



ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อ เครื่องวัดความดันโลหิต ตรวจจับการเต้นของชีพจร และวัดอุณหภูมิของร่างกาย
ระบบดิจิทัล

Digital Blood Pressure, Pulse Oxi and Thermometer

ชื่อนักศึกษา 1. นายจักรกฤษณ์ แร่ทอง รหัสประจำตัว 43035328
2. นายณัฐพงศ์ แซ่หรือ รหัสประจำตัว 43035331
3. นายมารุต การสมเจตน์ รหัสประจำตัว 43035344
4. นายสว่าง วงชัยยะ รหัสประจำตัว 43035358

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชา อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ไพระวุฒิ สุวรรณจันทร์

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ปิยะ จิตธรรมมาภิรมย์

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์		ลายมือชื่อ
1. อาจารย์ไพระวุฒิ	สุวรรณจันทร์	
2. อาจารย์ปิยะ	จิตธรรมมาภิรมย์	
3. ผศ.วิสุทธิ	อธิพรธรรม	
4. อาจารย์โกศล	ตราชู	
5. อาจารย์สุรพงษ์	สิริพงศ์ดี	

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันพฤหัสบดีที่ 22 พฤศจิกายน พ.ศ. 2544 เวลา 17.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ก.311 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.



<BT4402112>

เครื่องวัดความดันโลหิต ตรวจจับการเต้นและวัดอุณหภูมิของร่างกายระบบดิจิทัล

ภาควิชารับรองแล้ว
ลงนาม.....

(ผศ.วิสุทธิ อธิพรธรรม)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 20 เดือน ธันวาคม พ.ศ. 2544



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เครื่องวัดความดันโลหิต ตรวจจับการเต้นของชีพจร และวัดอุณหภูมิร่างกาย
ระบบดิจิทัล

DIGITAL BLOOD PRESSURE, PULSE OXI AND THERMOMETER



นายจักรกฤษณ์ แร่ทอง
นายณัฐพงศ์ แซ่หรือ
นายมารุต การสมเจตน์
นายสว่าง วงชัยวะ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 43150
วัน, เดือน, ปี 23 ก.ค. 2545

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

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตรบัณฑิต

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง เครื่องวัดความดันโลหิต ตรวจจับการเต้นของชีพจรและวัดอุณหภูมิร่างกายระบบดิจิทัล
Digital Blood Pressure, Pulse Oxi and Thermometer

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการวัดความดันโลหิต การตรวจจับการเต้นของชีพจรและการวัดอุณหภูมิร่างกาย
2. เพื่อออกแบบวงจรการทำงานในส่วนต่างๆ ของเครื่องวัดความดันโลหิต ตรวจจับการเต้นของชีพจรและวัดอุณหภูมิร่างกาย
3. เพื่อสร้างเครื่องวัดความดันโลหิต ตรวจจับการเต้นของชีพจรและวัดอุณหภูมิร่างกายระบบดิจิทัลที่มีประสิทธิภาพ
4. เพื่อทดสอบการทำงานของเครื่องวัดความดันโลหิต ตรวจจับการเต้นของชีพจรและวัดอุณหภูมิร่างกายระบบดิจิทัล
5. เพื่อนำเครื่องวัดความดันโลหิตตรวจจับการเต้นของชีพจรและวัดอุณหภูมิร่างกายระบบดิจิทัล ไปใช้จริงตามสถานพยาบาล

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความรู้เกี่ยวกับหลักการวัดความดันโลหิต การตรวจจับการเต้นของชีพจรและการวัดอุณหภูมิร่างกาย
2. ได้วงจรการทำงานของเครื่องวัดความดันโลหิต ตรวจจับการเต้นของชีพจรและวัดอุณหภูมิร่างกาย
3. ได้เครื่องต้นแบบของเครื่องวัดความดันโลหิต ตรวจจับการเต้นของชีพจรและวัดอุณหภูมิร่างกายระบบดิจิทัลที่มีประสิทธิภาพ
4. ได้ปรับปรุงของเครื่องวัดความดันโลหิต ตรวจจับการเต้นของชีพจรและวัดอุณหภูมิร่างกายระบบดิจิทัลให้ใช้งานได้สะดวกยิ่งขึ้นและสามารถวัดได้เที่ยงตรงเมื่อเทียบกับเครื่องที่มีใช้อยู่จริง
5. ได้นำของเครื่องวัดความดันโลหิต ตรวจจับการเต้นของชีพจรและวัดอุณหภูมิร่างกายระบบดิจิทัลไปใช้งานได้ตามสถานพยาบาลต่างๆ

I

ชื่อหัวข้อ	เครื่องวัดความดันโลหิต ตรวจจับการเต้นของชีพจร
นักศึกษา	และวัดอุณหภูมิร่างกายระบบดิจิทัล
	นายจักรกฤษณ์ แร่ทอง
	นายณัฐพงศ์ แซ่หรือ
	นายมารุต การสมเจตน์
	นายสว่าง วงษ์ยะ
อาจารย์ที่ปรึกษา	นายพีระวุฒิ สุวรรณจันทร์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	นายปิยะ จิตธรรมมาภิรมย์
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชา	อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2544

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างเครื่องวัดความดันโลหิต ตรวจจับการเต้นของชีพจรและวัดอุณหภูมิร่างกายระบบดิจิทัล ประกอบไปด้วยวงจรการตรวจจับสัญญาณเสียงกรอทคอฟเพื่อใช้เป็นตัวเซนเซอร์ในการวัดความดันโลหิตและตรวจจับการเต้นของชีพจร ส่วนอีกวงจรหนึ่งคือวงจรการตรวจวัดอุณหภูมิร่างกายที่ควบคุมการทำงานด้วย MCS – 51 โดยจะแสดงผลแบบตัวเลข

ในการสร้างเครื่องวัดความดันโลหิต ตรวจจับการเต้นของชีพจรและวัดอุณหภูมิร่างกายระบบดิจิทัล สามารถนำไปใช้ตรวจวัดความดันโลหิต โดยมีค่าความผิดพลาดไม่เกิน $\pm 5\%$ ในส่วนของการวัดการเต้นของชีพจรมีค่าความผิดพลาดไม่เกิน $\pm 5\%$ และในส่วนของการวัดอุณหภูมิร่างกายมีอัตราค่าความผิดพลาดไม่เกิน 0.5 องศาเซลเซียส อีกทั้งยังมีราคาของเครื่องถูกกว่าที่มีใช้กันในปัจจุบัน

II

Thesis Title	Digital Blood Pressure, Pulse Oxi and Thermometer	
Students	Mr.Jakkrite	Raethong
	Mr.Nattapong	Sae-hrue
	Mr.Marut	Kansomjate
	Mr.Sawang	Wongchaiwa
Advisor	Mr.Peerawut	Suwanjan
Co-Advisor	Mr.Piya	Jitthammapiom
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education	
Program in	Electronics and Computer	
Academic Year	2001	

ABSTRACT

This thesis presents about the design and construction of Digital Blood Pressure Pulse OXI and Thermometer. It compose the circuit for investing signal of the korot koff sound . It can be the sensor in blood pressure meter and pulse Oxi meter. The circuit thermometer is controlled by MCS – 51 and result are present on the 7 – segment basic.

The construction of Digital Blood Pressure Pulse OXI and Thermometer could be used for to measure pressure error less than $\pm 5\%$ as well as that of pulse OXI measure. Additionally the error in measuring body temperature less than $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$. The instrument is also cheaper than the one that are presently used.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จรูลง่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากความร่วมมือของสมาชิกภายในกลุ่มทุกท่านและความอนุเคราะห์ของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ทั้งสองท่านคือ อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์ และอาจารย์ปิยะ จิตธรรมมาภิรมย์ ที่คอยให้คำปรึกษาในการทำโครงงานมาตลอด รวมทั้งอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศกรรมทุกท่านที่ได้ให้ความรู้ต่างๆ ข้อเสนอแนะ และแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่างๆ และให้การสนับสนุนด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อนร่วมงานทุกคนที่ได้ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี ขอขอบคุณเพื่อนๆ สมาชิกในสาขาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ทุกท่าน ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา และคณาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศกรรมทุกท่าน และที่สำคัญขอขอบพระคุณบิดามารดาที่ได้ให้การสนับสนุนด้านการศึกษา และเป็นผู้ให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา ตลอดจนท่านผู้มีอุปการะทุกท่านที่ได้ทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปด้วยดี

