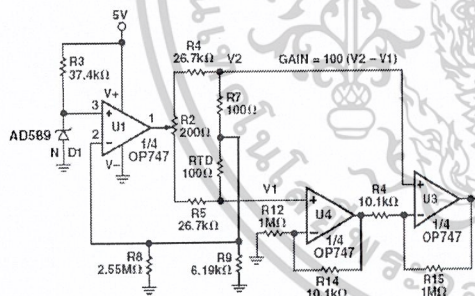


Figure 1. Low Power Single-Supply RTD Amplifier

Figure 1 shows that the gain of the instrumentation amplifier (made up of U3 and U4) is set for 100. The AD589 establishes 1.235 V while the U1 amplifier serves the bridge while maintaining the voltage across the parallel combination of 2.55 M Ω and 6.19 k Ω to generate a 200 μ A current source. This current splits evenly and flows into both halves of the bridge, eventually through RTD, and establishes an output voltage based upon its value.

As shown in Figure 2, the circuit floats up from the single-supply (12 V to 30 V) return. It consumes only 1.5 mA, leaving 2.5 mA available to the user for powering other signal conditioning circuitry.

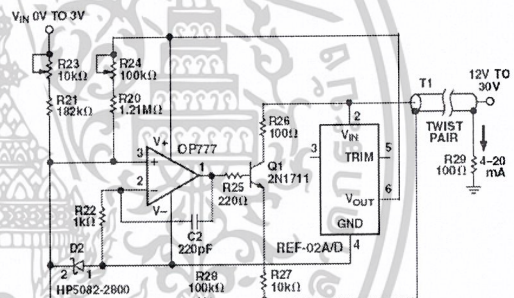


Figure 2. Self-Powered 4-20 mA Current Loop Transmitter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AN-573

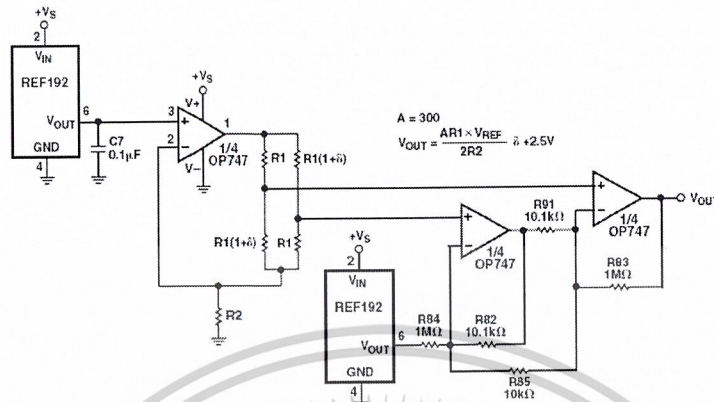


Figure 3. Single-Supply Linear Response Bridge

The OP7x7 is very useful in many bridge applications. Figure 3 shows a single-supply bridge circuit whose output is linearly proportional to the fractional deviation (δ) of the bridge.

Note that $\delta = \frac{\Delta R}{R}$

To process ac signals in single-supply systems, it is often best to use a false-ground biasing scheme. This is shown in Figure 4, done by amplifier A3. The user should replace the 2.67 k Ω Twin-T section with a 3.16 k Ω resistor to reject 50 Hz. Sensitivity is due to the relative matching of the capacitors and resistors in the Twin-T section. Use Mylar (5%) and 1% resistors for satisfactory results.

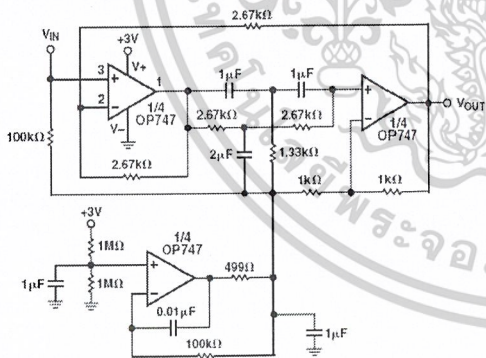


Figure 4. 3 V Single-Supply 50 Hz/60 Hz Active Notch Filter with False Ground

MUCH LOWER SUPPLY CURRENTS

The OP07 has a quiescent current that is higher than desired in today's portable applications. The quiescent current of the OP777 in-amplifier is less than 350 μ A, while the old OP07 required 4 mA for ± 15 V operation. In terms of power consumption, the new part wins hands down. This allows the part to be designed into many portable applications.

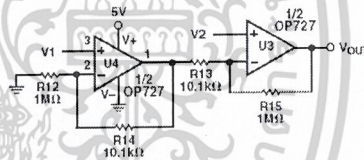


Figure 5. Single-Supply Micropower In-Amp

OP727 can be used to build an instrumentation amplifier (IA) with two op amps. A single-supply instrumentation amplifier using one OP727 amplifier is shown in Figure 5. For true difference, $R14/R12 = R15/R13$. The formula for the CMRR of the circuit at dc is $CMRR = 20 \times \log(100 / (1 - (R15 \times R14) / (R13 \times R12)))$. It is common to specify the accuracy of the resistor network in terms of resistor-to-resistor percentage mismatch. The CMRR equation can be rewritten to reflect this $CMRR = 20 \times \log(10000\% \text{ mismatch})$. The key to high CMRR is a network of resistors that is well matched from the perspective of both resistive ratio and relative drift. It should be noted that the absolute value of the resistors and their absolute drift are of no consequence. Matching is the key. CMRR is 100 dB with a 0.1% mismatched resistor network. To maximize CMRR, one of the resistors such as R12 should be trimmed. Tighter matching of two op amps in one package (OP727) offers a significant boost in performance over the triple op amp configuration. For

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

this circuit, $V_O = 100 (V_2 - V_1)$ for $0.02 \text{ mV} \leq (V_1 - V_2) \leq 290 \text{ mV}$, $2 \text{ mV} \leq V_{OUT} \leq 29 \text{ V}$.

Due to its great dc accuracy and specification, the OP747 can be used to create a multiple output tracking voltage reference from a single source, as shown in Figure 6.

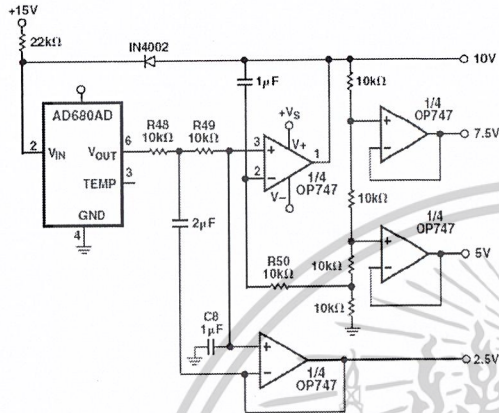


Figure 6. Multiple Output Tracking Voltage Reference

Figure 7 shows an example of a 5 V, single-supply current monitor that can be incorporated into the design of a voltage regulator with foldback current limiting or a high current power supply with crowbar protection. The design capitalizes on the OP777's common-mode range that extends to ground. Current is monitored in the power supply return where a 0.1Ω shunt resistor, R_{SENSE} , creates a very small voltage drop. The voltage at the inverting terminal becomes equal to the voltage at the noninverting terminal through the feedback of Q1, which is a 2N2222 or equivalent NPN transistor. This makes the voltage drop across R1 equal to the voltage drop across R_{SENSE} . Therefore, the current through Q1 becomes directly proportional to the current through R_{SENSE} , and the output voltage is given by: $V_{OUT} = 5 \text{ V} - (R_2/R_3) \times R_{SENSE} \times I_L$. The voltage drop across R2 increases with I_L increasing, so V_{OUT} decreases with higher supply current being sensed. For the element values shown, the V_{OUT} is 2.5 V for a return current of 1 A.

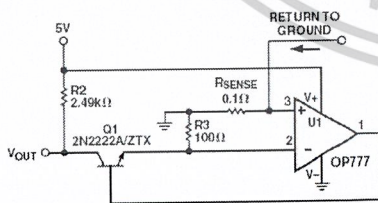


Figure 7. Low-Side Current Sensing Circuit

Figure 8 shows the OP777 configured as a simple summing amplifier. The output will be the sum of V_1 and V_2 .

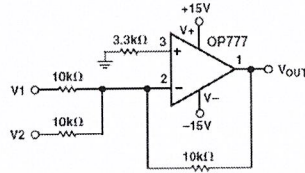


Figure 8. Summing Amplifier

ABSENCE OF CLAMPING DIODES AT THE INPUTS

The large differential voltage capability allows for operation of the parts in both rectifier circuits and precision comparator applications. The need for external clamping diodes (on-board in the OP07) is eliminated; such diodes are often needed on precision op amps and are the bane of many comparator designs.

The simple oscillator shown in Figure 9 creates a square wave output of $\pm V_S$ at 1 kHz for the values shown. Other oscillation frequencies can be derived using $f = 1/(2R_3 \times C_{10} \times \ln((R_61 + R_60)/R_61))$.

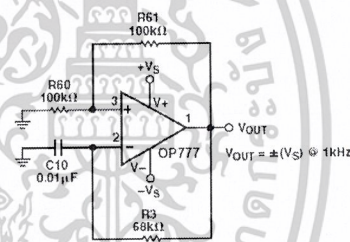


Figure 9. Free-Running Square Wave Amplifier

The programmable window comparator is capable of 12-bit accuracy. DAC8212 is used in the voltage for setting the upper and lower thresholds.

AN-573

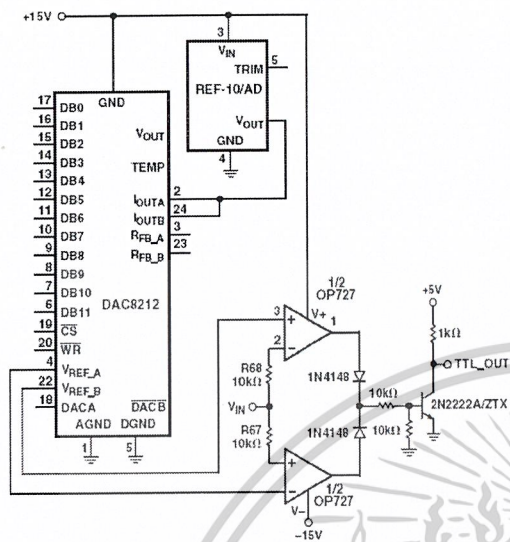


Figure 10. Programmable High Resolution Window Comparator

An OP777 is used to build a precision threshold detector. In this circuit, when $V_{IN} < V_{TH}$, the amplifier swings negative, reverse biasing the diode. $V_{OUT} = V_{TH}$ if $R_L = \infty$. When $V_{IN} > V_{TH}$, the feedback occurs and $V_{OUT} = V_{TH} + (V_{IN} - V_{TH})(1 + R_F/R_S)$. C is selected to make the loop respond in a smoother fashion.

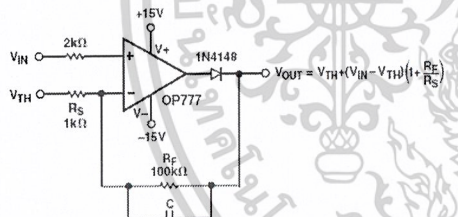


Figure 11. Precision Threshold Detector/Amplifier

For $V_{IN} > 0$ V and less than 2 kHz, there will not be any current flow through the feedback resistors, and the output voltage tracks the input. For $V_{IN} < 0$ V, the output of the first amplifier goes to 0 V (i.e., $-V_S$), which configures the second amplifier in inverting follower mode. The output is then a full-wave rectified version of the input signal. As can be seen from the schematic, a half-wave

rectified version of the signal is also available at the output of the first amplifier.

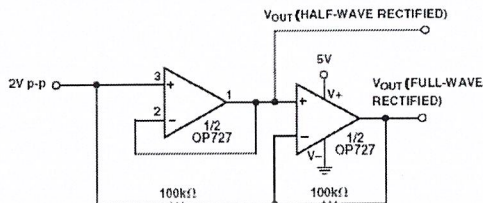


Figure 12. Single-Supply Half-Wave and Full-Wave Rectifier

RAIL-TO-RAIL OUTPUT

With light loads, the output can swing to within 1 mV of both supply rails and the parts are stable in a voltage-follower configuration. Short-circuit protection on the output protects the devices up to 30 mA with split ± 15 V supplies (10 mA with a single 5 V supply).

NEGATIVE RAIL INPUT

The amplifiers will respond to signals as low as 1 mV above ground in a single-supply arrangement. The OP7x7 family's true single-supply capability enables designers to operate down to the negative supply or ground in both single- and dual-supply applications.

The high gain and low TCV_{OS} of OP727 ensures accurate operation with microvolt input signals. (See Figure 13.) In this circuit, the input always appears as a common-mode signal to the op amps. The CMRR of the OP727 exceeds 120 dB, yielding an error of less than 2 ppm.

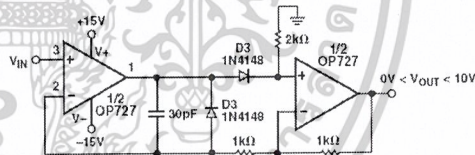


Figure 13. Precision Absolute Value Amplifier

A single-supply current source is shown in Figure 14. Large resistors are used to maintain micropower operation. Output current can be adjusted by changing the R_{10} resistor. Compliance voltage is

$$|V_L| \leq |V_{SAT}| - |V_S|; I_{OUT} = R_2/(R_8 \times R_{10}) \times V_S;$$

$$I_{OUT} = 1 \text{ mA} - 11 \text{ mA}; R_2 = R_{10} + R_7$$

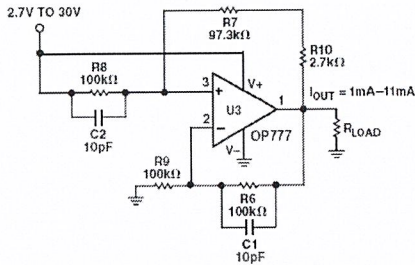


Figure 14. Single-Supply Current Source

When in single-supply applications, driving motors or actuators in two directions is often accomplished using an H bridge (see Figure 15). This driver is capable of driving loads from 0 V to 5 V in both directions. If this is used to drive inductive loads, be sure to add diode clamps to protect the bridge from inductive kickback.

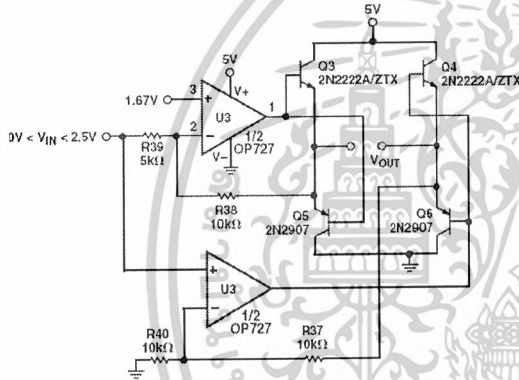


Figure 15. H Bridge

The current source shown in Figure 16 supplies both positive and negative current into grounded load. It should be noted that $Z_{OUT} = R2B \times ((R2A/R1) + 1) / ((R2B + R2A)/R1) - R2/R5$ and that for Z_{OUT} to be infinite, there should be $(R2A + R2B)/R1 = R2/R5$.