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปริญญานิพนธ์	1
1.2 ชี้ความสามารถของโครงการ	1
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 กล่าวนำ	3
2.2 อุณหภูมิร่างกาย และการควบคุม	3
2.2.1 อุณหภูมิร่างกายปกติ	3
2.2.2 ความผิดปกติของการควบคุมอุณหภูมิกาย	4
2.3 ระบบการวัดความดันโลหิต	4
2.3.1 ระบบหมุนเวียนโลหิต	4
2.3.2 รูปคลื่นแรงดันโลหิต	5
2.3.3 การวัดความดันโลหิต	6
2.3.4 ปัจจัยที่มีผลต่อความดันโลหิต	6
2.3.5 การวัดความดันโลหิต	7
2.4 การตรวจชีพจร	10
2.5 ทรานสดิวเซอร์วัดอุณหภูมิ	12
2.5.1 ตัวตรวจจับอุณหภูมิแบบความต้านทาน (RTD)	12
2.5.2 เทอร์โมคัปเปิล	14
2.5.3 เทอร์มิสเตอร์	17

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.5.4 ไอซี DS1820	18
2.6 ทรานสดิวเซอร์วัดความดัน	19
2.6.1 อินคัลติฟทรานสดิวเซอร์	19
2.6.2 ทรานสดิวเซอร์วัดความดันแบบคาปาซิทีฟ	20
2.6.3 ทรานสดิวเซอร์วัดความดันที่ใช้หลักการทางแสง	20
2.6.4 ทรานสดิวเซอร์วัดความดันที่ใช้หลักการของความต้านทาน	21
2.7 อุปกรณ์อื่นๆ	21
2.7.1 ออปแอมป์	21
2.7.2 คุณสมบัติทั่วไปของออปแอมป์	21
2.7.3 วงจรขยายกลับเฟส	22
2.7.4 วงจรขยายไม่กลับเฟส	23
2.7.5 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน	24
2.7.6 วงจรตรวจจับระดับแรงดัน	25
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้างและการทำงาน	26
3.1 คุณสมบัติ และการทำงาน	26
3.1.1 คุณสมบัติ	26
3.1.2 การทำงานและผังการทำงาน	27
3.2 วงจรอิเล็กทรอนิกส์และการทำงาน	29
3.2.1 ทรานสดิวเซอร์ตรวจจับเสียงครอทคอฟ	29
3.2.2 ทรานสดิวเซอร์ตรวจจับการเดินของชีพจร	30
3.2.3 วงจรตรวจจับอุณหภูมิร่างกาย	32
3.2.4 วงจรขยายสัญญาณ	37
3.2.5 วงจรกรองความถี่ต่ำ	38
3.2.6 วงจรผลิตสัญญาณพัลส์	39
3.2.7 วงจรควบคุม	40
3.2.8 วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล	41
3.2.9 วงจรขยายสัญญาณเสียงการเดินของชีพจร	43

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.2.10 วงจรจ่ายแรงดันไฟฟ้า	44
บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง	45
4.1 กล่าวนำ	45
4.2 การทดสอบทรานสดิวเซอร์ตรวจจับสัญญาณเสียงครอทคอฟ	45
4.3 การทดสอบทรานสดิวเซอร์ตรวจจับความดันลม	46
4.4 การทดลองวงจรขยายสัญญาณ	48
4.5 การทดลองวงจรกรองความถี่ต่ำ	49
4.6 การทดลองวงจรเปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล และวงจรแสดงผล	50
4.7 การทดลองวงจรผลิตสัญญาณพัลส์	52
4.8 การทดลองวงจรควบคุม	52
4.9 การทดลองวงจรตรวจวัดอุณหภูมิ	52
4.10 การทดลองวงจรตรวจนับการเดินของชีพจร	54
4.11 การทดลองชุดวัดความดันโลหิต	55
บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา	57
5.1 บทสรุป	57
5.2 ปัญหา และแนวทางแก้ไข	58
5.3 แนวทางการพัฒนา	58
ภาคผนวก ก ลักษณะเครื่องต้นแบบ	60
ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	63
ภาคผนวก ค โปรแกรมการทำงาน	75
ภาคผนวก ง คำแนะนำการใช้งานเครื่อง	84
ภาคผนวก จ รายละเอียด และคุณสมบัติของอุปกรณ์	86
บรรณานุกรม	120
ประวัติผู้แต่ง	121

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 อัตราการเดินของชีพจรเปรียบเทียบกับอายุ	11
ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของเครื่องวัดความดันโลหิต ตรวจจับการเดินของชีพจร และวัด อุณหภูมิร่างกายระบบดิจิทัล	26
ตารางที่ 4.1 ผลการวัดค่าแรงดันเอาต์พุตของทรานสดิวเซอร์เทียบกับค่าความดันลม	47
ตารางที่ 4.2 ผลการวัดค่าแรงดันเอาต์พุตของทรานสดิวเซอร์หลังผ่านวงจรขยายสัญญาณ เทียบกับค่าความดันลม	49
ตารางที่ 4.3 ผลการวัดค่าแรงดันเอาต์พุตของทรานสดิวเซอร์หลังผ่านวงจรขยายสัญญาณ เทียบกับค่าความดันลมที่ได้จากอะเนอร์รอยด์สปีกและตัวแสดงผล 7 ส่วน	51
ตารางที่ 4.4 ผลการวัดจากวงจรตรวจจับอุณหภูมิจากวงจรเปรียบเทียบกับปรอทวัดไข้	53
ตารางที่ 4.5 ผลการวัดจากวงจรตรวจนับการเดินของชีพจรเปรียบเทียบกับหูฟัง	55
ตารางที่ 4.6 การวัดความดันโลหิตจากระบบเครื่องวัดความดันโลหิตเทียบกับ เครื่องอะเนอร์รอยด์สปีกโมมาโนมิเตอร์ (โดยใช้หูฟัง)	55

สารบัญรูป

รูป	หน้า
รูปที่ 2.1 การไหลเวียนเลือดของผิวหนัง	4
รูปที่ 2.2 รูปคลื่นแรงดันโลหิตที่สัมพันธ์กับการทำงานของหัวใจ	5
รูปที่ 2.3 การวัดแรงดันโลหิตโดยอ้อม	8
รูปที่ 2.4 ลักษณะของเครื่องวัดความดันโลหิตทางอ้อม	8
รูปที่ 2.5 ที่อยู่ของชีพจรในร่างกาย	10
รูปที่ 2.6 อาร์ทีดี ที่นิยมใช้กัน	13
รูปที่ 2.7 ค่าความต้านทานสัมผัส ต่ออุณหภูมิของโลหะบริสุทธิ์	14
รูปที่ 2.8 หลักการของปรากฏการณ์เทอร์โมคัปเปิล	15
รูปที่ 2.9 การใช้งานของเทอร์โมคัปเปิลอย่างง่าย	15
รูปที่ 2.10 รูปร่างของเทอร์โมคัปเปิลแบบต่างๆ	16
รูปที่ 2.11 เส้นโค้งการเปรียบเทียบสำหรับเทอร์โมคัปเปิลหลายๆ ชนิดแบบรวมกัน	16
รูปที่ 2.12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานกับอุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์	17
รูปที่ 2.13 รูปร่างแบบต่างๆ ของเทอร์มิสเตอร์	18
รูปที่ 2.14 วงจรขยายกลับเฟส	22
รูปที่ 2.15 วงจรขยายไม่กลับเฟส	23
รูปที่ 2.16 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน	24
รูปที่ 2.17 วงจรตรวจจับระดับแรงดัน	25
รูปที่ 3.1 ผังการทำงานในส่วนของการวัดความดันโลหิต และตรวจจับการเต้นของชีพจร	28
รูปที่ 3.2 ผังการทำงานในส่วนของการวัดอุณหภูมิร่างกาย	28
รูปที่ 3.3 ตัวทรานสดิวเซอร์ตรวจจับสัญญาณเสียงครอทคอฟ	29
รูปที่ 3.4 ทรานสดิวเซอร์ตรวจจับการเต้นของชีพจร	30
รูปที่ 3.5 ผังการทำงานการควบคุมวงจรการตรวจนับการเต้นของชีพจร	31
รูปที่ 3.6 วงจรตรวจจับอุณหภูมิร่างกาย	32
รูปที่ 3.7 แผนผังของระบบบัสแบบ 1- Wire Bus	33
รูปที่ 3.8 จังหวะเวลาในการทำกระบวนการตรวจสอบว่ามีอุปกรณ์อยู่บนบัส	34