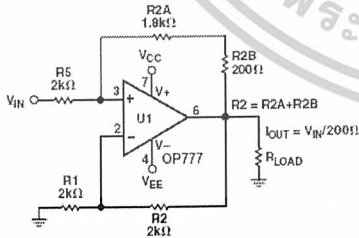


Figure 16. Bilateral Current Source

3V OVER THE INPUT

The PNP input stages are protected with 500 Ω current-limiting resistors, allowing input voltages up to 3 V higher than either rail without causing damage or phase reversals. The phase reversal protection operates for conditions where either one or both inputs are forced beyond their input common voltage range.

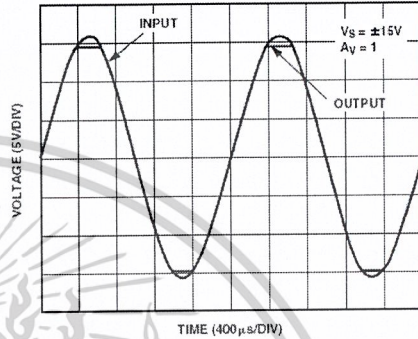


Figure 17. No Phase Inversion

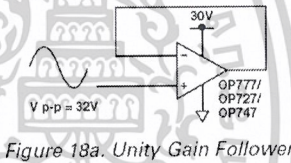


Figure 18a. Unity Gain Follower

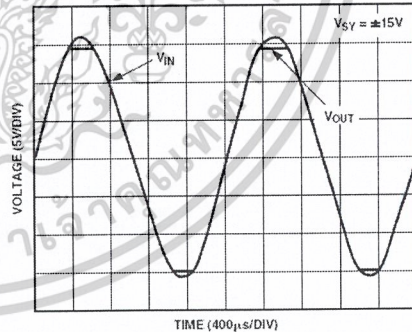


Figure 18b. Input Voltage Can Exceed the Supply Voltage without Damage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AN-573

The dynamic performance and noise characteristics of the devices are similar whether they are being used with single or dual supplies. The slew rate with a 2 k Ω load is 200 mV/ μ s, while the gain-bandwidth product is 700 kHz. Peak-to-peak voltage noise from 0.1 Hz to 10 Hz is 0.4 μ V, while the voltage noise density at 1 kHz is 15 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$.

The gain characteristics, of course, are rather different at differing rails. The inputs have a maximum, single temperature offset of 100 μ V with an input offset current of 2 nA and input bias current (I_B) of only 10 nA maximum. With a single 5 V rail, the common-mode rejection ratio (CMRR) is typically 110 dB and the large signal voltage gain is typically 500 V/mV with a 10 k Ω load. With ± 15 V rails, the CMRR increases, not surprisingly by 10 dB to 120 dB, and the large signal voltage gain increases to 2500 V/mV.

For designs operating at ± 15 V, the OP777 is the first low noise precision amplifier available in the tiny MSOP 8-lead package. The OP777 is also available in the SOIC 8-lead surface-mount package.

This family will be extremely useful in instrumentation, for remote sensor acquisition, and in precision filters. The high voltage range will allow the use of the parts for single-supply current sourcing and large range instrumentation amplifiers. Both single-supply and dual-supply linear-response bridges can also be built. The parts are ideal for use in low-side current monitors in power supply control circuits since the common-mode range extends to ground in the single-supply configuration.

DESIGN REMINDERS FOR ACHIEVING HIGH PERFORMANCE

As with any application, a good ground plane is essential to achieve the optimum performance. This can significantly reduce the undesirable effects of ground loops and $I \times R$ losses by providing a low impedance reference point. Best results are obtained with a multilayer board design with one layer assigned to the ground plane.

In order to minimize high frequency interference and prevent low frequency ground loops, shield grounding techniques are required when sensors are used. The cable shielding system should include the cable end connectors.

Switching power supplies with high output noise are normally used in many systems. This noise generally extends over a broad band of frequencies and occurs as both conducted and radiated noise, and unwanted electric and magnetic fields. The voltage output noise of switching supplies is short-duration voltage transients, or spikes that contain frequency components easily extending to 100 MHz or more. Although specifying switching supplies in terms of rms noise is a common vendor practice, a user should also specify the peak (or p-p) amplitudes of the switching spikes with the output loading of the individual system. Capacitors, inductors, ferrite beads, and resistors are used in filters for noise reduction. One can also do linear post regulation and separate the power supply circuit from sensitive analog circuits. Analog Devices manufactures many anyCAP[®] low dropout linear regulators. Examples of these devices are the ADP3300 to ADP3310 and ADP3335 to ADP3339 for supply voltages less than 12 V.

Capacitors are probably the single most important filter component for switchers. There are generally three classes of capacitors useful in filters in the 10 kHz to 100 MHz frequency range suitable for switchers. Capacitors are broadly distinguished by their generic dielectric types: electrolytic, film, and ceramic. Background and tutorial information on capacitors can be found in the article "Picking Capacitors"* and many vendor catalogs.

Chip capacitors should be used for supply bypassing, with one end of the capacitor connected to the ground plane and the other end connected within 1/8 inch of each power pin. An additional large tantalum electrolytic capacitor (4.7 μ F to 10 μ F) should be connected in parallel. This capacitor does not need to be placed as close to the supply pins as it provides current for fast large signal changes at the device's output.

Use short and wide PCB tracks to decrease voltage drops and minimize inductance. Make track widths at least 200 mils for every inch of track length for lowest DCB, and use 1 ounce or 2 ounce copper PCB traces to further reduce IR drops and inductance.

Be careful not to exceed the maximum junction temperature of the maximum power dissipation rating of an amplifier. If a capacitive load is to be connected to the output of the amplifier, be sure to include in the calculation the power dissipation caused by the rms ac current delivered to the load.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM236-2.5, LM336-2.5, LM336Y-2.5 2.5-V INTEGRATED REFERENCE CIRCUITS

SLVS063A – NOVEMBER 1988 – REVISED AUGUST 1995

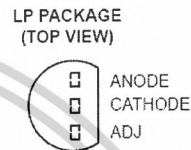
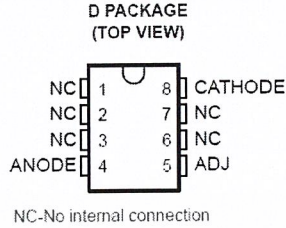
- Low Temperature Coefficient
- Wide Operating Current . . . 400 μ A to 10 mA
- 0.27- Ω Dynamic Impedance
- \pm 1% Tolerance Available
- Specified Temperature Stability
- Easily Trimmed for Minimum Temperature Drift
- Fast Turn-On
- Three-Lead Transistor Package

description

The LM236-2.5 and LM336-2.5 integrated circuits are precision 2.5-V shunt regulator diodes. These monolithic references operate as low temperature coefficient 2.5-V zeners with a 0.2- Ω dynamic impedance. A third terminal provided on the circuit allows the reference voltage and temperature coefficient to be easily trimmed.

The series are useful as precision 2.5-V low-voltage references (V_Z) for digital voltmeters, power supplies, or operational amplifier circuitry. The 2.5-V voltage reference makes it convenient to obtain a stable reference from 5-V logic supplies. Since the series operate as shunt regulators, they can be used as either positive or negative voltage references.

The LM236-2.5 is characterized for operation from -25°C to 85°C . The LM336-2.5 is characterized for operation from 0°C to 70°C .



symbol



AVAILABLE OPTIONS

T _A	PACKAGED DEVICES		CHIP FORM (Y)
	SMALL OUTLINE (D)	PLASTIC (LP)	
0°C to 70°C	LM336D-2.5	LM336LP-2.5	LM336Y-2.5
-25°C to 85°C	LM236D-2.5	LM236LP-2.5	—

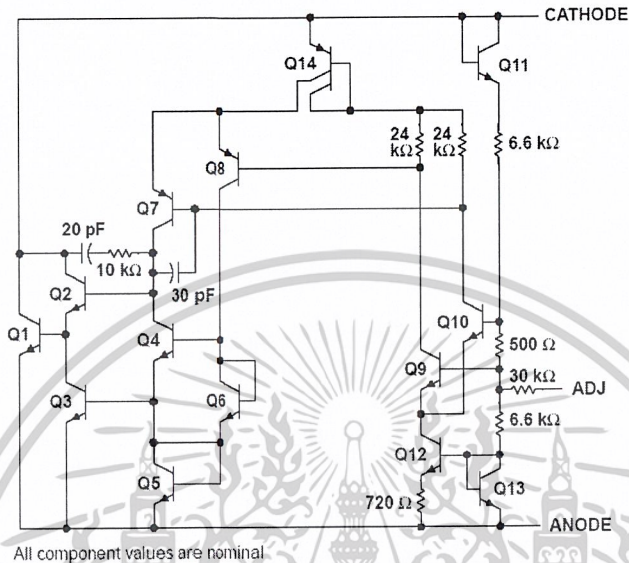
The D package is available taped and reeled. Add the suffix R to the device type (i.e., LM336DR-2.5).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM236-2.5, LM336-2.5, LM336Y-2.5 2.5-V INTEGRATED REFERENCE CIRCUITS

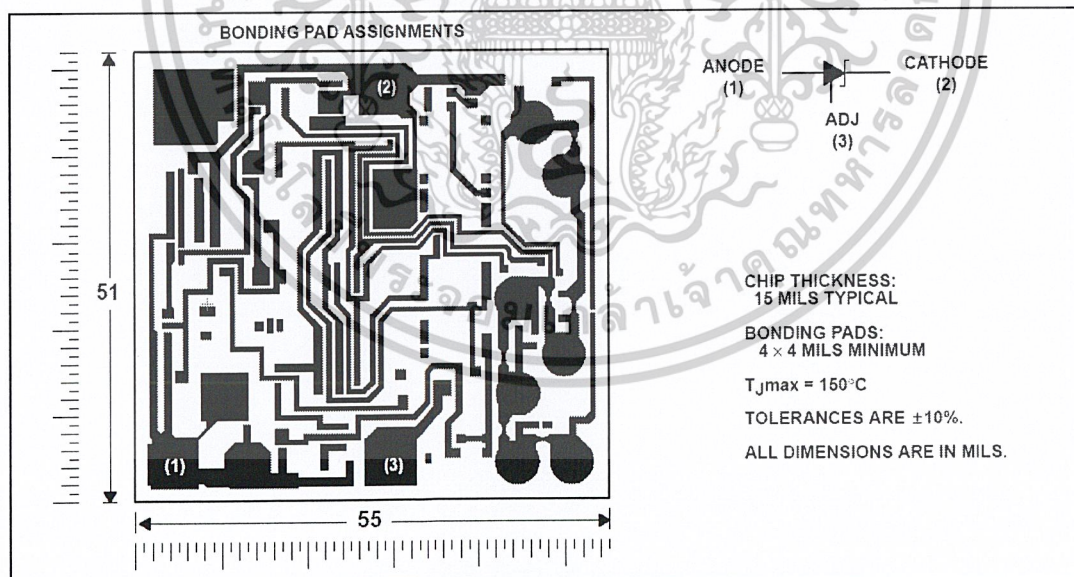
SLVS063A – NOVEMBER 1988 – REVISED AUGUST 1995

schematic diagram



LM336Y-2.5 chip information

This chip, when properly assembled, displays characteristics similar to the LM336-2.5 (see electrical tables). Thermal compression or ultrasonic bonding can be used on the doped aluminum bonding pads. The chip can be mounted with conductive epoxy or a gold-silicon preform.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM236-2.5, LM336-2.5, LM336Y-2.5 2.5-V INTEGRATED REFERENCE CIRCUITS

SLVS063A – NOVEMBER 1988 – REVISED AUGUST 1995

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Reverse current, I_R	20 mA
Forward current, I_F	10 mA
Operating free-air temperature range, T_A : LM236-2.5	-25°C to 85°C
LM336-2.5	0°C to 70°C
Storage temperature range, T_{stg}	-65°C to 150°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds: D or LP package	260°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

electrical characteristics at specified free-air temperature (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	T_A ‡	LM236-2.5			LM336-2.5			UNIT
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
V_Z Reference voltage	$I_Z = 1$ mA LM236, LM336 LM236A, LM336B	25°C	2.44	2.49	2.54	2.39	2.49	2.59	V
$\Delta V_Z(\Delta T)$ Change in reference voltage with temperature§	V_Z adjusted to 2.490 V, $I_Z = 1$ mA	Full range		3.5	9		1.8	6	mV
$\Delta V_Z(\Delta I)$ Change in reference voltage with current	$I_Z = 400$ μ A to 10 mA	25°C		2.6	6		2.6	10	mV
		Full range		3	10		3	12	
$\Delta V_Z(\Delta t)$ Long-term change in reference voltage	$I_Z = 1$ mA	25°C		20			20		ppm/khr
Z_Z Reference impedance	$I_Z = 1$ mA, $f = 1$ kHz	25°C		0.2	0.6		0.2	1	Ω
		Full range		0.4	1		0.4	1.4	

‡ Full range is -25°C to 85°C for the LM236-2.5 and 0°C to 70°C for the LM336-2.5.

§ Temperature stability (change in reference voltage with temperature) for these devices is ensured by design. Design limits are specified over the indicated temperature and supply voltage ranges. These limits are not used to calculate outgoing quality levels.

electrical characteristics, $T_A = 25^\circ\text{C}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM336Y-2.5			UNIT
		MIN	TYP	MAX	
V_Z Reference voltage	$I_Z = 1$ mA	2.39	2.49	2.59	V
$\Delta V_Z(\Delta I)$ Change in reference voltage with current	$I_Z = 400$ μ A to 10 mA		2.6	10	mV
$\Delta V_Z(\Delta t)$ Long-term change in reference voltage	$I_Z = 1$ mA		20		ppm/khr
Z_Z Reference impedance	$I_Z = 1$ mA, $f = 1$ kHz		0.2	1	Ω

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**LM236-2.5, LM336-2.5, LM336Y-2.5
2.5-V INTEGRATED REFERENCE CIRCUITS**

SLVS063A – NOVEMBER 1988 – REVISED AUGUST 1995

TYPICAL CHARACTERISTICS

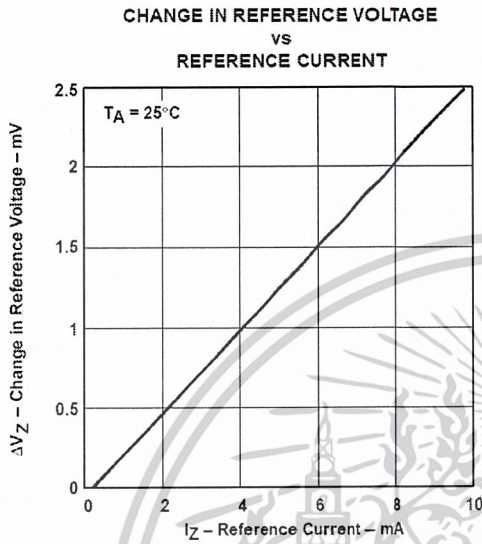


Figure 1

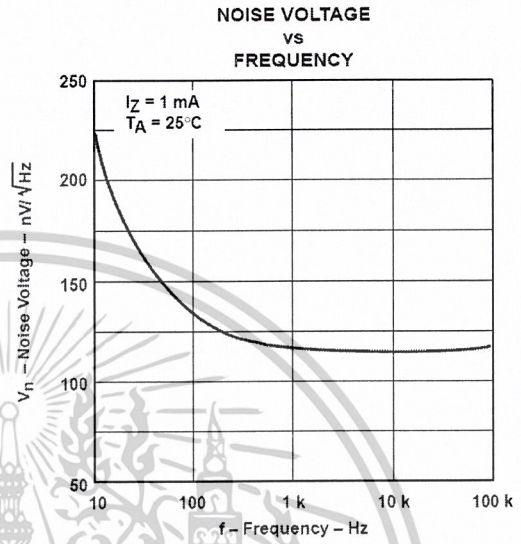


Figure 2

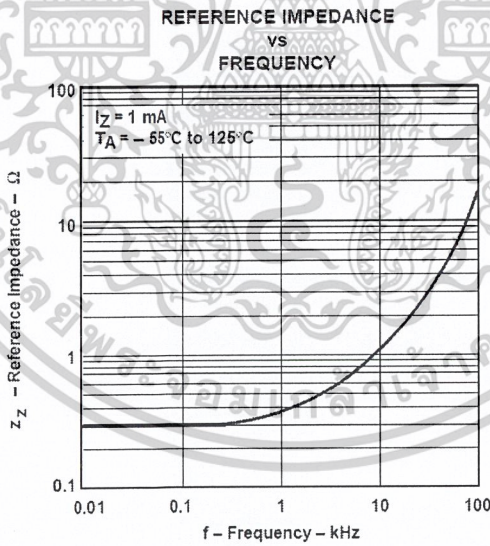


Figure 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM236-2.5, LM336-2.5, LM336Y-2.5 2.5-V INTEGRATED REFERENCE CIRCUITS