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 3.9 จังหวะเวลาที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้เขียนข้อมูล '0' หรือ '1' ไปยัง อุปกรณ์บนบัส	35
รูปที่ 3.10 จังหวะเวลาสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้อ่านบิตข้อมูล '0' หรือ '1' จากอุปกรณ์บนบัส	36
รูปที่ 3.11 วงจรขยายสัญญาณจากทรานสดิวเซอร์ตรวจจับสัญญาณเสียงกรอทคอฟ	37
รูปที่ 3.12 วงจรขยายสัญญาณจากทรานสดิวเซอร์วัดความดันลม	38
รูปที่ 3.13 วงจรกรองความถี่ต่ำ	39
รูปที่ 3.14 วงจรผลิตสัญญาณพัลส์	40
รูปที่ 3.15 วงจรควบคุม	40
รูปที่ 3.16 วงจรเปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล	41
รูปที่ 3.17 วงจรกำเนิดเสียงการเดินของซีพจร	43
รูปที่ 3.18 วงจรชุดแหล่งจ่ายไฟ	44
รูปที่ 4.1 วงจรตรวจจับสัญญาณเสียงกรอทคอฟ	46
รูปที่ 4.2 วงจรตรวจวัดความดันลม	47
รูปที่ 4.3 วงจรเปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล และวงจรแสดงผล	50
รูปที่ 4.4 วงจรตรวจวัดอุณหภูมิ	53
รูปที่ 4.5 วงจรตรวจนับการเดินของซีพจร	54
รูปที่ ก.1 ลักษณะเครื่องด้านหน้า	61
รูปที่ ก.2 ลักษณะเครื่องด้านหลัง	61
รูปที่ ก.3 ลักษณะของคัพและยางปั๊มลม	62
รูปที่ ก.4 ลักษณะการจัดวางตำแหน่งแผ่นวงจรพิมพ์ด้านในเครื่อง	62
รูปที่ ข.1 รูปวงจรในส่วนการวัดความดันโลหิต และส่วนแสดงผล	64
รูปที่ ข.2 รูปวงจรในส่วนการนับอัตราการเดินของซีพจร	65
รูปที่ ข.3 รูปวงจรในส่วนการวัดอุณหภูมิร่างกาย	66
รูปที่ ข.4 ลายวงจรในส่วนการตรวจนับการเดินของซีพจร และอุณหภูมิ	67
รูปที่ ข.5 การวางอุปกรณ์ในส่วนการตรวจนับการเดินของซีพจร และอุณหภูมิ	67

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ ข.6 ลายวงจรส่วนแสดงผลการเดินของซีพจร และอุณหภูมิร่างกาย	68
รูปที่ ข.7 การวางอุปกรณ์ส่วนแสดงผลการเดินของซีพจร และอุณหภูมิร่างกาย	68
รูปที่ ข.8 ลายวงจรการตรวจจับสัญญาณเสียงครอทคอฟ	69
รูปที่ ข.9 การวางอุปกรณ์วงจรการตรวจจับสัญญาณเสียงครอทคอฟ	69
รูปที่ ข.10 ลายวงจรการตรวจวัดความดันโลหิต	70
รูปที่ ข.11 การวางอุปกรณ์วงจรการตรวจวัดความดันโลหิต	70
รูปที่ ข.12 ลายวงจรภาคจ่ายไฟ	71
รูปที่ ข.13 การวางอุปกรณ์วงจรภาคจ่ายไฟ	71
รูปที่ ข.14 ลายวงจรส่วนควบคุมการแสดงผล (ด้านบน)	72
รูปที่ ข.15 ลายวงจรส่วนควบคุมการแสดงผล (ด้านล่าง)	72
รูปที่ ข.16 การวางอุปกรณ์วงจรส่วนควบคุมการแสดงผล	73
รูปที่ ข.17 ลายวงจรการแสดงผลระดับความดันโลหิต	73
รูปที่ ข.18 การวางอุปกรณ์วงจรการแสดงผลระดับความดันโลหิต	73
รูปที่ ข.19 ลายวงจรการเปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล	74
รูปที่ ข.20 การวางอุปกรณ์วงจรการเปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล	74
รูปที่ ค.1 โปรแกรมการทำงานชุดการตรวจนับการเดินของซีพจร	80
รูปที่ ค.2 โปรแกรมการทำงานชุดตรวจนับการเดินของซีพจร	83

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปริญญานิพนธ์

เครื่องมือวัดความดันโลหิตที่มีอยู่ในปัจจุบันนี้ มีการแสดงผลเป็นแบบดิจิทัลทำให้สะดวกในการใช้งานตามสถานพยาบาลต่างๆ มาก แต่เนื่องจากเครื่องวัดนี้เป็นลิขสิทธิ์ของต่างประเทศเป็นอุปกรณ์ที่ต้องนำเข้า ซึ่งมีราคาสูงมากจะมีใช้กันตามสถานพยาบาลใหญ่ๆ บางแห่งเท่านั้น สถานพยาบาลเล็กๆ หรือที่มีงบประมาณน้อยจึงไม่มีโอกาสได้ใช้ของดีมีประสิทธิภาพ จึงทำให้เกิดความคิดที่จะทำเครื่องวัดความดันโลหิตระบบดิจิทัล ที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับต่างประเทศ แต่มีราคาถูกกว่า ทำให้ทุกสถานพยาบาลสามารถใช้เครื่องวัดนี้ได้

และเนื่องจากการเข้าตรวจรักษาในสถานพยาบาลนั้น ต้องมีการวัดการเต้นของชีพจร และวัดอุณหภูมิในร่างกายไปพร้อมกันด้วย เพื่อประกอบการวินิจฉัยของแพทย์ในการรักษา จึงมีความคิดว่าควรจะนำเอา การตรวจวัดทั้ง 3 อย่างนี้มารวมกัน โดยแสดงผลเป็นระบบดิจิทัลทั้งหมด ซึ่งจะทำให้การตรวจรักษามีความสะดวกรวดเร็วยิ่งขึ้น

ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้ คณะผู้จัดทำจึงได้เกิดแนวคิดที่จะพัฒนาสร้างเครื่องมือวัดความดันโลหิต ตรวจจับการเต้นของชีพจรและวัดอุณหภูมิร่างกายระบบดิจิทัล (Digital Blood, Pressure Pulse Oxi and Thermometer) ขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการในการใช้งาน และช่วย แก้ปัญหาในเรื่องของเครื่องมือทางการแพทย์ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

1.2 ขีดความสามารถของโครงการ

โครงการนี้มีขีดความสามารถดังนี้

- 1) สามารถวัดความดันโลหิตได้โดยมีความผิดพลาดไม่เกิน $\pm 5\%$
- 2) สามารถวัดอัตราการเต้นของชีพจรได้โดยมีความผิดพลาดไม่เกิน $\pm 5\%$
- 3) สามารถวัดอุณหภูมิร่างกายได้โดยมีความผิดพลาดไม่เกิน 0.5 องศาเซลเซียส
- 4) สามารถแสดงผลเป็นแบบดิจิทัลได้ โดยแยกการแสดงผลเป็นส่วนๆ

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปฏิญญาฉบับนี้ แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อความสะดวกต่อการศึกษา และทำความเข้าใจในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาที่สำคัญดังต่อไปนี้

บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการ ประกอบไปด้วยเนื้อหาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง คือ หลักการทำงานของ ความดันโลหิต การเต้นของชีพจร อุณหภูมิร่างกาย ตลอดจนหลักการของอุปกรณ์ ทรานสดิวเซอร์ในส่วนของความดันโลหิต การเต้นของชีพจร และอุณหภูมิร่างกาย

บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน กล่าวถึงเนื้อหา เกี่ยวกับการออกแบบวงจร เครื่องมือวัดความดันโลหิต ตรวจสอบการเต้นของชีพจร และวัดอุณหภูมิร่างกายระบบดิจิทัล อธิบายคุณลักษณะการทำงานของเครื่อง และการทำงานของวงจรแต่ละส่วนของเครื่องมือวัดความดันโลหิต ตรวจสอบการเต้นของชีพจร และวัดอุณหภูมิร่างกายระบบดิจิทัล

บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง กล่าวถึงการทดลองการใช้งานของเครื่องมือวัด ความดันโลหิตตรวจสอบการเต้นของชีพจร และวัดอุณหภูมิร่างกายระบบดิจิทัล การปรับแต่ง และการทดสอบใช้งานจริงกับกลุ่มตัวอย่างว่าโครงการนี้สามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์หรือไม่

บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางการแก้ไข และการพัฒนา กล่าวถึงปัญหา และอุปสรรค ที่เกิดขึ้นในการทำงาน แนวทางการแก้ไข และพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ตลอดจน แนวทาง ในการพัฒนาเครื่องมือวัดความดันโลหิต ตรวจสอบการเต้นของชีพจร และวัดอุณหภูมิ ร่างกายระบบดิจิทัล

ภาคผนวก ก ลักษณะเครื่องต้นแบบ

ภาคผนวก ข วงจร และแผ่นวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ค โปรแกรมการทำงาน

ภาคผนวก ง คำแนะนำการใช้งานเครื่อง

ภาคผนวก จ รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงเนื้อหาทฤษฎีที่ใช้ในการทำ ซึ่งมีการด้วยกัน 2 ส่วนคือ ในส่วนของทางด้านการแพทย์ที่ควรทราบ เช่น หลักการทำงานของความดันโลหิต หลักการวัดความดันโลหิต เป็นต้น และอีกส่วนหนึ่ง คือส่วนของทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ที่ควรทราบ เช่น ทรานซิสเตอร์ต่างๆ เป็นต้น ซึ่งจะอธิบายได้ดังนี้

2.2 อุณหภูมิร่างกายและการควบคุม

อุณหภูมิร่างกายของคนมีค่าคงที่คือประมาณ 37 องศาเซลเซียส หรือประมาณ 98.6 องศาฟาเรนไฮต์ และอุณหภูมิจะถูกควบคุมให้คงที่อยู่เสมอภายในช่วง 1 องศาฟาเรนไฮต์แม้อุณหภูมิภายนอกจะเปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้เพราะร่างกายมีกลไกควบคุมอุณหภูมิที่ดี

2.2.1 อุณหภูมิร่างกายปกติ

เมื่อกล่าวถึงอุณหภูมิร่างกายปกติต้องแยกเป็นอุณหภูมิภายในและอุณหภูมิผิวหนังซึ่งมีค่าไม่เท่ากัน

- 1) อุณหภูมิภายใน (Core Temperature) เป็นอุณหภูมิที่อยู่บริเวณกลางของลำตัว ร่างกายต้องทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิภายในให้มีค่าคงที่ตลอดเวลาเมื่อกล่าวถึงอุณหภูมิส่วนนี้
- 2) อุณหภูมิผิวหนัง (Surface Temperature) เปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิแวดล้อมแต่เมื่อต้องการทราบถึงความร้อนที่เก็บไว้ในร่างกาย ต้องหาอุณหภูมิเฉลี่ยดังนี้

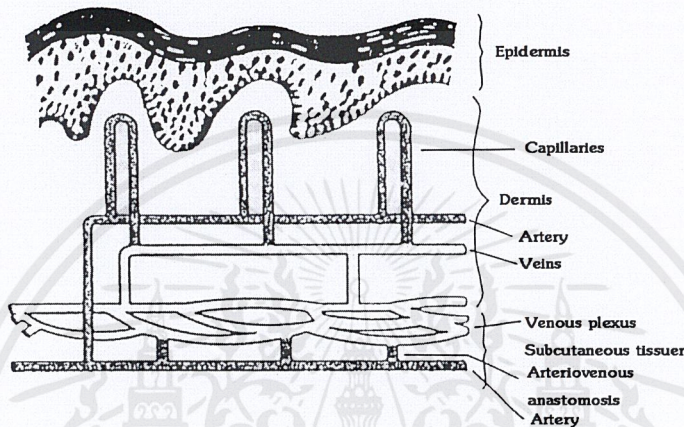
$$\text{อุณหภูมิเฉลี่ย} = (0.7 * \text{อุณหภูมิภายใน}) + (0.3 * \text{อุณหภูมิผิวหนัง}) \quad (2.1)$$

อุณหภูมิร่างกายปกติเมื่อวัดทางปาก (Oral Temperature) จะได้ 37 องศาเซลเซียส แต่ถ้าวัดทางทวารหนัก (Rectal Temperature) จะสูงขึ้นอีก 6 องศาเซลเซียส

อย่างไรก็ดี อุณหภูมิร่างกายของคนปกติสามารถแปรผันไปได้มาก ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยบางอย่างเช่น ในขณะที่ออกกำลังกายอย่างหนัก จะทำให้อุณหภูมิร่างกายเพิ่มขึ้น อาจทำให้อุณหภูมิที่วัด

ทางทวารหนักเพิ่มขึ้นได้ถึง 101 – 104 องศาฟาเรนไฮต์ อีกนัยหนึ่งถ้าร่างกายต้องอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เย็นจัดก็อาจทำให้อุณหภูมิทางทวารหนักลดต่ำกว่า 97 องศาฟาเรนไฮต์

การเปลี่ยนแปลงทางอารมณ์ก็ทำให้อุณหภูมิร่างกายเพิ่มขึ้นได้ หรือเมื่อร่างกายทำงานน้อย เช่น ในภาวะตอนเช้ามีอุณหภูมิร่างกายก็จะต่ำลงไปได้บ้าง อุณหภูมิร่างกายขึ้นอยู่กับสมดุลระหว่างการเกิดความร้อน และการเสียความร้อนของร่างกาย



รูปที่ 2.1 การไหลเวียนโลหิตของผิวหนัง

2.2.2 ความผิดปกติของการควบคุมอุณหภูมิกาย

อุณหภูมิกายส่วนกลาง (Central Body Temperature) จะมีเปลี่ยนแปลงไปประมาณ 2 องศาเซลเซียส จากปกติ 37.5 องศาเซลเซียส จะไม่ทำให้การทำงานของร่างกายผิดปกติไปมาก แต่ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นไปอีกจะเกิดภาวะอุณหภูมิสูงเกิน (Hypothermia) ทำให้ระบบประสาทส่วนกลางทำหน้าที่ผิดปกติได้ แต่ถ้าอุณหภูมิกายลดลงจะทำให้ร่างกายอยู่ในภาวะอุณหภูมิต่ำ (Hypothermia) ซึ่งจะทำให้การทำงานของระบบประสาทลดลง

2.3 ระบบการวัดความดันโลหิต

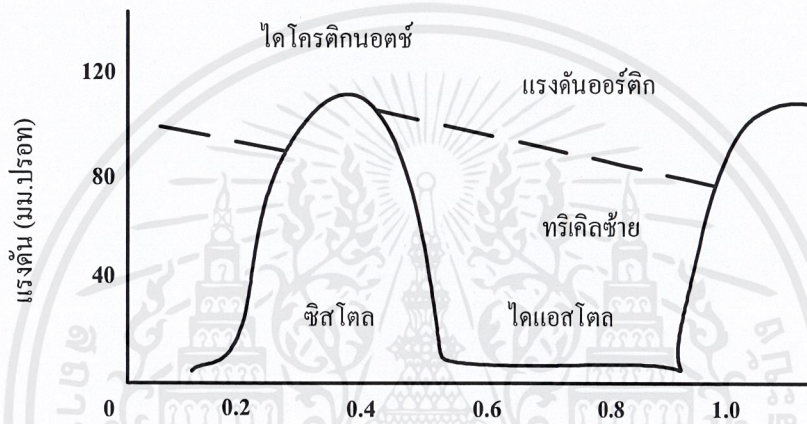
2.3.1 ระบบหมุนเวียนโลหิต (Cardio Vascular System)

ในระบบหมุนเวียนโลหิต สามารถแบ่งส่วนใหญ่นักได้ 2 ส่วน คือ หัวใจ (Cardiac) ซึ่งทำงานเป็นเสมือนแหล่งจ่ายกำลังงานให้โลหิต และอีกส่วนหนึ่งได้แก่ หลอดโลหิต (Bascular) ซึ่งเป็นทางผ่านของโลหิตไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกายขณะเดียวกันก็เป็นไฮดรอลิคไหลต่อเนื่องด้วยพลังไฮดรอลิคซึ่งใช้ขับเคลื่อนโลหิตผ่านไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกายได้มาจากการบีบตัวของ

กล้ามเนื้อหัวใจทุกๆ ครั้งของการเต้นของหัวใจเปรียบได้กับปั๊ม เราสามารถควบคุมโลหิตให้ไหลผ่านเข้าและขับออกไปโดยตรงควบคุมการเปิด - ปิด ของลิ้นหัวใจ ช่วงการฉีดโลหิตจากหัวใจเรียกว่า Systole และช่วงการสูบโลหิตเข้ามาเรียกว่า Diastole

2.3.2 รูปคลื่นแรงดันโลหิต

การไหลของโลหิตในระบบมีลักษณะเป็นห้วงๆ ตามจังหวะการเต้นของหัวใจความดันที่เอาต์พุตของ Ventricle ซ้าย (Aorta) แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 รูปคลื่นแรงดันโลหิตที่สัมพันธ์กับการทำงานของหัวใจ

จากรูปคลื่นแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงความดันในช่วง 80 มม. ปรอท ซึ่งเป็นแรงดันต่ำสุด หรือ Diastolic Pressure และ 120 มม. ปรอทซึ่งเป็นแรงดันสูงสุดหรือ Systolic Pressure ความแตกต่างของแรงดันสูงสุด และต่ำสุดเรียกว่า Pulse Pressure ซึ่งในกรณีนี้เท่ากับ 40 มม. ปรอท และแรงดันเฉลี่ย (Mean Pressure) คือ ผลบวกของแรงดันสูงสุดบวกกับ 2 เท่าของแรงดันสุดท้ายหารด้วยสาม

ความดันในออร์ตา ทำให้โลหิตไหลผ่านระบบหมุนเวียน และเมื่อโลหิตไหลในระบบหมุนเวียนจะมีผลสองสิ่งที่ทำให้เกิดเปลี่ยนแปลงบนรูปคลื่น สิ่งแรกคือหลอดโลหิตทั้งหมดจะมีความต้านทานการไหลเท่าใด แรงดันจะลดลงตามระยะทาง ผลประการที่สองที่มีต่อรูปคลื่นเป็นผลจากการที่โลหิตมีแรงเฉื่อย และการยืดหยุ่นตัวของหลอดโลหิต ในทางวงจรไฟฟ้าแรงเฉื่อย และการยืดหยุ่นตัวของหลอดโลหิตเทียบได้กับค่าอินดักแตนซ์ที่อนุกรมในวงจรและค่าคาปาซิแตนซ์ที่ขนานอยู่ตามลำดับ ผลของแรงเฉื่อยและการยืดหยุ่นตัวของหลอดโลหิตต่อรูปคลื่นความดัน เมื่อโลหิตเคลื่อนผ่านเข้าหลอดโลหิต จะเปรียบได้กับผลของฟิเตอร์ RLC ที่เกิดขึ้นกับรูปคลื่นสัญญาณไฟฟ้า

2.3.3 การวัดความดันโลหิต

เป็นแรงดันของโลหิตที่กระทบกับผนังของหลอดเลือดเมื่อไหลผ่านเป็นจังหวะความดันของโลหิตที่วัดมี 2 อย่างคือ ความดันซิสโตลิก (Systolic Pressure) ซึ่งเป็นความดันที่เกิดจากการหดตัวของหัวใจด้านล่างซ้าย เพื่อฉีดโลหิตออกจากหัวใจจึงเป็นความดันที่สูงสุด สำหรับความดัน ไดแอสโตลิก (Diastolic Pressure) เป็นความดันที่วัดเมื่อหัวใจห้องด้านล่างซ้ายพัก จึงเป็นความดันที่ต่ำสุดและจะอยู่ในระดับนี้ตลอดเวลาภายในโลหิตแดง ความแตกต่างระหว่างความดันซิสโตลิกกับความดันไดแอสโตลิก เรียกว่า ความดันชีพจร (Pulse Pressure)

การวัดความดันโลหิตเป็นการวัดถึงการทำงานของหัวใจและแรงต้านทานส่วนปลายของหลอดเลือดการวัดความดันโลหิตจะวัดเป็นมิลลิเมตรปรอท (mm.Hg.) ซึ่งหมายถึงแรงดันปรอทขึ้นไปสูงกว่าความดันของบรรยากาศเป็นจำนวนกิโลเมตร ในผู้ใหญ่จะมีความดันโลหิตอยู่ระหว่าง 120/80 มิลลิเมตรปรอท ความดันโลหิตอาจจะเปลี่ยนแปลงไปจากปกติได้ ซึ่งเป็นไปได้ 2 ทางด้วยกัน คือ

- 1) ความดันโลหิตสูง (Hipertention) โดยทั่วไปให้ถือว่าความดันซิสโตลิกสูงเกิน 140 มิลลิเมตรปรอทและหรือความดันไดแอสโตลิกสูงเกิน 90 มิลลิเมตรปรอท
- 2) ความดันโลหิตต่ำ (Hipotention) โดยทั่วไปให้ถือว่าความดันโลหิตซิสโตลิกต่ำกว่า 100 มิลลิเมตรปรอท

2.3.4 ปัจจัยที่มีผลต่อความดันโลหิต

1) ปัจจัยด้านอายุ

เด็กแรกเกิดจะมีความดันซิสโตลิกประมาณ 40 - 70 มิลลิเมตรปรอท ในผู้ใหญ่ปกติจะมีความดันซิสโตลิกระหว่าง 110 - 140 มิลลิเมตรปรอทและความดันไดแอสโตลิกระหว่าง 60 - 80 มิลลิเมตรปรอท ผู้สูงอายุความดันจะสูงขึ้นเนื่องจากความยืดหยุ่นของหลอดเลือดลดลง

2) ปัจจัยด้านการออกกำลังกาย

การออกกำลังกายเป็นการเพิ่มจำนวนโลหิตซึ่งถูกฉีดออกจากหัวใจ ทำให้ความดันสูงขึ้นด้วยเหตุนี้ผู้ป่วยที่มีความดันสูงจำเป็นต้องให้พักมากๆ

3) ปัจจัยด้านความเครียดทางอารมณ์และร่างกาย

ความเครียดทางอารมณ์ เช่น ความวิตกกังวล ความกลัว ความเครียดทางร่างกาย เช่น อาการปวดรุนแรงพอประมาณจะมีผลทำให้เพิ่มความดันโลหิตสูง โดยทั่วไปกระตุ้นระบบประสาทซิมพาทีติก ผลคือจะไปเพิ่มจำนวนโลหิตที่ออกจากหัวใจและทำให้หลอดเลือดแดงร่นหดตัว แต่ถ้าหากมีอาการปวดอย่างรุนแรงหรือเกิดภาวะช็อก ศูนย์บังคับหลอดเลือดจะถูกยับยั้งทำให้หลอดเลือดขยายตัว ซึ่งจะทำให้ความดันโลหิตต่ำลง

4) ปัจจัยด้านอื่นๆ

4.1) ปัจจัยที่เกี่ยวกับเพศ หลังจากพ้นระยะวัยรุ่นไปแล้วพบว่าเพศชายจะมีความดันโลหิตสูงกว่าหญิงเล็กน้อย

4.2) ปัจจัยที่เกี่ยวกับรูปร่าง คนอ้วนความดันโลหิตสูงกว่าคนผอม

4.3) ปัจจัยที่เกี่ยวกับประเภทของโรค โรคที่เกี่ยวกับระบบไหลเวียน และโรคไตจะทำให้ความดันโลหิตสูง โรคเกี่ยวกับหัวใจจะทำให้ความดันโลหิตต่ำ

4.4) ปัจจัยที่เกี่ยวกับการใช้ยา ยาที่มีผลต่อการหดตัวของหลอดเลือดจะทำให้ความดันโลหิตสูงตรงข้ามกับยายขยายหลอดเลือดจะทำให้ความดันโลหิตต่ำ

4.5) ปัจจัยที่เกี่ยวกับท่าทาง หากอยู่ในท่านอน ความดันโลหิตจะต่ำกว่าในท่านั่งหรือยืน

4.6) ปัจจัยที่เกี่ยวกับการรับประทานอาหาร และเครื่องดื่ม อาหาร และเครื่องดื่มบางชนิดจะเพิ่มความดันและบางชนิดลดความดัน

2.3.5 การวัดความดันโลหิต

การวัดความดันโลหิตในห้องหัวใจ และในหลอดเลือด จะทำให้แพทย์ทราบถึงฟังก์ชันการทำงานของระบบหมุนเวียนโลหิต โดยดูจากขนาด และรูปคลื่น

การวัดความดันโลหิตกระทำได้ 3 แบบคือแบบโดยตรง (Direct หรือ Invasive) แบบโดยอ้อม (Indirect หรือ Non Invasive) และแบบสัมพัทธ์ (Relative หรือ Uncalibrated Indirect)