SLVS063A – NOVEMBER 1988 – REVISED AUGUST 1995

APPLICATION INFORMATION

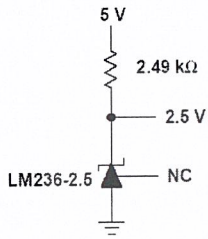
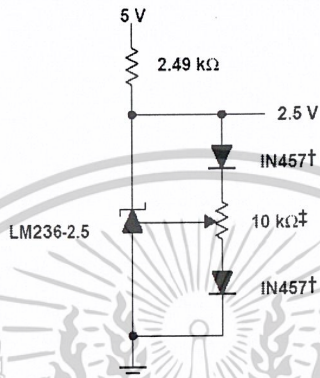


Figure 3. 2.5-V Reference



† Any silicon signal diode
‡ Adjust to 2.49 V

Figure 4. 2.5-V Reference With Minimum Temperature Coefficient

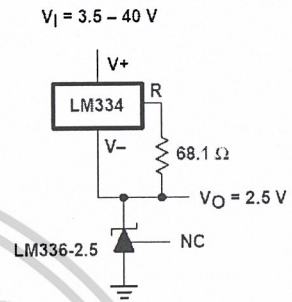


Figure 5. Wide Input Range Reference

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments (TI) reserves the right to make changes to its products or to discontinue any semiconductor product or service without notice, and advises its customers to obtain the latest version of relevant information to verify, before placing orders, that the information being relied on is current.

TI warrants performance of its semiconductor products and related software to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are utilized to the extent TI deems necessary to support this warranty. Specific testing of all parameters of each device is not necessarily performed, except those mandated by government requirements.

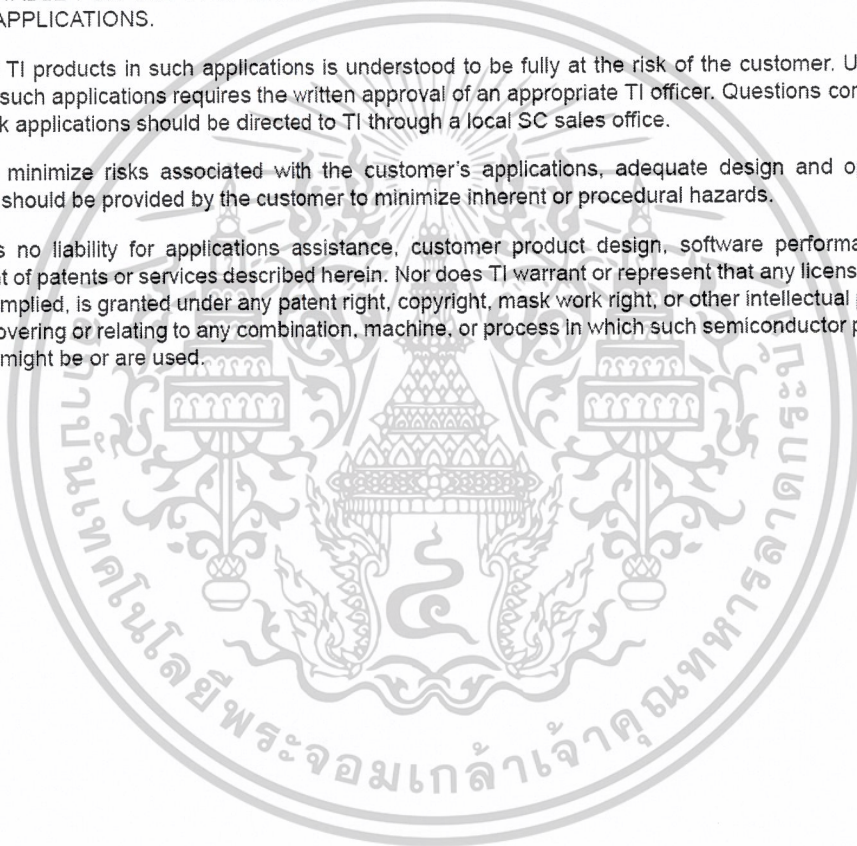
Certain applications using semiconductor products may involve potential risks of death, personal injury, or severe property or environmental damage ("Critical Applications").

TI SEMICONDUCTOR PRODUCTS ARE NOT DESIGNED, INTENDED, AUTHORIZED, OR WARRANTED TO BE SUITABLE FOR USE IN LIFE-SUPPORT APPLICATIONS, DEVICES OR SYSTEMS OR OTHER CRITICAL APPLICATIONS.

Inclusion of TI products in such applications is understood to be fully at the risk of the customer. Use of TI products in such applications requires the written approval of an appropriate TI officer. Questions concerning potential risk applications should be directed to TI through a local SC sales office.

In order to minimize risks associated with the customer's applications, adequate design and operating safeguards should be provided by the customer to minimize inherent or procedural hazards.

TI assumes no liability for applications assistance, customer product design, software performance, or infringement of patents or services described herein. Nor does TI warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right of TI covering or relating to any combination, machine, or process in which such semiconductor products or services might be or are used.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CMOS 8-bit A/D converters

ADC0803/4-1

DESCRIPTION

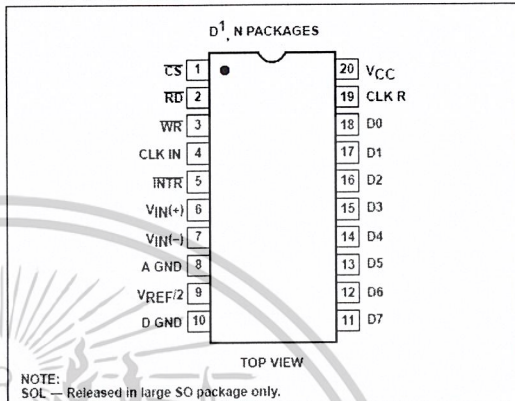
The ADC0803 family is a series of three CMOS 8-bit successive approximation A/D converters using a resistive ladder and capacitive array together with an auto-zero comparator. These converters are designed to operate with microprocessor-controlled buses using a minimum of external circuitry. The 3-State output data lines can be connected directly to the data bus.

The differential analog voltage input allows for increased common-mode rejection and provides a means to adjust the zero-scale offset. Additionally, the voltage reference input provides a means of encoding small analog voltages to the full 8 bits of resolution.

FEATURES

- Compatible with most microprocessors
- Differential inputs
- 3-State outputs
- Logic levels TTL and MOS compatible
- Can be used with internal or external clock
- Analog input range 0V to V_{CC}
- Single 5V supply
- Guaranteed specification with 1MHz clock

PIN CONFIGURATION



APPLICATIONS

- Transducer-to-microprocessor interface
- Digital thermometer
- Digitally-controlled thermostat
- Microprocessor-based monitoring and control systems

ORDERING INFORMATION

DESCRIPTION	TEMPERATURE RANGE	ORDER CODE	DWG #
20-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-40 to +85°C	ADC0803/04-1 LCN	0408B
20-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	0 to 70°C	ADC0803/04-1 CN	0408B
20-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	0 to 70°C	ADC0803/04-1 CD	1021B
20-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	-40 to 85°C	ADC0803/04-1 LCD	1021B

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

SYMBOL	PARAMETER	RATING	UNIT
V_{CC}	Supply voltage	6.5	V
	Logic control input voltages	-0.3 to +16	V
	All other input voltages	-0.3 to ($V_{CC} + 0.3$)	V
T_A	Operating temperature range		
	ADC0803/04-1 LCD	-40 to +85	°C
	ADC0803/04-1 LCN	-40 to +85	°C
	ADC0803/04-1 CD	0 to +70	°C
	ADC0803/04-1 CN	0 to +70	°C
T_{STG}	Storage temperature	-65 to +150	°C
T_{SOLD}	Lead soldering temperature (10 seconds)	300	°C
P_D	Maximum power dissipation		
	$T_A = 25^\circ\text{C}$ (still air) ¹		
	N package	1690	mW
	D package	1390	mW

NOTES:

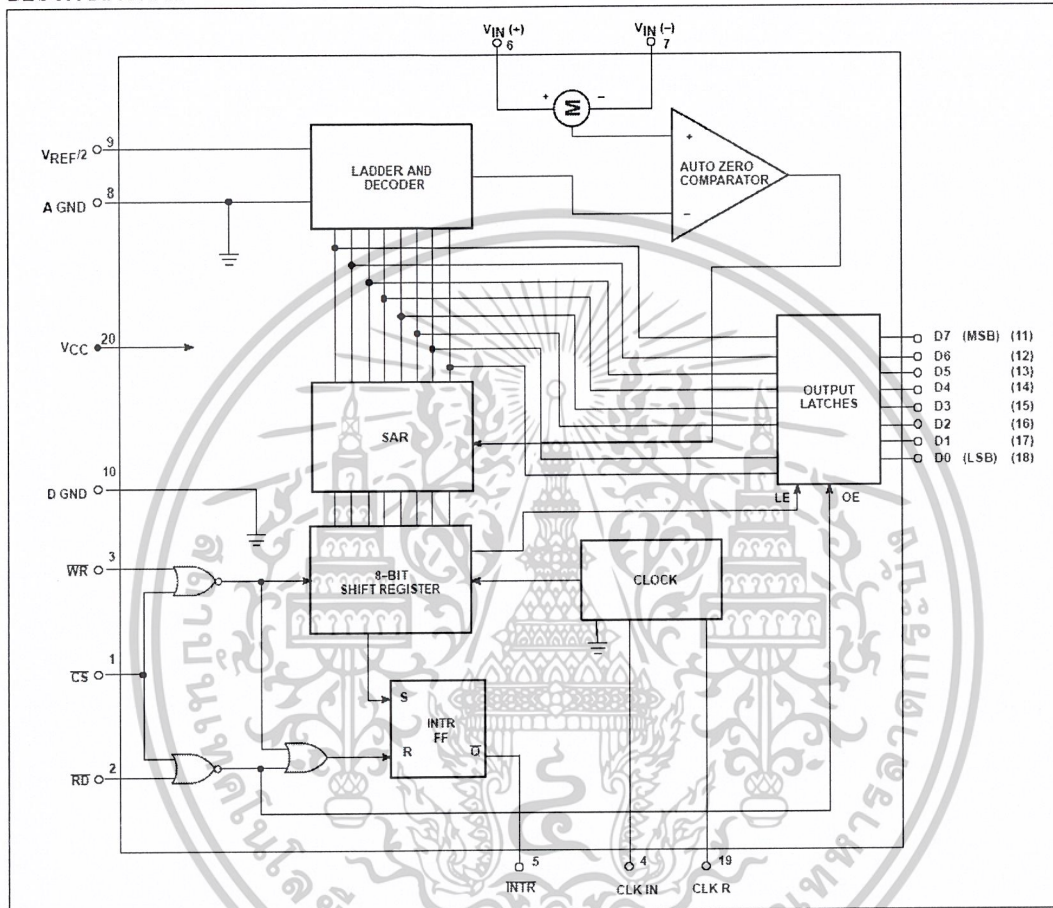
1. Derate above 25°C, at the following rates: N package at 13.5mW/°C; D package at 11.1mW/°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CMOS 8-bit A/D converters

ADC0803/4-1

BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CMOS 8-bit A/D converters

ADC0803/4-1

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

$V_{CC} = 5.0V$, $f_{CLK} = 1MHz$, $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$, unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	ADC0803/4			UNIT
			Min	Typ	Max	
	ADC0803 relative accuracy error (adjusted)	Full-Scale adjusted			0.50	LSB
	ADC0804 relative accuracy error (unadjusted)	$V_{REF/2} = 2.500V_{DC}$			1	LSB
R_{IN}	$V_{REF/2}$ input resistance ³	$V_{CC} = 0V^2$	400	680		Ω
	Analog input voltage range ³		-0.05		$V_{CC} + 0.05$	V
	DC common-mode error	Over analog input voltage range		1/16	1/8	LSB
	Power supply sensitivity	$V_{CC} = 5V \pm 10\%^1$		1/16		LSB
Control inputs						
V_{IH}	Logical "1" input voltage	$V_{CC} = 5.25V_{DC}$	2.0		15	V_{DC}
V_{IL}	Logical "0" input voltage	$V_{CC} = 4.75V_{DC}$			0.8	V_{DC}
I_{IH}	Logical "1" input current	$V_{IN} = 5V_{DC}$		0.005	1	μA_{DC}
I_{IL}	Logical "0" input current	$V_{IN} = 0V_{DC}$	-1	-0.005		μA_{DC}
Clock in and clock R						
V_{T+}	Clock in positive-going threshold voltage		2.7	3.1	3.5	V_{DC}
V_{T-}	Clock in negative-going threshold voltage		1.5	1.8	2.1	V_{DC}
V_H	Clock in hysteresis (V_{T+}) - (V_{T-})		0.6	1.3	2.0	V_{DC}
V_{OL}	Logical "0" clock R output voltage	$I_{OL} = 360\mu A$, $V_{CC} = 4.75V_{DC}$			0.4	V_{DC}
V_{OH}	Logical "1" clock R output voltage	$I_{OH} = -360\mu A$, $V_{CC} = 4.75V_{DC}$	2.4			V_{DC}
Data output and INTR						
V_{OL}	Logical "0" output voltage					
	Data outputs	$I_{OL} = 1.6mA$, $V_{CC} = 4.75V_{DC}$			0.4	V_{DC}
	INTR outputs	$I_{OL} = 1.0mA$, $V_{CC} = 4.75V_{DC}$			0.4	V_{DC}
V_{OH}	Logical "1" output voltage	$I_{OH} = -360\mu A$, $V_{CC} = 4.75V_{DC}$	2.4			V_{DC}
		$I_{OH} = -10\mu A$, $V_{CC} = 4.75V_{DC}$	4.5			
I_{OZL}	3-state output leakage	$V_{OUT} = 0V_{DC}$, CS = logical "1"	-3			μA_{DC}
I_{OZH}	3-state output leakage	$V_{OUT} = 5V_{DC}$, CS = logical "1"			3	μA_{DC}
I_{SC}	+Output short-circuit current	$V_{OUT} = 0V$, $T_A = 25^\circ C$	4.5	12		mA_{DC}
I_{SC}	-Output short-circuit current	$V_{OUT} = V_{CC}$, $T_A = 25^\circ C$	9.0	30		mA_{DC}
I_{CC}	Power supply current	$f_{CLK} = 1MHz$, $V_{REF/2} = OPEN$, CS = Logical "1", $T_A = 25^\circ C$		3.0	3.5	mA