1) การวัดแรงดันโลหิตแบบโดยตรง

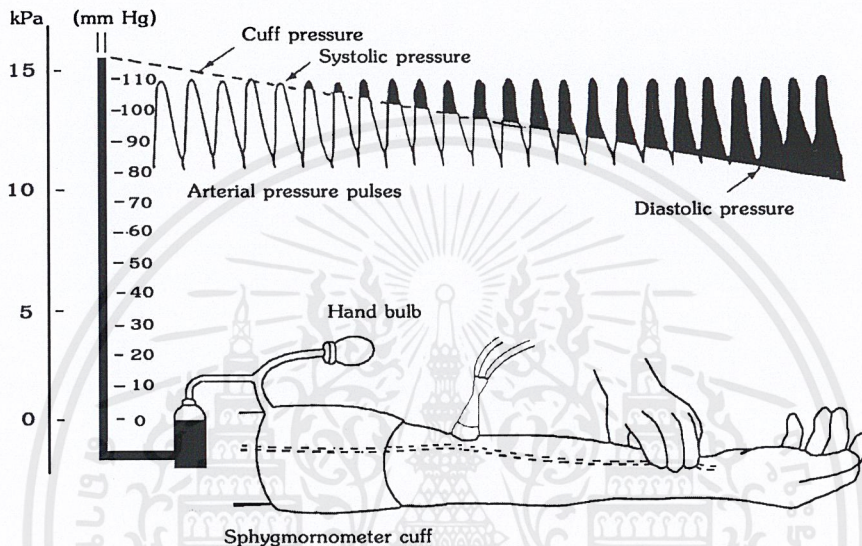
สำหรับการวัดความดันโลหิตในหลอดเลือดความดันภายในหลอดเลือด จะส่งผ่านโลหิตที่บรรจุเต็มในแคทีเตอร์ และส่งแรงดันผ่านไปยังไโคอะแฟรม ซึ่งเป็นแผ่นเนื้อเยื่อบางๆ แรงดันที่ส่งผ่านไโคอะแฟรมจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าโดยทรานสดิวเซอร์ความดัน หรือนำไปเข้ามาโนมิเตอร์ ที่ใช้น้ำเกลือเป็นตัวส่งผ่านแรงดัน

การตอบสนองความถี่ของการวัดโดยวิธีนี้ จะถูกจำกัดที่ตัวแคทีเตอร์เอง และการที่มีฟองอากาศอยู่ภายในแคทีเตอร์ ตลอดจนคุณสมบัติของสารที่ใช้ทำไโคอะแฟรม และชนิดของทรานสดิวเซอร์ที่ใช้

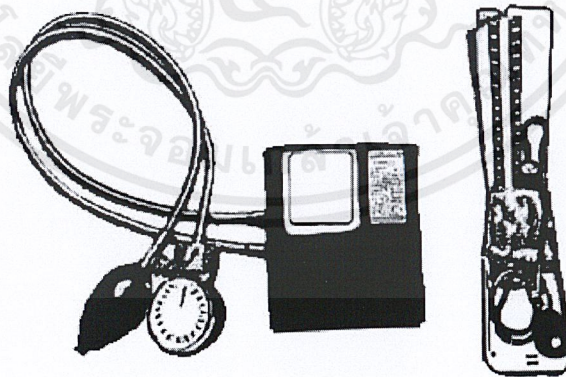
2) การวัดความดันโลหิตทางอ้อม

การวัดแรงดันโลหิตทางอ้อมจะใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า Sphygmomanometer จะถูกอัดอากาศเข้าไปโดยการบีบลูกยางซึ่งแรงดันในคัมพ์จะไปกดหลอดเลือดแดงทำให้โลหิตหยุดไหล โดยปกติการอัดอากาศเข้าไปจะให้ความดันในคัมพ์อยู่สูงกว่าแรงดันสูงสุดที่คาดว่าจะมีในเส้นโลหิตนั้น แล้วค่อยๆ ลดความดันในคัมพ์ลงอย่างช้าๆ และเมื่อความดันในคัมพ์ลดลงเท่าแรงดันสูงสุดในหลอดเลือด จึงทำให้โลหิตเริ่มฉีดผ่านไปได้ การที่โลหิตฉีดผ่านหลอดเลือดแคบๆ จะทำให้เกิดเสียงของการฉีด

ขึ้นเรียกว่าเสียง Korot Koff ซึ่งสามารถฟังได้โดยใช้สเตโตะโคป และเมื่อทำการลดความดันในคัพต่อไปจนแรงดันเท่ากับแรงดันต่ำสุดเสียง Korot Koff จะหายไป และโลหิตจะเริ่มไหลได้ตามปกติ แรงดันในคัพที่อ่านได้เกิดเสียง Korot Koff ครั้งแรกจะใกล้เคียงกับแรงดัน ซีสโตล และแรงดันที่ผ่านได้เมื่อได้ยินเสียง Korot Koff สุดท้ายจะใกล้เคียงกับแรงดันไดแอสโตล



รูปที่ 2.3 การวัดแรงดันโลหิตโดยอ้อม



รูปที่ 2.4 ลักษณะของเครื่องวัดความดันโลหิตทางอ้อม

3) การวัดความดันโลหิตแบบสัมพัทธ์

หลักการของการวัดความดันโลหิตแบบสัมพัทธ์ คือการวัดแรงดันภายนอกผิวหนังที่ส่งผ่านมาจากแรงดันของโลหิต ในหลอดเลือดผ่านผนังหลอดเลือดโลหิต และผิวหนังเรียกหลักการนี้ว่า โทโนมิเตอร์ ความดันโลหิตจะเป็นสัดส่วนกับแรงกดบน Arterial Rider หากด้วยพื้นที่หน้าตัดจากลักษณะของ โทโนมิเตอร์จะเห็นว่าความดันที่อ่านได้จะมากกว่าความดันในหลอดเลือดเสมอ ทั้งนี้เพราะจะมีแรงกดโดยผิวหนังเกิดขึ้นด้วย ดังนั้นการวัดความดันด้วยวิธีนี้ จะต้องทำการ คาริเบตเป็นรายๆ ไปก่อนเพื่อให้การวัดได้ค่าที่ถูกต้อง

การใช้งานทั่วไปจะใช้แบบทางอ้อม โดยที่พันแขนสำหรับเครื่องวัดความดันมีขนาดต่างกันของผู้ใหญ่จะกว้างประมาณ 12 – 14 เซนติเมตร สำหรับของเด็กจะเล็กกว่า คือ เด็กอายุ 7 – 12 ปี กว้างประมาณ 9 – 10 เซนติเมตร เด็กอายุ 2 – 6 ปี กว้างประมาณ 7 – 8 เซนติเมตร เด็กอายุขวบปีแรก กว้างประมาณ 3 – 4 เซนติเมตร บางชนิดใช้ข้อเกี่ยวบางชนิดใช้พันแล้วม้วนหนีบไว้ บางชนิดเป็นเทปสีกหลาย

เครื่องวัดความดันบางชนิดเป็นเครื่องไฟฟ้า ซึ่งไม่ต้องใช้เครื่องฟังตรวจ ตัวเลขของความดันจะปรากฏบนจอภาพเหมาะสำหรับผู้ป่วยหนักที่ต้องตรวจสอบอยู่บ่อยๆ

ในการวัดความดันที่ต้องใช้เครื่องฟังตรวจนั้น พยาบาลจะได้ยินเสียงเป็นลำดับ ครั้งแรกเมื่อพันแขนด้วยผ้าพันแขนแล้วบีบลมเข้าจนกระทั่งไม่ได้ยินเสียงแสดงว่าโลหิตหยุดไหลผ่านหลอดเลือดแดง เมื่อปล่อยความดันลมออกความดันในผ้าพันแขนจะลดลงจนกระทั่งโลหิตไหลผ่านอีก ณ จุดที่เสียงดังเริ่มแรกนั้นเป็นจุดที่หัวใจห้องล่างด้านซ้ายหดตัวฉีดโลหิต เสียงที่ได้ยินครั้งแรกเรียกว่าความดันซิสโตลิก ในขณะที่ความดันในผ้าพันแขนลดลงเสียงจะเปลี่ยนไปไม่ชัดเจนและในที่สุดจะเงียบไป ซึ่งถือว่าเป็นความดันในหลอดเลือดแดงในขณะที่หัวใจห้องล่างด้านซ้ายพัก จุดที่เสียงเริ่มเปลี่ยน หรือจุดที่เสียงเงียบหายไปคือจุดแสดงความดันไดแอสโตลิก ในขณะที่หลอดเลือดแดงปกติ ความดันไดแอสโตลิกที่แท้จริงจะอยู่ต่ำกว่าจุดเริ่มเปลี่ยนแปลงเสียง 10 มิลลิเมตรปรอท ซึ่งก็เป็นตำแหน่งเดียวกับที่เสียงหายไป สำหรับผู้ป่วยซึ่งมีหลอดเลือดแดงกระด้างเสียงจะเริ่มเปลี่ยนไป หลังจากถึงจุดความดันไดแอสโตลิกแล้วเล็กน้อย

โดยสรุปในการวัดความดันโลหิตให้ถือปฏิบัติดังนี้คือ

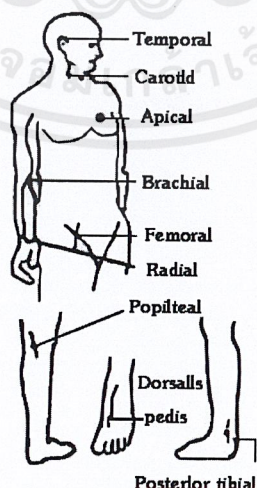
3.1) ความดันซิสโตลิก จุดแรกเมื่อเริ่มได้ยินเสียงครั้งแรก

3.2) ความดันไดแอสโตลิก จุดสุดท้ายที่เสียงเริ่มเปลี่ยนหรือเสียงหายไป ตำแหน่งที่วัดความดันโลหิตโดยทั่วๆ ไปวัดที่หลอดเลือดแดงที่ข้อพับแขน (Brachial Artery) หากมีเหตุจำเป็นวัดบริเวณนี้ไม่ได้ ให้วัดที่หลอดเลือดแดงที่ข้อพับเข่า (Popliteal Artery)

2.4 การตรวจชีพจร

ชีพจรเป็นแรงสะท้อนของกระแสโลหิต ซึ่งเกิดจากการบีบตัวของหัวใจห้องล่างด้านซ้าย ทำให้ผนังของหลอดเลือดขยายออกเป็นจังหวะ เป็นผลให้สามารถจับชีพจรได้ตลอดเวลา บริเวณที่สัมผัสได้ คือส่วนผิวของร่างกายที่มีหลอดเลือดผ่านเหนือหรือข้างๆ กระดูก โดยมากเรียกชื่อชีพจรตามตำแหน่งของหลอดเลือดที่จับได้ มีดังต่อไปนี้

- ชีพจรเทมพอรัล (Temporal Pulse) จับที่เหนือและข้างๆ ตา
- ชีพจรคาโรติด (Carotid Pulse) อยู่ด้านข้างของคอ คลำได้ชัดเจนที่สุดบริเวณมุมขากรรไกรล่าง
- ชีพจรเบรเคียล (Brachial Pulse) อยู่ด้านในของกล้ามเนื้อ คลำได้ที่บริเวณข้อพับแขน
- ชีพจรเรเดียล (Radial Pulse) อยู่ที่ข้อมือด้านในบริเวณกระดูกปลายแขนด้านนอกหรือด้านหัวแม่มือเป็นตำแหน่งที่นิยมจับชีพจรมากที่สุด เพราะเป็นที่ที่จับได้ง่ายและไม่รบกวนผู้ป่วย
- ชีพจรฟีโมรัล (Femoral Pulse) อยู่บริเวณขาหนีบตรงกลางๆ ส่วนของเอ็นที่ยึดขาหนีบ
- ชีพจรพ็อพลิเทียล (Popliteal Pulse) อยู่บริเวณข้อพับเข่า หาก่อนข้างยากแต่ถ้างอเข่าก็สามารถคลำได้ง่ายขึ้น อยู่ตรงกลางๆ ข้อพับเข่า
- ชีพจรดอร์ซาลิส (Dorsalis Pulse) อยู่บริเวณหลังเท้า ให้ดูตามแนวกลางตั้งแต่หัวเข่าลงไปชีพจรที่จับได้อยู่กลางหลังเท้า ระหว่างนิ้วหัวแม่มือกับนิ้วชี้
- ชีพจรแอพิคัล (Apical Pulse) อยู่ที่ยอดของหัวใจ หน้าอกด้านซ้ายบริเวณที่ตั้งของหัวใจมักจะใช้กับเด็กทารก และเด็กเล็กๆ ที่อายุต่ำกว่า 2 - 3 ขวบ
- ชีพจรโพสทีเรียล ทิเบียล (Posterior Tibial Pulse) อยู่บริเวณหลังปุ่มกระดูกข้อเท้าด้านใน



รูปที่ 2.5 ที่อยู่ของชีพจรในร่างกาย

2.4.1 สิ่งที่ต้องสังเกตในการจับชีพจร

1) อัตราความเร็วของชีพจร

หมายถึง อัตราการเต้นของหัวใจต่อ 1 นาที มีปัจจัยต่างๆ ที่ทำให้อัตราความเร็วของหัวใจแตกต่างกันซึ่งขึ้นอยู่กับสิ่งต่อไปนี้ คือ

1.1) ปัจจัยที่เกี่ยวกับอายุ สามารถแสดงอัตราการเต้นของชีพจรเป็นจำนวนครั้ง/นาที โดยเทียบตามอายุหรือวัยได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 อัตราการเต้นของชีพจรเปรียบเทียบกับอายุ

อายุ/วัย	อัตราการเต้นของชีพจร (ครั้ง/นาที)
ทารกแรกเกิด	120
1 ขวบ	110
5 ขวบ	95
10 ขวบ	85
วัยรุ่น	80
ผู้ใหญ่	75

1.2) ปัจจัยที่เกี่ยวกับเพศ ผู้หญิงจะมีความเร็วกว่าชายเล็กน้อยในช่วงวัยรุ่นและวัยผู้ใหญ่

1.3) ปัจจัยที่เกี่ยวกับการออกกำลังกาย โดยปกติชีพจรจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อได้ออกกำลังกาย เนื่องจากในระหว่างการออกกำลังกาย กล้ามเนื้อต้องการออกซิเจนเพิ่มขึ้น จึงทำให้การเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นเพื่อจะได้นำออกซิเจนไปให้กับกระแสโลหิต

1.4) ปัจจัยที่เกี่ยวกับอารมณ์ อัตราการเต้นของหัวใจขึ้นอยู่กับระบบประสาทอัตโนมัติ ซึ่งมี 2 ส่วน คือ ระบบประสาทซิมพาทีติก และพาราซิมพาทีติก อารมณ์ที่เกิดขึ้นเช่น ความกลัว ความโกรธ ความวิตกกังวล การรับรู้ความเจ็บปวด จะไปกระตุ้นระบบประสาทซิมพาทีติกทำให้หัวใจบีบตัวเร็วขึ้นสำหรับการกระตุ้นระบบประสาทพาราซิมพาทีติกทำให้หัวใจเต้นช้าลง เช่น ดิจิทาลิส มักใช้ในรูปของยา มักใช้ในรูปของยาเพื่อกระตุ้นระบบประสาทพาราซิมพาทีติก โดยเฉพาะประสาทเวกัส หากหัวใจเต้นเร็วเกิน 100 ครั้งต่อนาทีขึ้นไปในผู้ใหญ่ ถือว่าชีพจรเต้นเร็ว ในทางตรงกันข้าม ถ้าหัวใจเต้นช้ากว่า 60 ครั้งต่อนาที ถือว่าชีพจรเต้นช้า

1.5) ปัจจัยที่เกี่ยวกับอุณหภูมิความร้อน การนำความร้อนมาใช้ภายนอกร่างกายเป็นเวลานานๆ ก็เช่นเดียวกับ ความร้อนที่เกิดขึ้นในร่างกายคือมีใช้ขึ้นนั้น จะทำให้ชีพจรเต้นเร็วขึ้น และ

ชีพจรจะเร็วขึ้นเมื่อความดันของโลหิตลดลงจากผลของหลอดโลหิตส่วนปลายขยายออกเมื่อถูกความร้อน

1.6) ปัจจัยที่เกี่ยวกับการใช้ยา ยาบางชนิดลดอัตราการความเร็วของชีพจรและบางชนิดเพิ่มอัตราการความเร็วของชีพจร

1.7) ปัจจัยที่เกี่ยวกับการตกโลหิต การสูญเสียโลหิตจากระบบหลอดเลือดโลหิตประมาณ 10% ของจำนวนโลหิตทั้งหมด (จำนวนโลหิตทั้งหมดในระบบหลอดเลือดโลหิตของผู้ใหญ่มีประมาณ 5 ลิตร) จะทำให้ชีพจรเร็วขึ้น