NOTES:

- Analog inputs must remain within the range, $-0.05 \leq V_{IN} \leq V_{CC} + 0.05V$.
- See typical performance characteristics for input resistance at $V_{CC} = 5V$.
- $V_{REF/2}$ and V_{IN} must be applied after the V_{CC} has been turned on to prevent the possibility of latching.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CMOS 8-bit A/D converters

ADC0803/4-1

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	TO	FROM	TEST CONDITIONS	ADC0803/4			UNIT
					Min	Typ	Max	
	Conversion time			$f_{CLK}=1\text{MHz}^1$	66		73	μs
f_{CLK}	Clock frequency ¹				0.1	1.0	3.0	MHz
	Clock duty cycle ¹				40		60	%
CR	Free-running conversion rate			$\overline{CS}=0, f_{CLK}=1\text{MHz}$ INTR tied to WR			13690	conv/s
$t_{W(WR)L}$	Start pulse width			$\overline{CS}=0$	30			ns
t_{ACC}	Access time	Output	RD	$\overline{CS}=0, C_L=100\text{pF}$		75	100	ns
t_{IH}, t_{OH}	3-State control	Output	RD	$C_L=10\text{pF}, R_L=10\text{k}\Omega$ See 3-State test circuit		70	100	ns
t_{W1}, t_{R1}	INTR delay	INTR	WD or RD			100	150	ns
C_{IN}	Logic input-capacitance					5	7.5	pF
C_{OUT}	3-State output capacitance					5	7.5	pF

NOTES:

1. Accuracy is guaranteed at $f_{CLK}=1\text{MHz}$. Accuracy may degrade at higher clock frequencies.

FUNCTIONAL DESCRIPTION

These devices operate on the Successive Approximation principle. Analog switches are closed sequentially by successive approximation logic until the input to the auto-zero comparator [$V_{IN(+)}-V_{IN(-)}$] matches the voltage from the decoder. After all bits are tested and determined, the 8-bit binary code corresponding to the input voltage is transferred to an output latch. Conversion begins with the arrival of a pulse at the WR input if the CS input is low. On the High-to-Low transition of the signal at the WR or the CS input, the SAR is initialized, the shift register is reset, and the INTR output is set high. The A/D will remain in the reset state as long as the CS and WR inputs remain low. Conversion will start from one to eight clock periods after one or both of these inputs makes a Low-to-High transition. After the conversion is complete, the INTR pin will make a High-to-Low transition. This can be used to interrupt a processor, or otherwise signal the availability of a new conversion result. A read (RD) operation (with CS low) will clear the INTR line and enable the output latches. The device may be run in the free-running mode as described later. A conversion in progress can be interrupted by issuing another start command.

Digital Control Inputs

The digital control inputs (CS, WR, RD) are compatible with standard TTL logic voltage levels. The required signals at these inputs correspond to Chip Select, START Conversion, and Output Enable control signals, respectively. They are active-Low for easy interface to microprocessor and microcontroller control buses. For applications not using microprocessors, the CS input (Pin 1) can be grounded and the A/D START function is achieved by a negative-going pulse to the WR input (Pin 3). The Output Enable function is achieved by a logic low signal at the RD input (Pin 2), which may be grounded to constantly have the latest conversion present at the output.

ANALOG OPERATION

Analog Input Current

The analog comparisons are performed by a capacitive charge summing circuit. The input capacitor is switched between $V_{IN(+)}$ and $V_{IN(-)}$, while reference capacitors are switched between taps on the reference voltage divider string. The net charge corresponds to the weighted difference between the input and the most recent total value set by the successive approximation register.

The internal switching action causes displacement currents to flow at the analog inputs. The voltage on the on-chip capacitance is switched through the analog differential input voltage, resulting in proportional currents entering the $V_{IN(+)}$ input and leaving the $V_{IN(-)}$ input. These transient currents occur at the leading edge of the internal clock pulses. They decay rapidly so do not inherently cause errors as the on-chip comparator is strobed at the end of the clock period.

Input Bypass Capacitors and Source Resistance

Bypass capacitors at the input will average the charges mentioned above, causing a DC and an AC current to flow through the output resistance of the analog signal sources. This charge pumping action is worse for continuous conversions with the $V_{IN(+)}$ input at full scale. This current can be a few microamps, so bypass capacitors should NOT be used at the analog inputs of the $V_{REF}/2$ input for high resistance sources ($> 1\text{k}\Omega$). If input bypass capacitors are desired for noise filtering and a high source resistance is desired to minimize capacitor size, detrimental effects of the voltage drop across the input resistance can be eliminated by adjusting the full scale with both the input resistance and the input bypass capacitor in place. This is possible because the magnitude of the input current is a precise linear function of the differential voltage.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CMOS 8-bit A/D converters

ADC0803/4-1

Large values of source resistance where an input bypass capacitor is not used will not cause errors as the input currents settle out prior to the comparison time. If a low pass filter is required in the system, use a low valued series resistor ($< 1k\Omega$) for a passive RC section or add an op amp active filter (low pass). For applications with source resistances at or below $1k\Omega$, a 0.1 μ F bypass capacitor at the inputs will prevent pickup due to series lead inductance or a long wire. A 100 Ω series resistor can be used to isolate this capacitor (both the resistor and capacitor should be placed out of the feedback loop) from the output of the op amp, if used.

Analog Differential Voltage Inputs and Common-Mode Rejection

These A/D converters have additional flexibility due to the analog differential voltage input. The $V_{IN(-)}$ input (Pin 7) can be used to subtract a fixed voltage from the input reading (tare correction). This is also useful in a 4/20mA current loop conversion. Common-mode noise can also be reduced by the use of the differential input.

The time interval between sampling $V_{IN(+)}$ and $V_{IN(-)}$ is 4.5 clock periods. The maximum error due to this time difference is given by:

$$V(\max) = (V_P) (2f_{CM}) (4.5/f_{CLK}),$$

where:

V = error voltage due to sampling delay

V_P = peak value of common-mode voltage

f_{CM} = common mode frequency

For example, with a 60Hz common-mode frequency, f_{CM} , and a 1MHz A/D clock, f_{CLK} , keeping this error to 1/4 LSB (about 5mV) would allow a common-mode voltage, V_P , which is given by:

$$V_P = \frac{V(\max) (f_{CLK})}{(2f_{CM})(4.5)}$$

or

$$V_P = \frac{(5 \times 10^{-3}) (10^6)}{(6.28) (60) (4.5)} = 2.95V$$

The allowed range of analog input voltages usually places more severe restrictions on input common-mode voltage levels than this, however.

An analog input span less than the full 5V capability of the device, together with a relatively large zero offset, can be easily handled by use of the differential input. (See Reference Voltage Span Adjust).

Noise and Stray Pickup

The leads of the analog inputs (Pins 6 and 7) should be kept as short as possible to minimize input noise coupling and stray signal pick-up. Both EMI and undesired digital signal coupling to these inputs can cause system errors. The source resistance for these inputs should generally be below 5k Ω to help avoid undesired noise pickup. Input bypass capacitors at the analog inputs can create errors as described previously. Full scale adjustment with any input bypass capacitors in place will eliminate these errors.

Reference Voltage

For application flexibility, these A/D converters have been designed to accommodate fixed reference voltages of 5V to Pin 20 or 2.5V to Pin 9, or an adjusted reference voltage at Pin 9. The reference can be set by forcing it at $V_{REF/2}$ input, or can be determined by the supply voltage (Pin 20). Figure 1 indicates how this is accomplished.

Reference Voltage Span Adjust

Note that the Pin 9 ($V_{REF/2}$) voltage is either 1/2 the voltage applied to the V_{CC} supply pin, or is equal to the voltage which is externally forced at the $V_{REF/2}$ pin. In addition to allowing for flexible references and full span voltages, this also allows for a ratiometric voltage reference. The internal gain of the $V_{REF/2}$ input is 2, making the full-scale differential input voltage twice the voltage at Pin 9.

For example, a dynamic voltage range of the analog input voltage that extends from 0 to 4V gives a span of 4V (4-0), so the $V_{REF/2}$ voltage can be made equal to 2V (half of the 4V span) and full scale output would correspond to 4V at the input.

On the other hand, if the dynamic input voltage had a range of 0.5 to 3.5V, the span or dynamic input range is 3V (3.5-0.5). To encode this 3V span with 0.5V yielding a code of zero, the minimum expected input (0.5V, in this case) is applied to the $V_{IN(-)}$ pin to account for the offset, and the $V_{REF/2}$ pin is set to 1/2 the 3V span, or 1.5V. The A/D converter will now encode the $V_{IN(+)}$ signal between 0.5 and 3.5V with 0.5V at the input corresponding to a code of zero and 3.5V at the input producing a full scale output code. The full 8 bits of resolution are thus applied over this reduced input voltage range. The required connections are shown in Figure 2.

Operating Mode

These converters can be operated in two modes:

- 1) absolute mode
- 2) ratiometric mode

In absolute mode applications, both the initial accuracy and the temperature stability of the reference voltage are important factors in the accuracy of the conversion. For $V_{REF/2}$ voltages of 2.5V, initial errors of $\pm 10mV$ will cause conversion errors of ± 1 LSB due to the gain of 2 at the $V_{REF/2}$ input. In reduced span applications, the initial value and stability of the $V_{REF/2}$ input voltage become even more important as the same error is a larger percentage of the $V_{REF/2}$ nominal value. See Figure 3.

In ratiometric converter applications, the magnitude of the reference voltage is a factor in both the output of the source transducer and the output of the A/D converter, and, therefore, cancels out in the final digital code. See Figure 4.

Generally, the reference voltage will require an initial adjustment. Errors due to an improper reference voltage value appear as full-scale errors in the A/D transfer function.

ERRORS AND INPUT SPAN ADJUSTMENTS

There are many sources of error in any data converter, some of which can be adjusted out. Inherent errors, such as relative accuracy, cannot be eliminated, but such errors as full-scale and zero scale offset errors can be eliminated quite easily. See Figure 2.

Zero Scale Error

Zero scale error of an A/D is the difference of potential between the ideal 1/2 LSB value (9.8mV for $V_{REF/2}=2.500V$) and that input voltage which just causes an output transition from code 0000 0000 to a code of 0000 0001.

If the minimum input value is not ground potential, a zero offset can be made. The converter can be made to output a digital code of 0000 0000 for the minimum expected input voltage by biasing the $V_{IN(-)}$ input to that minimum value expected at the $V_{IN(-)}$ input to that minimum value expected at the $V_{IN(+)}$ input. This uses the

CMOS 8-bit A/D converters

ADC0803/4-1

differential mode of the converter. Any offset adjustment should be done prior to full scale adjustment.

Full Scale Adjustment

Full scale gain is adjusted by applying any desired offset voltage to $V_{IN(-)}$, then applying the $V_{IN(+)}$ a voltage that is 1-1/2 LSB less than the desired analog full-scale voltage range and then adjusting the magnitude of $V_{REF/2}$ input voltage (or the V_{CC} supply if there is no $V_{REF/2}$ input connection) for a digital output code which just changes from 1111 1110 to 1111 1111. The ideal $V_{IN(+)}$ voltage for this full-scale adjustment is given by:

$$V_{IN(+)} = V_{IN(-)} - 1.5 \times \frac{V_{MAX} - V_{MIN}}{255}$$

where:

V_{MAX} =high end of analog input range (ground referenced)

V_{MIN} =low end (zero offset) of analog input (ground referenced)

CLOCKING OPTION

The clock signal for these A/Ds can be derived from external sources, such as a system clock, or self-clocking can be accomplished by adding an external resistor and capacitor, as shown in Figure 6.

Heavy capacitive or DC loading of the CLK R pin should be avoided as this will disturb normal converter operation. Loads less than 50pF are allowed. This permits driving up to seven A/D converter CLK IN pins of this family from a single CLK R pin of one converter. For larger loading of the clock line, a CMOS or low power TTL buffer or PNP input logic should be used to minimize the loading on the CLK R pin.

Restart During a Conversion

A conversion in process can be halted and a new conversion began by bringing the CS and WR inputs low and allowing at least one of them to go high again. The output data latch is not updated if the conversion in progress is not completed; the data from the previously completed conversion will remain in the output data latches until a subsequent conversion is completed.

Continuous Conversion

To provide continuous conversion of input data, the CS and RD inputs are grounded and INTR output is tied to the WR input. This INTR/WR connection should be momentarily forced to a logic low upon power-up to insure circuit operation. See Figure 5 for one way to accomplish this.

DRIVING THE DATA BUS

This CMOS A/D converter, like MOS microprocessors and memories, will require a bus driver when the total capacitance of the data bus gets large. Other circuitry tied to the data bus will add to the total capacitive loading, even in the high impedance mode.

There are alternatives in handling this problem. The capacitive loading of the data bus slows down the response time, although DC specifications are still met. For systems with a relatively low CPU clock frequency, more time is available in which to establish proper logic levels on the bus, allowing higher capacitive loads to be driven (see Typical Performance Characteristics).

At higher CPU clock frequencies, time can be extended for I/O reads (and/or writes) by inserting wait states (8880) or using clock-extending circuits (6800, 8035).

Finally, if time is critical and capacitive loading is high, external bus drivers must be used. These can be 3-State buffers (low power Schottky is recommended, such as the N74LS240 series) or special higher current drive products designed as bus drivers. High current bipolar bus drivers with PNP inputs are recommended as the PNP input offers low loading of the A/D output, allowing better response time.

POWER SUPPLIES

Noise spikes on the V_{CC} line can cause conversion errors as the internal comparator will respond to them. A low inductance filter capacitor should be used close to the converter V_{CC} pin and values of 1 μ F or greater are recommended. A separate 5V regulator for the converter (and other 5V linear circuitry) will greatly reduce digital noise on the V_{CC} supply and the attendant problems.

WIRING AND LAYOUT PRECAUTIONS

Digital wire-wrap sockets and connections are not satisfactory for breadboarding this (or any) A/D converter. Sockets on PC boards can be used. All logic signal wires and leads should be grouped or kept as far as possible from the analog signal leads. Single wire analog input leads may pick up undesired hum and noise, requiring the use of shielded leads to the analog inputs in many applications.

A single-point analog ground separate from the logic or digital ground points should be used. The power supply bypass capacitor and the self-clocking capacitor, if used, should be returned to digital ground. Any $V_{REF/2}$ bypass capacitor, analog input filter capacitors, and any input shielding should be returned to the analog ground point. Proper grounding will minimize zero-scale errors which are present in every code. Zero-scale errors can usually be traced to improper board layout and wiring.

APPLICATIONS**Microprocessor Interfacing**

This family of A/D converters was designed for easy microprocessor interfacing. These converters can be memory mapped with appropriate memory address decoding for CS (read) input. The active-Low write pulse from the processor is then connected to the WR input of the A/D converter, while the processor active-Low read pulse is fed to the converter RD input to read the converted data. If the clock signal is derived from the microprocessor system clock, the designer/programmer should be sure that there is no attempt to read the converter until 74 converter clock pulses after the start pulse goes high. Alternatively, the INTR pin may be used to interrupt the processor to cause reading of the converted data. Of course, the converter can be connected and addressed as a peripheral (in I/O space), as shown in Figure 7. A bus driver should be used as a buffer to the A/D output in large microprocessor systems where the data leaves the PC board and/or must drive capacitive loads in excess of 100pF. See Figure 9.

Interfacing the SCN8048 microcomputer family is pretty simple, as shown in Figure 8. Since the SCN8048 family has 24 I/O lines, one of these (shown here as bit 0 or port 1) can be used as the chip select signal to the converter, eliminating the need for an address

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CMOS 8-bit A/D converters

ADC0803/4-1

decoder. The RD and WR signals are generated by reading from and writing to a dummy address.

Digitizing a Transducer Interface Output

Circuit Description

Figure 10 shows an example of digitizing transducer interface output voltage. In this case, the transducer interface is the NE5521, an LVDT (Linear Variable Differential Transformer) Signal Conditioner. The diode at the A/D input is used to insure that the input to the A/D does not go excessively beyond the supply voltage of the A/D. See the NE5521 data sheet for a complete description of the operation of that part.

Circuit Adjustment

To adjust the full scale and zero scale of the A/D, determine the range of voltages that the transducer interface output will take on. Set the LVDT core for null and set the Zero Scale Scale Adjust Potentiometer for a digital output from the A/D of 1000 000. Set the LVDT core for maximum voltage from the interface and set the Full Scale Adjust potentiometer so the A/D output is just barely 1111 1111.

A Digital Thermostat

Circuit Description

The schematic of a Digital Thermostat is shown in Figure 11. The A/D digitizes the output of the LM35, a temperature transducer IC with an output of 10mV per °C. With $V_{REF/2}$ set for 2.56V, this 10mV corresponds to 1/2 LSB and the circuit resolution is 2°C. Reducing $V_{REF/2}$ to 1.28 yields a resolution of 1°C. Of course, the lower $V_{REF/2}$ is, the more sensitive the A/D will be to noise.

The desired temperature is set by holding either of the set buttons closed. The SCC80C451 programming could cause the desired (set) temperature to be displayed while either button is depressed and for a short time after it is released. At other times the ambient temperature could be displayed.

The set temperature is stored in an SCN8051 internal register. The A/D conversion is started by writing anything at all to the A/D with port pin P10 set high. The desired temperature is compared with the digitized actual temperature, and the heater is turned on or off by clearing setting port pin P12. If desired, another port pin could be used to turn on or off an air conditioner.

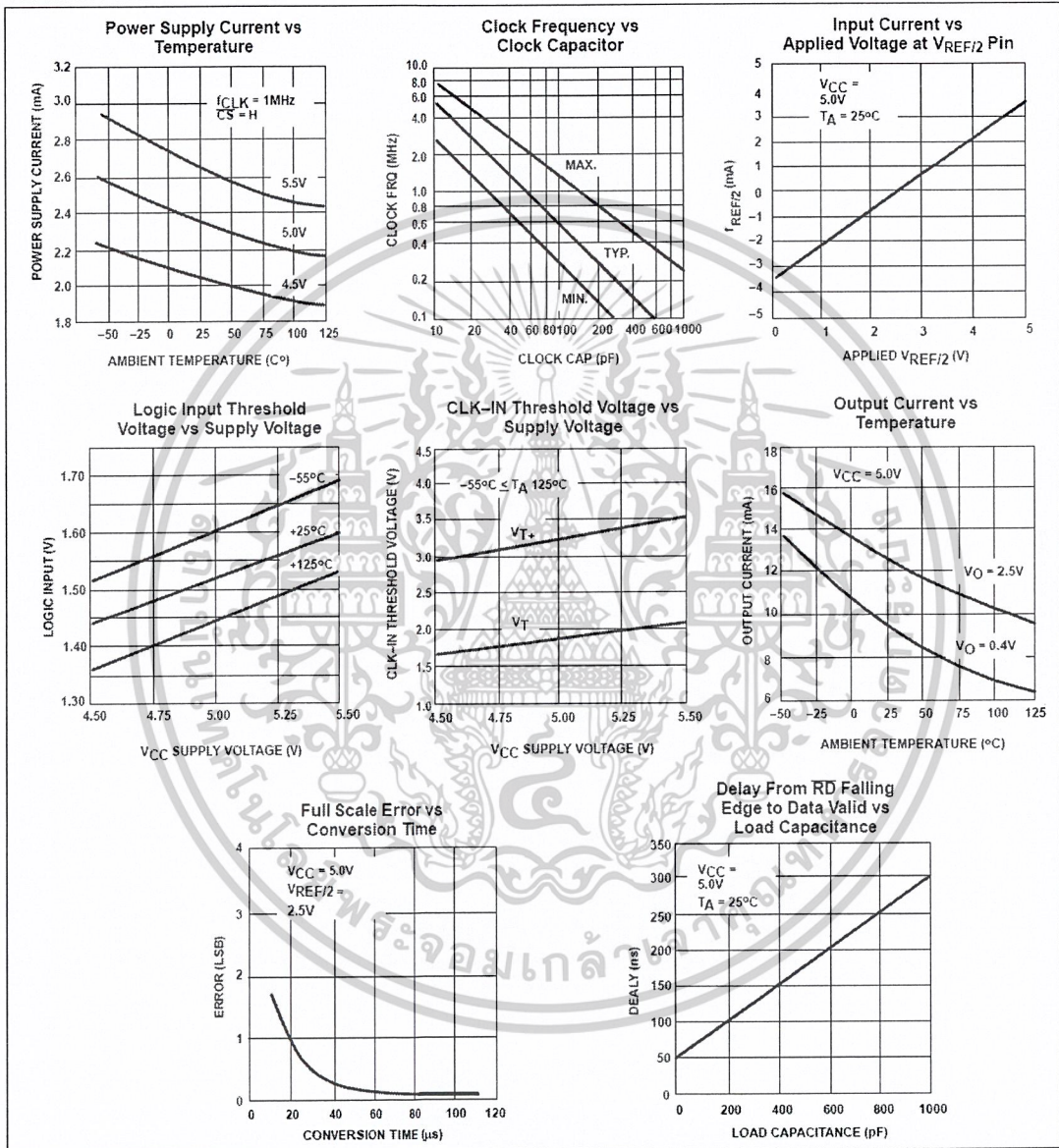
The display drivers are NE567s if common anode LED displays are used. Of course, it is possible to interface to LCD displays as well.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CMOS 8-bit A/D converters

ADC0803/4-1

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS

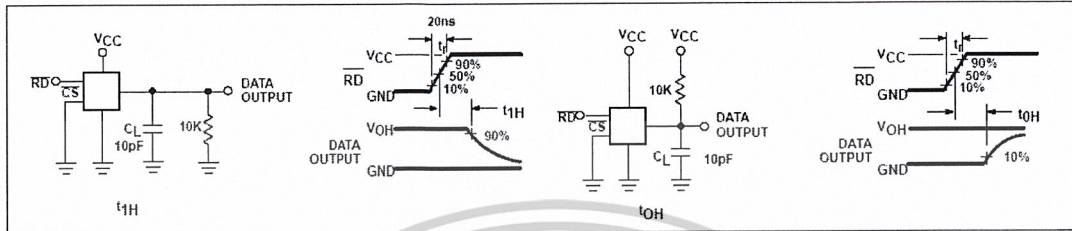


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

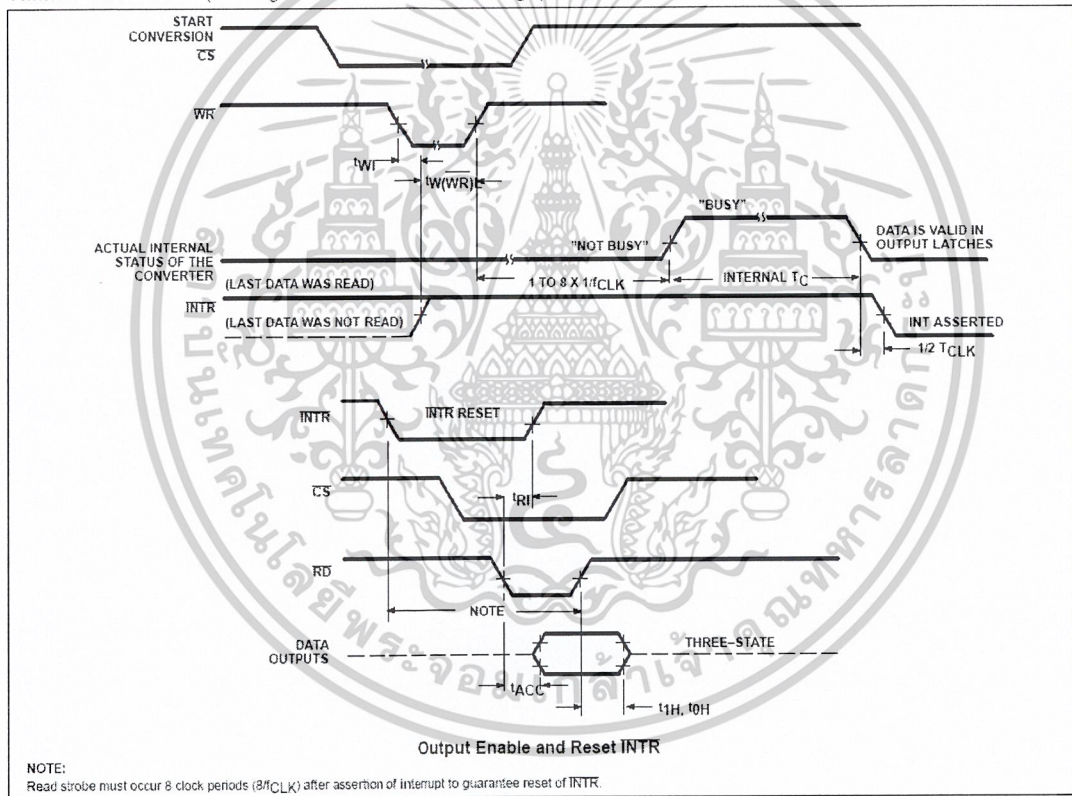
CMOS 8-bit A/D converters

ADC0803/4-1

3-STATE TEST CIRCUITS AND WAVEFORMS (ADC0801-1)



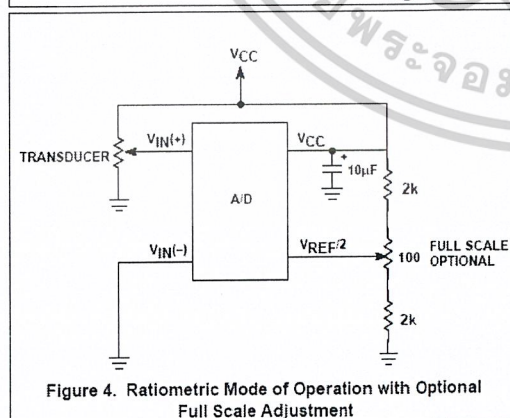
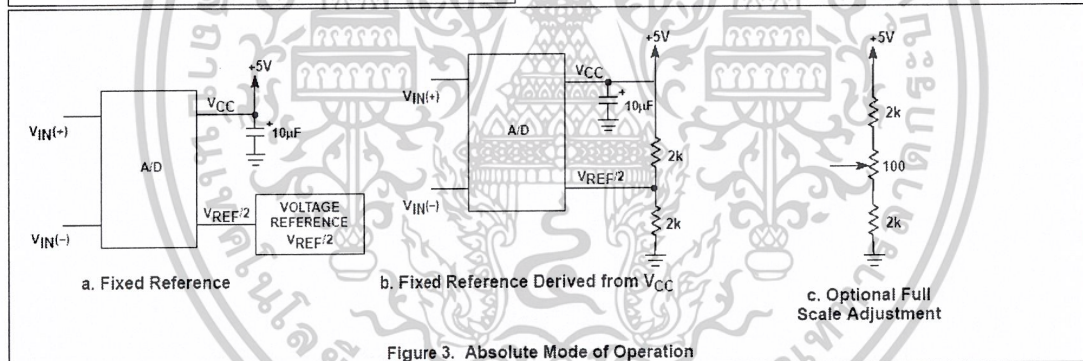
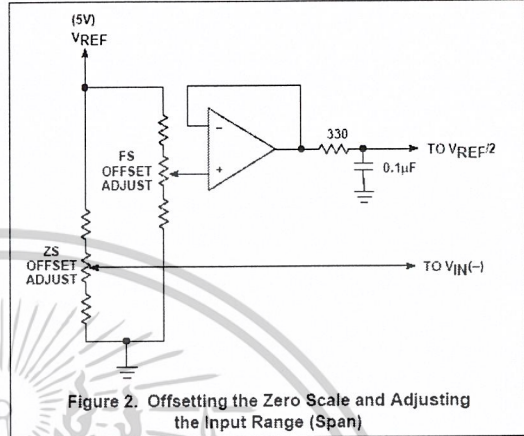
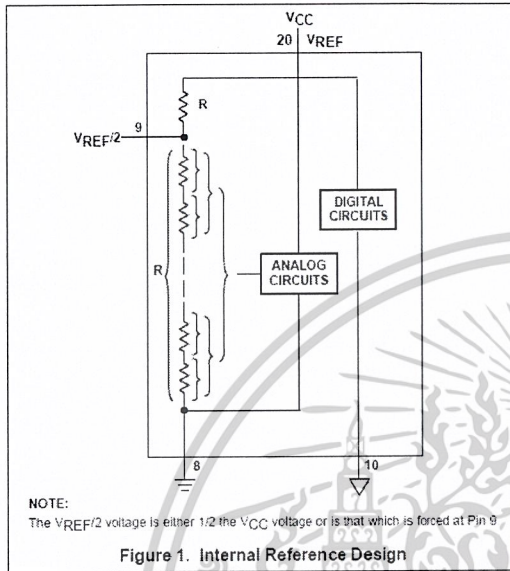
TIMING DIAGRAMS (All timing is measured from the 50% voltage points)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CMOS 8-bit A/D converters

ADC0803/4-1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CMOS 8-bit A/D converters

ADC0803/4-1

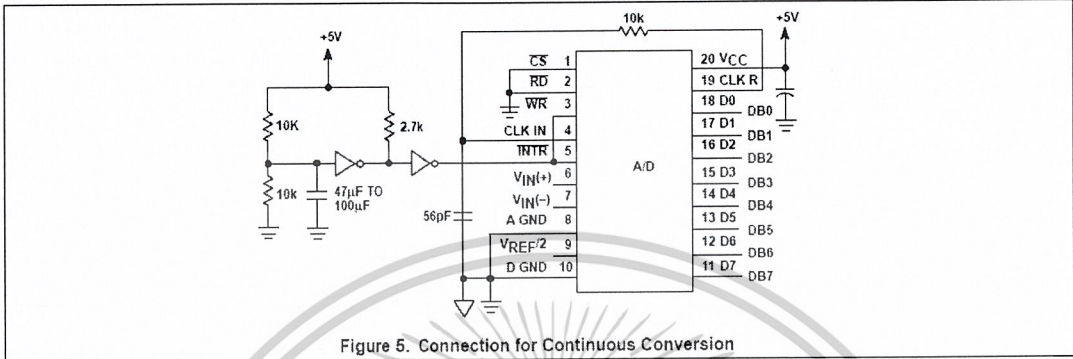


Figure 5. Connection for Continuous Conversion

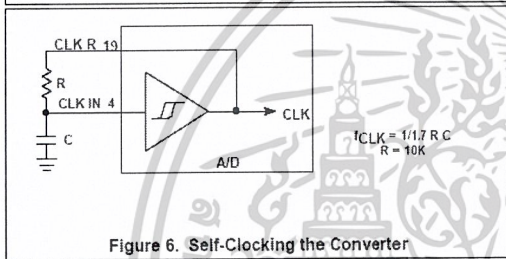


Figure 6. Self-Clocking the Converter

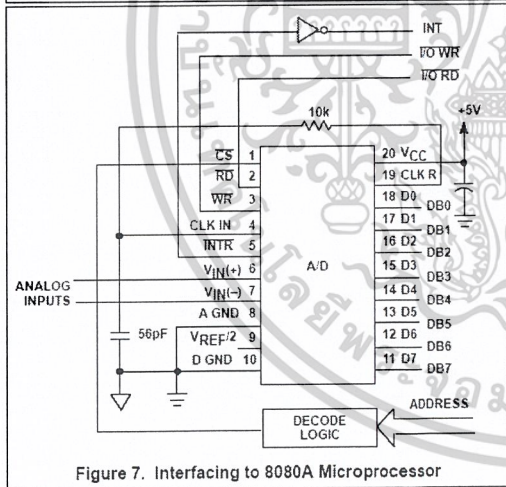


Figure 7. Interfacing to 8080A Microprocessor

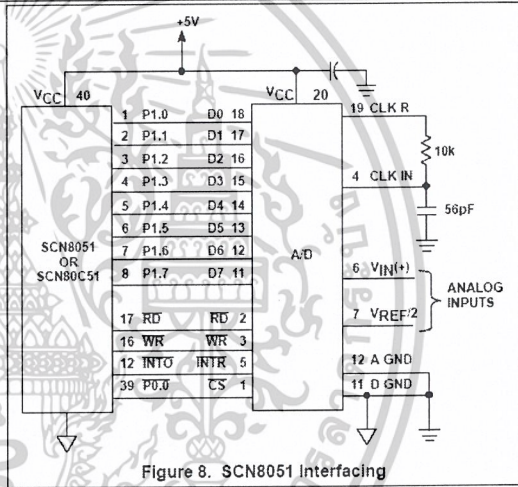


Figure 8. SCN8051 Interfacing

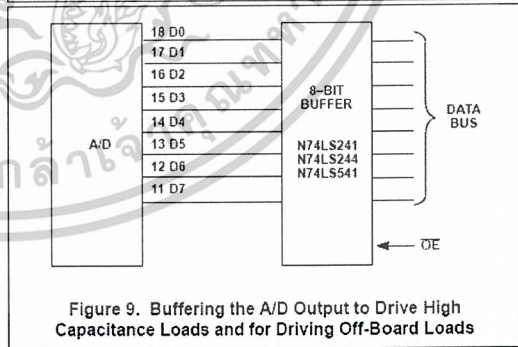
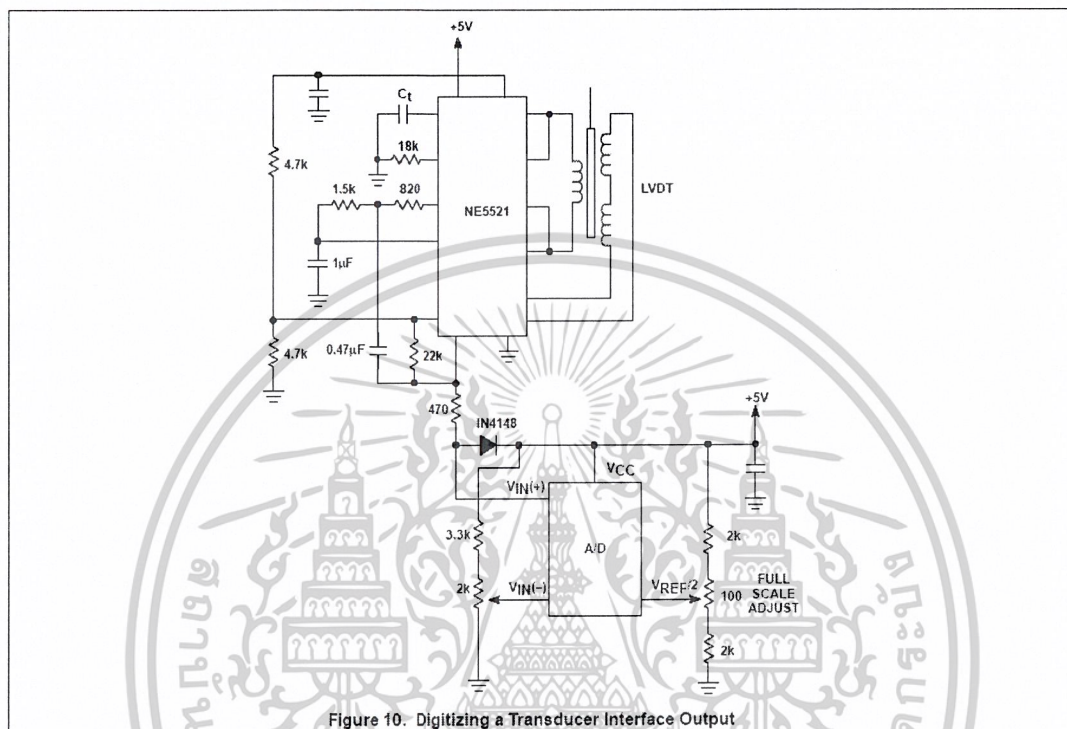


Figure 9. Buffering the A/D Output to Drive High Capacitance Loads and for Driving Off-Board Loads

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CMOS 8-bit A/D converters

ADC0803/4-1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CMOS 8-bit A/D converters

ADC0803/4-1

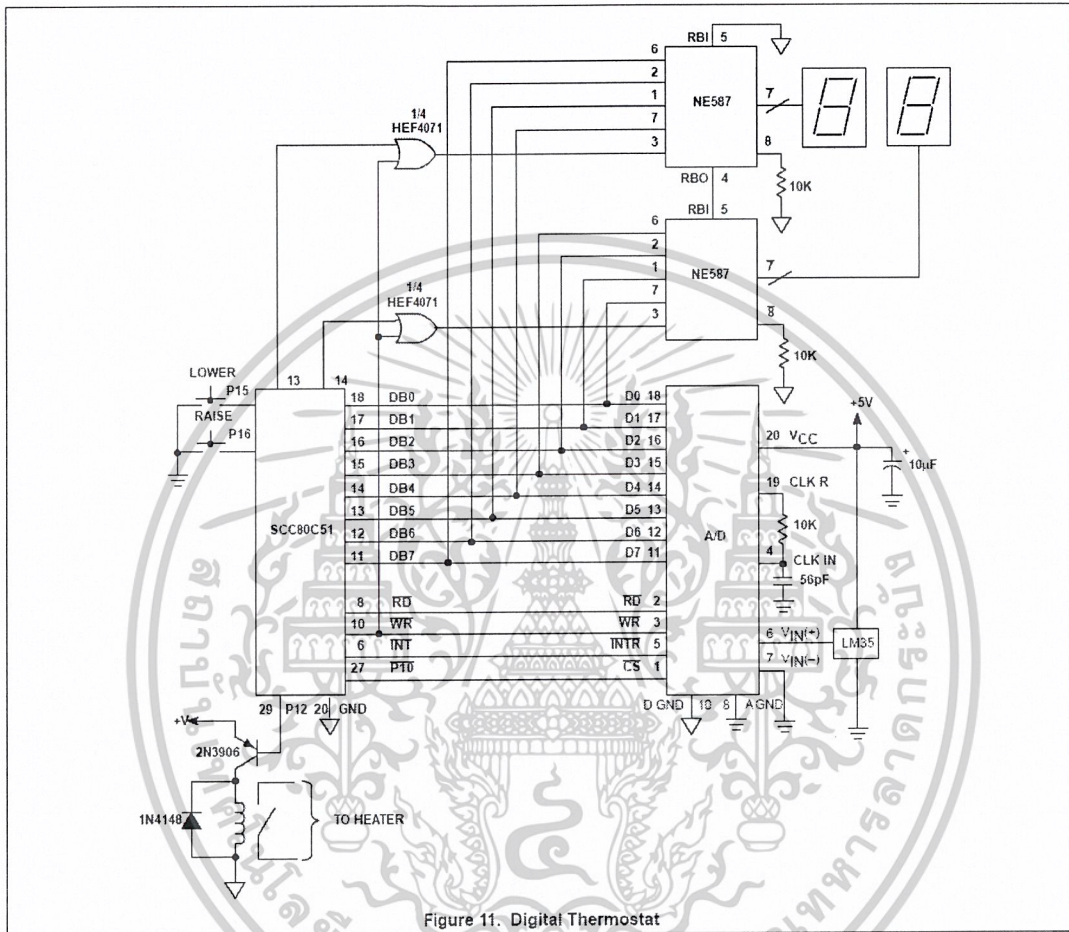


Figure 11. Digital Thermostat

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

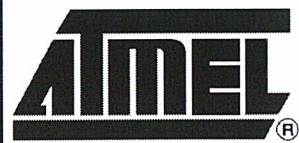
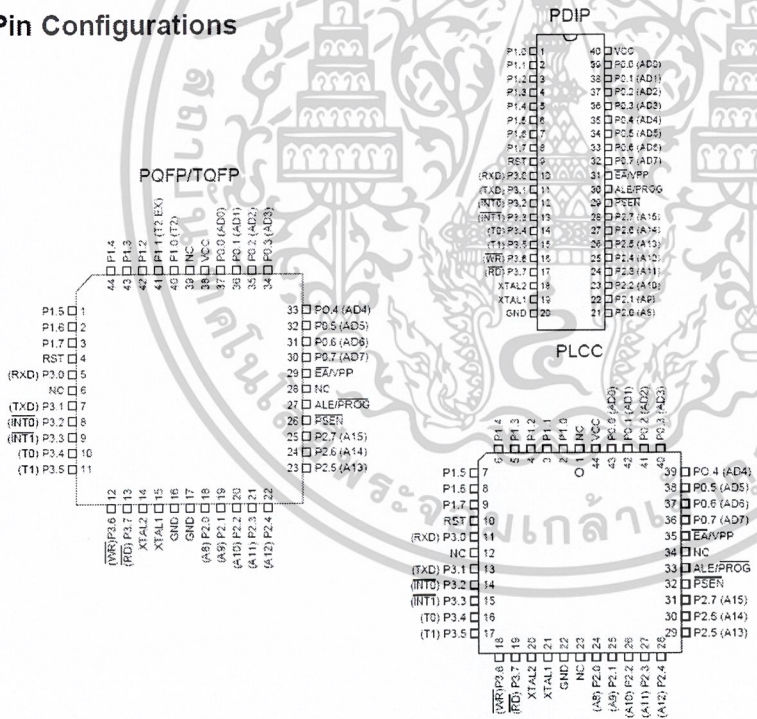
Features

- Compatible with MCS-51™ Products
- 4K Bytes of In-System Reprogrammable Flash Memory
 - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-level Program Memory Lock
- 128 x 8-bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Two 16-bit Timer/Counters
- Six Interrupt Sources
- Programmable Serial Channel
- Low-power Idle and Power-down Modes

Description

The AT89C51 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 4K bytes of Flash programmable and erasable read only memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry-standard MCS-51 instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C51 is a powerful microcomputer which provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

Pin Configurations



**8-bit
Microcontroller
with 4K Bytes
Flash**

AT89C51

**Not Recommended
for New Designs.
Use AT89S51.**

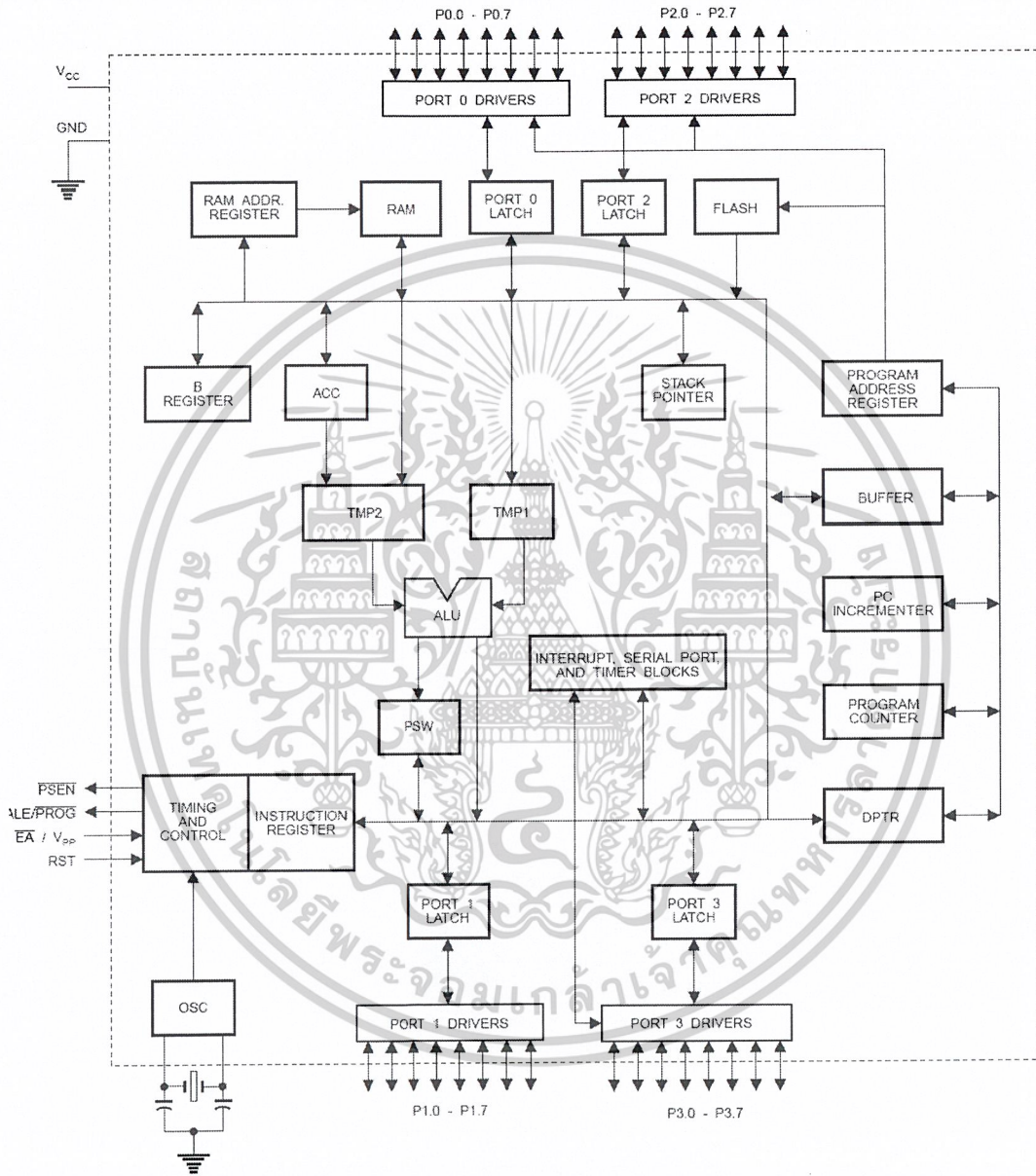
Rev. 0265G-02/00



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The AT89C51 provides the following standard features: 4K bytes of Flash, 128 bytes of RAM, 32 I/O lines, two 16-bit timer/counters, a five vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator and clock circuitry. In addition, the AT89C51 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port and interrupt system to continue functioning. The Power-down Mode saves the RAM contents but freezes the oscillator disabling all other chip functions until the next hardware reset.

Pin Description

VCC

Supply voltage.

GND

Ground.

Port 0

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

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

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

Port 1

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

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

Port 2

Port 2 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs,

Port 2 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that use 16-bit addresses (MOVX @ DPTR). In this application, 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 the high-order address bits and some control signals during Flash programming and verification.

Port 3

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

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89C51 as listed below:

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

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

RST

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

ALE/PROG

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

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



pulse is skipped during each access to external Data Memory.

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

PSEN

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

When the AT89C51 is executing code from external program memory, PSEN is activated twice each machine cycle, except that two PSEN activations are skipped during each access to external data memory.

EA/VPP

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

EA should be strapped to V_{CC} for internal program executions.

This pin also receives the 12-volt programming enable voltage (V_{pp}) during Flash programming, for parts that require 12-volt V_{pp}.

XTAL1

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

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 1. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left

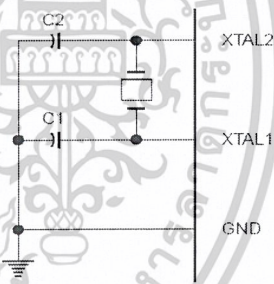
unconnected while XTAL1 is driven as shown in Figure 2. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

Idle Mode

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

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 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.

Figure 1. Oscillator Connections



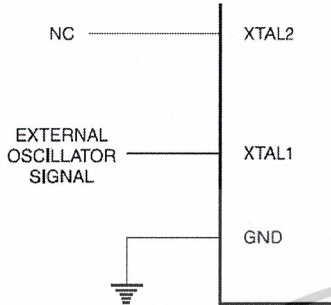
Note: C1, C2 = 30 pF ± 10 pF for Crystals
 = 40 pF ± 10 pF for Ceramic Resonators

Status of External Pins During Idle and Power-down Modes

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 2. External Clock Drive Configuration



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 Regis-

ters 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.

Program Memory Lock Bits

On the chip are three lock bits which can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the additional features listed in the table below.

When lock bit 1 is programmed, the logic level at the \overline{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 \overline{EA} be in agreement with the current logic level at that pin in order for the device to function properly.

Lock Bit Protection Modes

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Programming the Flash

The AT89C51 is normally shipped with the on-chip Flash memory array in the erased state (that is, contents = FFH) and ready to be programmed. The programming interface accepts either a high-voltage (12-volt) or a low-voltage (V_{CC}) program enable signal. The low-voltage programming mode provides a convenient way to program the AT89C51 inside the user's system, while the high-voltage programming mode is compatible with conventional third-party Flash or EPROM programmers.

The AT89C51 is shipped with either the high-voltage or low-voltage programming mode enabled. The respective top-side marking and device signature codes are listed in the following table.

	$V_{PP} = 12V$	$V_{PP} = 5V$
Top-side Mark	AT89C51 xxxx yyww	AT89C51 xxxx-5 yyww
Signature	(030H) = 1EH (031H) = 51H (032H) = FFH	(030H) = 1EH (031H) = 51H (032H) = 05H

The AT89C51 code memory array is programmed byte-by-byte in either programming mode. *To program any non-blank byte in the on-chip Flash Memory, the entire memory must be erased using the Chip Erase Mode.*

Programming Algorithm: Before programming the AT89C51, the address, data and control signals should be set up according to the Flash programming mode table and Figure 3 and Figure 4. To program the AT89C51, take the following steps.

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

and data for the entire array or until the end of the object file is reached.

Data Polling: The AT89C51 features \overline{Data} Polling to indicate the end of a write cycle. During a write cycle, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written datum on PO.7. Once the write cycle has been completed, true data are valid on all outputs, and the next cycle may begin. \overline{Data} Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.

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

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

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

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

- (030H) = 1EH indicates manufactured by Atmel
- (031H) = 51H indicates 89C51
- (032H) = FFH indicates 12V programming
- (032H) = 05H indicates 5V programming

Programming Interface

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

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

AT89C51

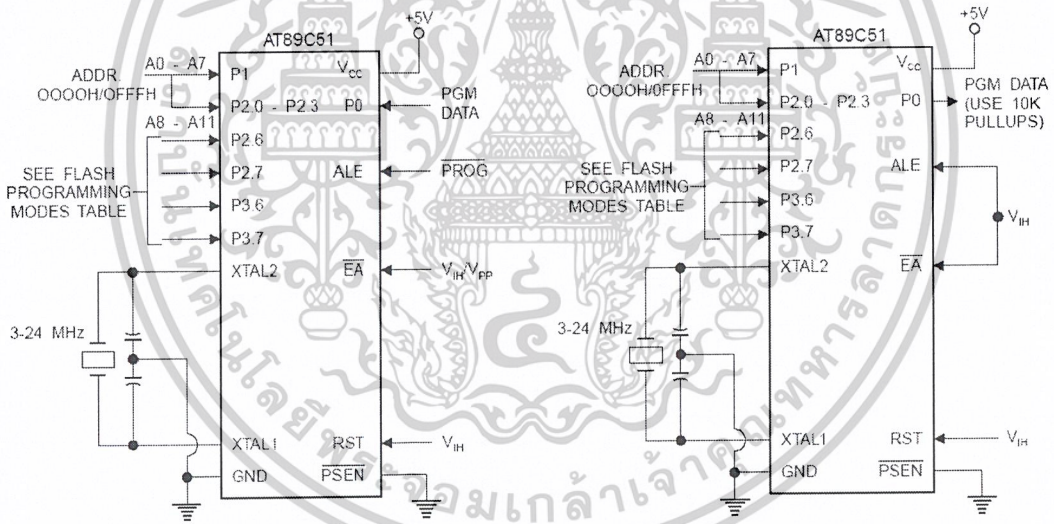
Flash Programming Modes

Mode	RST	PSEN	ALE/PROG	EA/V _{PP}	P2.6	P2.7	P3.6	P3.7
Write Code Data	H	L		H/12V	L	H	H	H
Read Code Data	H	L	H	H	L	L	H	H
Write Lock	H	L		H/12V	H	H	H	H
				H/12V	H	H	L	L
				H/12V	H	L	H	L
Chip Erase	H	L	(1)	H/12V	H	L	L	L
Read Signature Byte	H	L	H	H	L	L	L	L

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

Figure 3. Programming the Flash

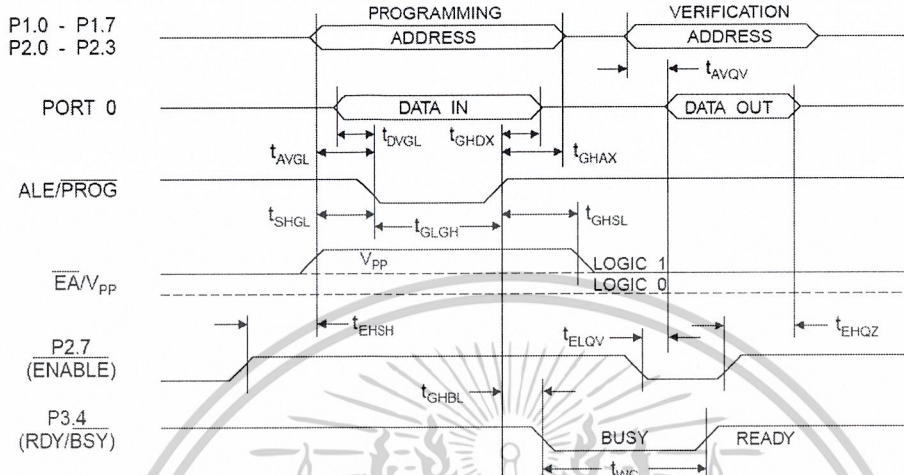
Figure 4. Verifying the Flash



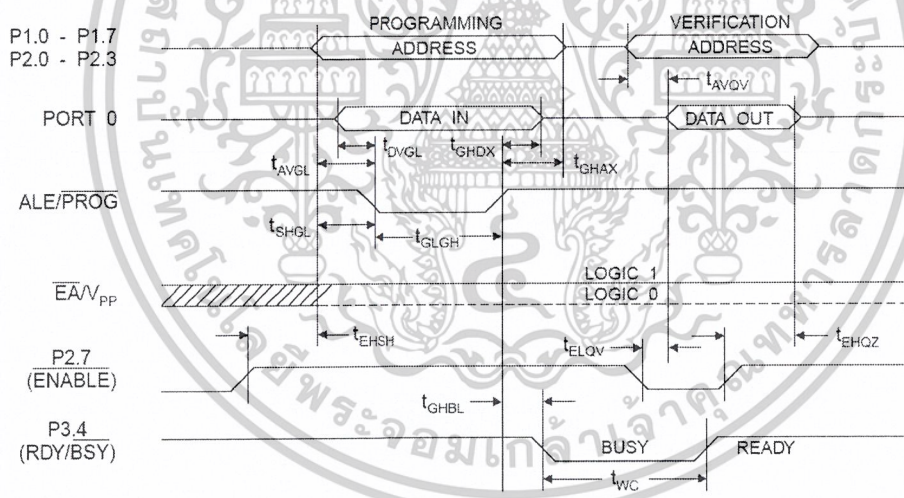
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



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



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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flash Programming and Verification Characteristics

$T_A = 0^\circ\text{C to } 70^\circ\text{C}$, $V_{CC} = 5.0 \pm 10\%$

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$V_{PP}^{(1)}$	Programming Enable Voltage	11.5	12.5	V
$I_{PP}^{(1)}$	Programming Enable Current		1.0	mA
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	3	24	MHz
t_{AVGL}	Address Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHAX}	Address Hold after $\overline{\text{PROG}}$	$48t_{CLCL}$		
t_{DVGL}	Data Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHDX}	Data Hold after $\overline{\text{PROG}}$	$48t_{CLCL}$		
t_{EHS}	P2.7 (ENABLE) High to V_{PP}	$48t_{CLCL}$		
t_{SHGL}	V_{PP} Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	10		μs
$t_{GHSL}^{(1)}$	V_{PP} Hold after $\overline{\text{PROG}}$	10		μs
t_{GLGH}	$\overline{\text{PROG}}$ Width	1	110	μs
t_{AVQV}	Address to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{ELQV}	ENABLE Low to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{EHQZ}	Data Float after ENABLE	0	$48t_{CLCL}$	
t_{GHBL}	$\overline{\text{PROG}}$ High to BUSY Low		1.0	μs
t_{WC}	Byte Write Cycle Time		2.0	ms

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Absolute Maximum Ratings*

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

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

DC Characteristics

$T_A = -40^\circ\text{C}$ to 85°C , $V_{CC} = 5.0\text{V} \pm 20\%$ (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
V_{IL}	Input Low-voltage	(Except \overline{EA})	-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.1$	V
V_{IL1}	Input Low-voltage (\overline{EA})		-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.3$	V
V_{IH}	Input High-voltage	(Except XTAL1, RST)	$0.2 V_{CC} + 0.9$	$V_{CC} + 0.5$	V
V_{IH1}	Input High-voltage	(XTAL1, RST)	$0.7 V_{CC}$	$V_{CC} + 0.5$	V
V_{OL}	Output Low-voltage ⁽¹⁾ (Ports 1,2,3)	$I_{OL} = 1.6 \text{ mA}$		0.45	V
V_{OL1}	Output Low-voltage ⁽¹⁾ (Port 0, ALE, PSEN)	$I_{OL} = 3.2 \text{ mA}$		0.45	V
V_{OH}	Output High-voltage (Ports 1,2,3, ALE, PSEN)	$I_{OH} = -60 \mu\text{A}$, $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -25 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -10 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
V_{OH1}	Output High-voltage (Port 0 in External Bus Mode)	$I_{OH} = -800 \mu\text{A}$, $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -300 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -80 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
I_{IL}	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 0.45\text{V}$		-50	μA
I_{TL}	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 2\text{V}$, $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$		-650	μA
I_{L1}	Input Leakage Current (Port 0, \overline{EA})	$0.45 < V_{IN} < V_{CC}$		± 10	μA
RRST	Reset Pull-down Resistor		50	300	$\text{K}\Omega$
C_{IO}	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, $T_A = 25^\circ\text{C}$		10	pF
I_{CC}	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		20	mA
		Idle Mode, 12 MHz		5	mA
	Power-down Mode ⁽²⁾	$V_{CC} = 6\text{V}$		100	μA
		$V_{CC} = 3\text{V}$		40	μA

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

Maximum I_{OL} per port pin: 10 mA

Maximum I_{OL} per 8-bit port: Port 0: 26 mA

Ports 1, 2, 3: 15 mA

Maximum total I_{OL} for all output pins: 71 mA

If I_{OL} exceeds the test condition, V_{OL} may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Characteristics

Under operating conditions, load capacitance for Port 0, ALE/ $\overline{\text{PROG}}$, and $\overline{\text{PSEN}}$ = 100 pF; load capacitance for all other outputs = 80 pF.

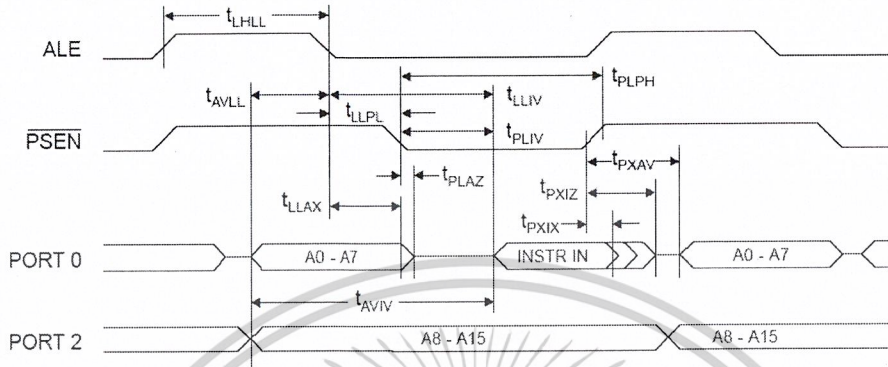
External Program and Data Memory Characteristics

Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		16 to 24 MHz Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$1/t_{\text{CLCL}}$	Oscillator Frequency			0	24	MHz
t_{LHL}	ALE Pulse Width	127		$2t_{\text{CLCL}}-40$		ns
t_{AVLL}	Address Valid to ALE Low	43		$t_{\text{CLCL}}-13$		ns
t_{LLAX}	Address Hold after ALE Low	48		$t_{\text{CLCL}}-20$		ns
t_{LLIV}	ALE Low to Valid Instruction In		233		$4t_{\text{CLCL}}-65$	ns
t_{LLPL}	ALE Low to $\overline{\text{PSEN}}$ Low	43		$t_{\text{CLCL}}-13$		ns
t_{PLPH}	$\overline{\text{PSEN}}$ Pulse Width	205		$3t_{\text{CLCL}}-20$		ns
t_{PLIV}	$\overline{\text{PSEN}}$ Low to Valid Instruction In		145		$3t_{\text{CLCL}}-45$	ns
t_{PXIX}	Input Instruction Hold after $\overline{\text{PSEN}}$	0		0		ns
t_{PXIZ}	Input Instruction Float after $\overline{\text{PSEN}}$		59		$t_{\text{CLCL}}-10$	ns
t_{PXAV}	$\overline{\text{PSEN}}$ to Address Valid	75		$t_{\text{CLCL}}-8$		ns
t_{AVIV}	Address to Valid Instruction In		312		$5t_{\text{CLCL}}-55$	ns
t_{PLAZ}	$\overline{\text{PSEN}}$ Low to Address Float		10		10	ns
t_{RLRH}	$\overline{\text{RD}}$ Pulse Width	400		$6t_{\text{CLCL}}-100$		ns
t_{WLWH}	$\overline{\text{WR}}$ Pulse Width	400		$6t_{\text{CLCL}}-100$		ns
t_{RLDV}	$\overline{\text{RD}}$ Low to Valid Data In		252		$5t_{\text{CLCL}}-90$	ns
t_{RHDX}	Data Hold after $\overline{\text{RD}}$	0		0		ns
t_{RHDX}	Data Float after $\overline{\text{RD}}$		97		$2t_{\text{CLCL}}-28$	ns
t_{LLDV}	ALE Low to Valid Data In		517		$8t_{\text{CLCL}}-150$	ns
t_{AVDV}	Address to Valid Data In		585		$9t_{\text{CLCL}}-165$	ns
t_{LLWL}	ALE Low to $\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ Low	200	300	$3t_{\text{CLCL}}-50$	$3t_{\text{CLCL}}+50$	ns
t_{AVWL}	Address to $\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ Low	203		$4t_{\text{CLCL}}-75$		ns
t_{QVWX}	Data Valid to $\overline{\text{WR}}$ Transition	23		$t_{\text{CLCL}}-20$		ns
t_{QVWH}	Data Valid to $\overline{\text{WR}}$ High	433		$7t_{\text{CLCL}}-120$		ns
t_{WHDX}	Data Hold after $\overline{\text{WR}}$	33		$t_{\text{CLCL}}-20$		ns
t_{RLAZ}	$\overline{\text{RD}}$ Low to Address Float		0		0	ns
t_{WHLH}	$\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ High to ALE High	43	123	$t_{\text{CLCL}}-20$	$t_{\text{CLCL}}+25$	ns

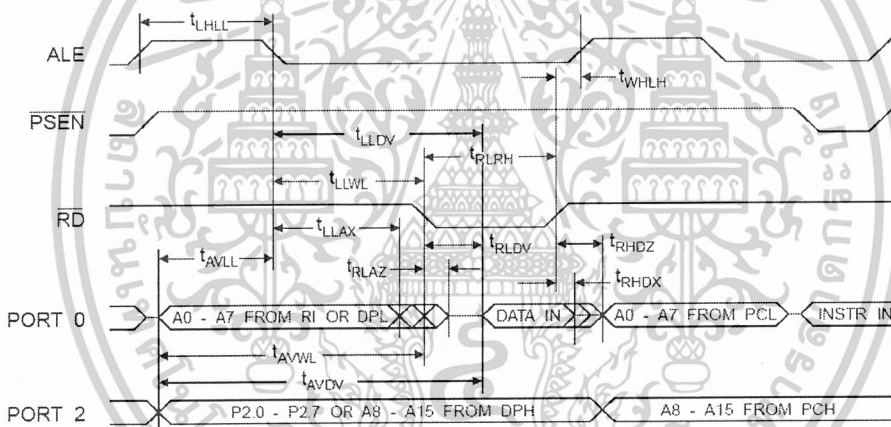
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



External Program Memory Read Cycle

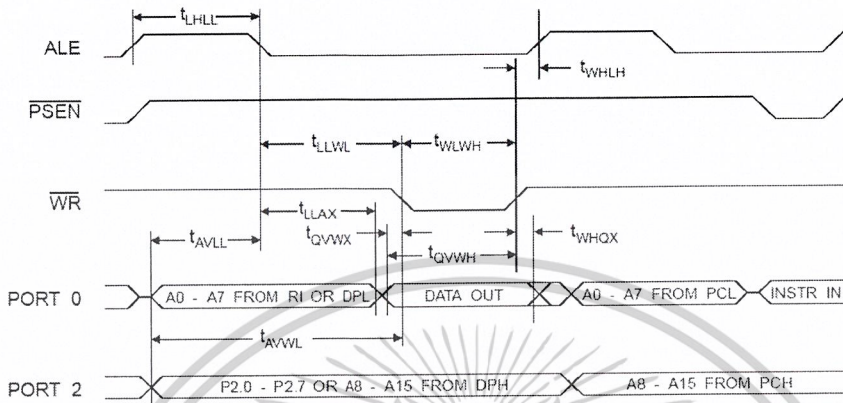


External Data Memory Read Cycle

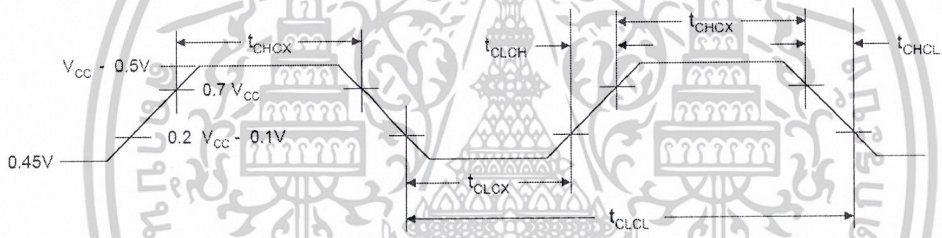


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

External Data Memory Write Cycle



External Clock Drive Waveforms



External Clock Drive

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

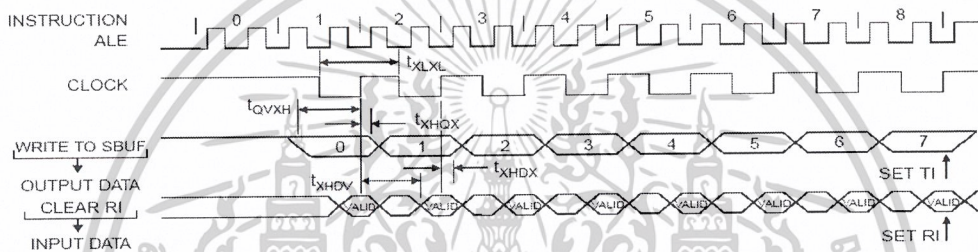


Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

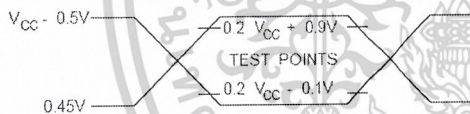
(V_{CC} = 5.0 V ± 20%; Load Capacitance = 80 pF)

Symbol	Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
t _{XLXL}	Serial Port Clock Cycle Time	1.0		12t _{CLCL}		μs
t _{QVXH}	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		10t _{CLCL} -133		ns
t _{XHQX}	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

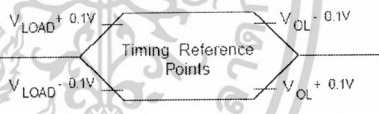


AC Testing Input/Output Waveforms⁽¹⁾



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

Float Waveforms⁽¹⁾



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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AT89C51

Ordering Information

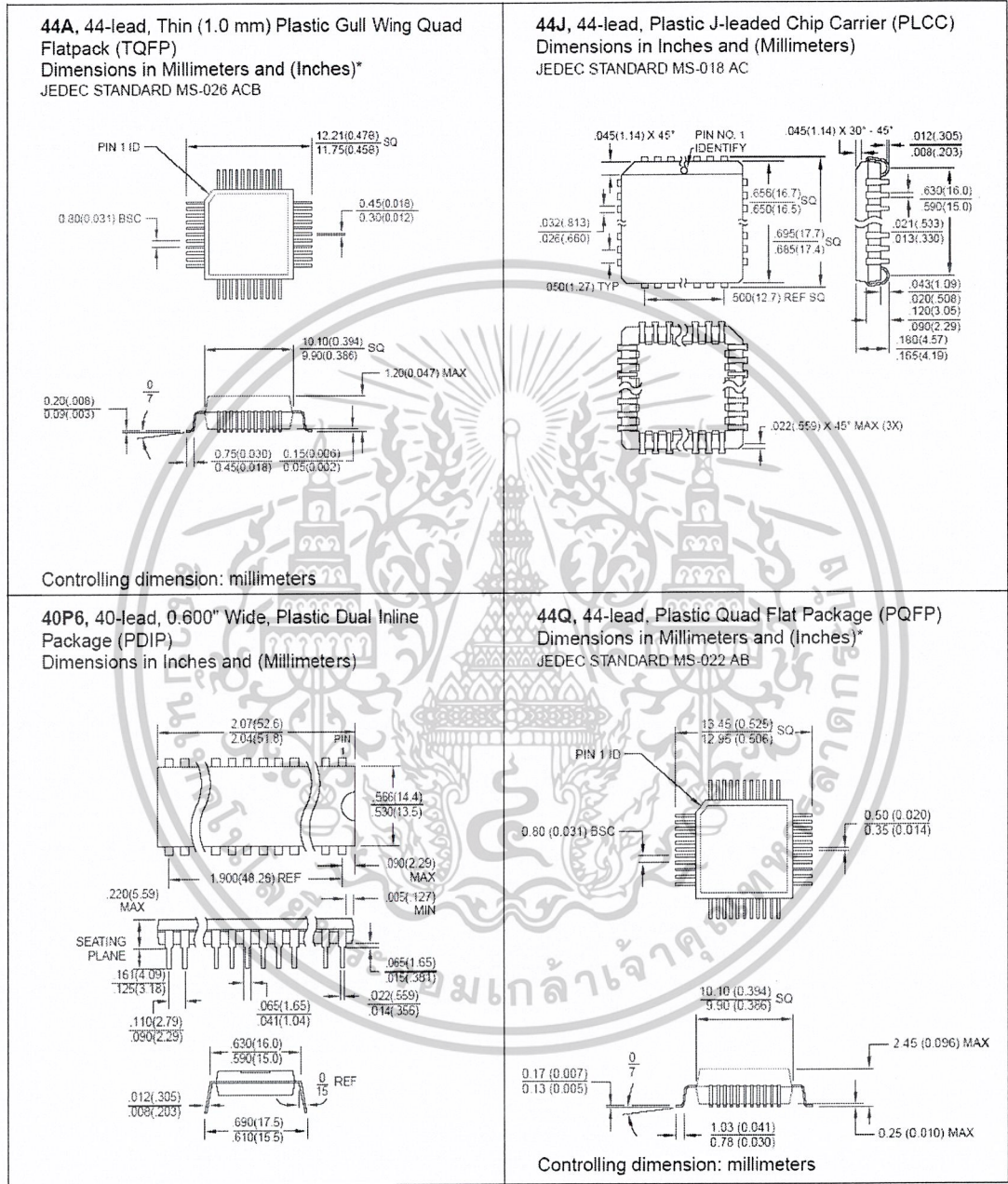
Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range	
12	5V ± 20%	AT89C51-12AC	44A	Commercial (0° C to 70° C)	
		AT89C51-12JC	44J		
		AT89C51-12PC	40P6		
		AT89C51-12QC	44Q		
			AT89C51-12AI	44A	Industrial (-40° C to 85° C)
			AT89C51-12JI	44J	
			AT89C51-12PI	40P6	
			AT89C51-12QI	44Q	
16	5V ± 20%	AT89C51-16AC	44A	Commercial (0° C to 70° C)	
		AT89C51-16JC	44J		
		AT89C51-16PC	40P6		
		AT89C51-16QC	44Q		
			AT89C51-16AI	44A	Industrial (-40° C to 85° C)
			AT89C51-16JI	44J	
			AT89C51-16PI	40P6	
			AT89C51-16QI	44Q	
20	5V ± 20%	AT89C51-20AC	44A	Commercial (0° C to 70° C)	
		AT89C51-20JC	44J		
		AT89C51-20PC	40P6		
		AT89C51-20QC	44Q		
			AT89C51-20AI	44A	Industrial (-40° C to 85° C)
			AT89C51-20JI	44J	
			AT89C51-20PI	40P6	
			AT89C51-20QI	44Q	
24	5V ± 20%	AT89C51-24AC	44A	Commercial (0° C to 70° C)	
		AT89C51-24JC	44J		
		AT89C51-24PC	40P6		
		AT89C51-24QC	44Q		
			AT89C51-24AI	44A	Industrial (-40° C to 85° C)
			AT89C51-24JI	44J	
			AT89C51-24PI	40P6	
			AT89C51-24QI	44Q	

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Packaging Information



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อ-สกุล	นางสาวประนอม จินเอม
วัน เดือน ปี	23 สิงหาคม พ.ศ.2524
ภูมิลำเนา	14/3 หมู่ 6 ตำบลบางแม่นาง อำเภอบางใหญ่ จังหวัดนนทบุรี 11140 โทรศัพท์ 0-2926-3347
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดเอนกคิยฐาราม จังหวัดนนทบุรี
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการบางใหญ่ จังหวัดนนทบุรี
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	โรงเรียนพระรามหกเทคโนโลยี กรุงเทพฯ
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคปทุมธานี
ปริญญาตรี	สาขาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
คติพจน์	ทำวันนี้ให้ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อ-สกุล นางสาวระพีพร อู๋ยามาก
วัน เดือน ปี 21 มกราคม พ.ศ.2524
ภูมิลำเนา 69 หมู่ 2 ตำบลวัดขวาง อำเภอโพทะเล จังหวัดพิจิตร 66130
 โทรศัพท์ 0-6322-9144
ประวัติการศึกษา
 ประถมศึกษา โรงเรียนวัดวัดพร้าว จังหวัดพิจิตร
 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนตะพานหิน จังหวัดพิจิตร
 ประกาศนียบัตรวิชาชีพ โรงเรียนช่างฝีมือทหาร
 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตนนทบุรี
 ปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
 ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
 เกือบคิดไว้เป็นบทเรียน
คติพจน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อ-สกุล	นายศิริวิรัช มั่นเมือง
วัน เดือน ปี	18 กันยายน พ.ศ. 2523
ภูมิลำเนา	158/11 หมู่ 8 ตำบลน้ำร้อน อำเภอเมือง จังหวัดตาก 63000 โทรศัพท์ 0-5554-0060
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	อนุบาลตาก จังหวัดตาก
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนตากพิทยาคม จังหวัดตาก
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตตาก
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตตาก
ปริญญาตรี	สาขาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
คติพจน์	พยายามเป็นลูกที่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อ-สกุล	นายสาริต มงคลชัย
วัน เดือน ปี	10 ตุลาคม พ.ศ.2523
ภูมิลำเนา	30/1 ถ.ราษฎร์อุทิศ ซอย 1 ตำบลในเวียง อำเภอเมือง จังหวัดแพร่ 54000 โทรศัพท์ 0-5462-2578
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนอนุบาลแพร่ จังหวัดแพร่
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนพิริยาลัย จังหวัดแพร่
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคแพร่
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคแพร่
ปริญญาตรี	สาขาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
คติพจน์	คิดจะเดินตามสายฝัน อย่าหวั่นสายฝน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้