1.8) ปัจจัยที่เกี่ยวกับการใช้ท่าทาง เมื่ออยู่ในท่านอนชีพจรจะเร็วกว่าเมื่ออยู่ในท่านั่งหรือนอน ทั้งนี้เพราะหัวใจต้องบีบตัวให้เร็วขึ้นเพื่อฉีดโลหิตไปเลี้ยงร่างกาย

1.9) ปัจจัยเกี่ยวกับจังหวะชีพจร ชีพจรจะเด่นเป็นจังหวะ มีช่วงพักระหว่างจังหวะแต่ละช่วงพักใช้เวลาเท่ากัน ลักษณะเช่นนี้เรียกว่า ชีพจรสม่ำเสมอ ส่วนชีพจรที่เด่นไม่เป็นจังหวะแต่ละช่วงพักไม่สม่ำเสมอเรียกว่าชีพจรไม่สม่ำเสมอ

1.10) ปัจจัยเกี่ยวกับปริมาตรชีพจร ขึ้นอยู่กับแรงของโลหิตในการกระทบชีพจรปกติรู้สึกได้ด้วยการกดนิ้วลงตรงบริเวณที่จะวัดด้วยแรงพอประมาณ แต่ถ้ากดแรงมากเกินไปจะไม่ได้รับความรู้สึก ถ้าแรงดันโลหิตชีพจรจะแรง แรงดันโลหิตอ่อนชีพจรจะเบา

1.11) ปัจจัยเกี่ยวกับความยืดหยุ่นของผนังของหลอดเลือดแดง ปกติผนังของหลอดเลือดแดงจะตรงและเรียบ มีความยืดหยุ่นดี ในคนที่สูงอายุผนังหลอดเลือดแดงมีความยืดหยุ่นน้อย ขรุขระและไม่สม่ำเสมอ

2.5 ทรานสดิวเซอร์วัดอุณหภูมิ

2.5.1 ตัวตรวจจับอุณหภูมิแบบความต้านทาน (RTD)

ตัวตรวจจับอุณหภูมิแบบความต้านทาน หรือเรียกว่า RTD มีชื่อภาษาอังกฤษว่า (Resistance Temperature Detector) คือ ตัวตรวจจับอุณหภูมิแบบความต้านทานจัดเป็นตัวแปลงแบบหนึ่งที่ใช้ในการตรวจวัดอุณหภูมิโดยการอาศัยหลักการของโลหะที่มีค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงไปตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิโลหะบริสุทธิ์ ที่ใช้ทำตัว อาร์ทีดี อันได้แก่ ทองคำขาว, นิเกิล, ทังสเตนและทองแดงซึ่งมีสัมประสิทธิ์อุณหภูมิ แบบบวก (Positive Temperature Coefficients) ดังนั้นสำหรับโลหะบริสุทธิ์ อุณหภูมิ และความต้านทาน จะเป็นสัดส่วนโดยตรงต่อกัน กล่าวคือเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นความต้านทานของโลหะบริสุทธิ์จะเพิ่มค่าขึ้นไปด้วย ค่าความสัมพัทธ์ระหว่างความต้านทานกับอุณหภูมิสามารถคำนวณได้จาก สมการต่อไปนี้

$$R_t = R_o (1 + \alpha \Delta T) \quad (2.2)$$

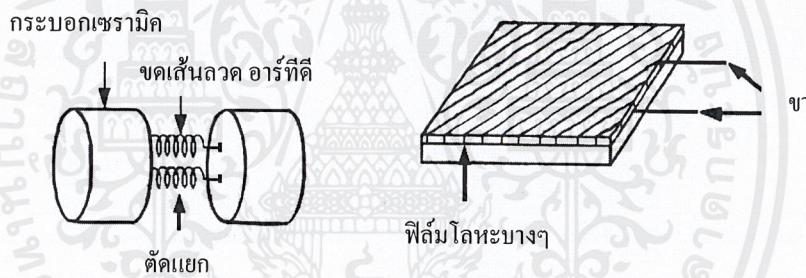
R_t = ค่าความต้านทานกับอุณหภูมิของตัวนำที่อุณหภูมิ

R_o = ค่าความต้านทานของตัวนำที่อุณหภูมิอ้างอิง (โดยทั่วไปคือ 0 องศา)

α = สัมประสิทธิ์ของค่าความต้านทาน

Δ = ค่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิทำงานและอุณหภูมิอ้างอิง

จากรูปที่ 2.6 ด้านซ้าย แสดงรูปร่าง อาร์ทีดี ที่นิยมใช้กันอย่างมากดังในรูปจะเป็น อาร์ทีดีแบบขดเป็นเกลียว ที่ประกอบด้วยเส้นลวดทองคำขาวพันขดเป็นวงแน่น และยึดติดกับแท่งเซรามิก รูปทรงกระบอกและในรูปที่ 2.6 ด้านขวา เป็นโครงสร้างทางเทคนิคใหม่ที่ใช้ฟิล์มโลหะทำเป็นอาร์ทีดี ซึ่งสารที่ใช้ทำฟิล์มโลหะคือทองคำขาวโดยเคลือบอยู่บนวัสดุฐานรองที่เป็นเซรามิกบางๆ

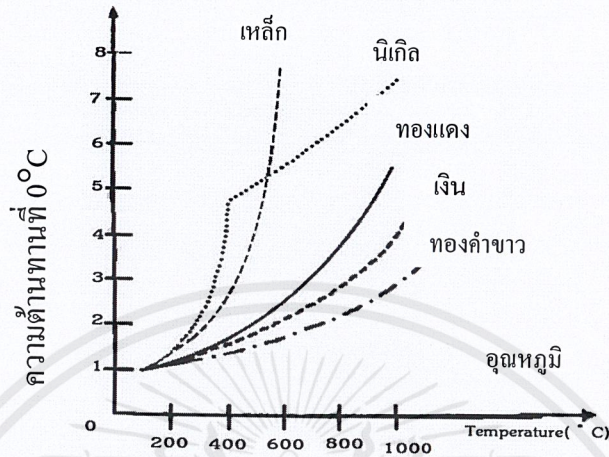


รูปที่ 2.6 อาร์ทีดี ที่นิยมใช้กัน

โดยทั่วไปค่าความต้านทานของ อาร์ทีดี ในการใช้งานจะมีพิสัยตั้งแต่ 10 โอห์ม ถึงหลายพันโอห์ม ส่วนมากจะใช้ค่าความต้านทานประมาณ 100 โอห์ม เพราะเป็นค่าความต้านทานที่ค่าความยาวของเส้นลวดสามารถทำให้การวัดอุณหภูมิเกิดความไม่แน่นอน ซึ่งปัญหานี้สามารถจะแก้ไขได้โดยการใช้บริดจ์แบบ สามเส้นลวด ถ้าเส้นลวดด้านบนและด้านล่างเป็นเสมือนความต้านทานของ อาร์ทีดี ซึ่งจะต่อเข้ากับขาของบริดจ์ทั้งสองส่วนเส้นลวดที่สามจะไม่มีกระแสไหลผ่านขณะที่วงจรบริดจ์อยู่ในสถานะสมดุล

ตัวตรวจวัดอุณหภูมิที่ใช้ อาร์ทีดี จะให้ความแม่นยำและเที่ยงตรงมาก โดยเราสามารถพิจารณาได้จากเส้นโค้ง (Curve) ดังรูปที่ 2.7 ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของโลหะตัวนำหลายๆ แบบเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงจะเห็นได้ว่าค่าความต้านทานของทองคำขาวและทองแดง

นั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นเชิงเส้นกับอุณหภูมิ ในขณะที่นิเกิลนั้นมีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่เป็นเชิงเส้นกับอุณหภูมิ โดยทั่วไปจึงนิยมใช้ทองคำขาวเป็นตัวตรวจวัดอุณหภูมิมากที่สุด

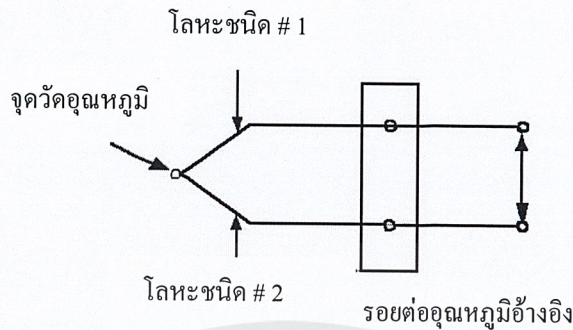


รูปที่ 2.7 ค่าความต้านทานสัมพัทธ์ ต่ออุณหภูมิของโลหะบริสุทธิ์

2.5.2 เทอร์โมคัปเปิล

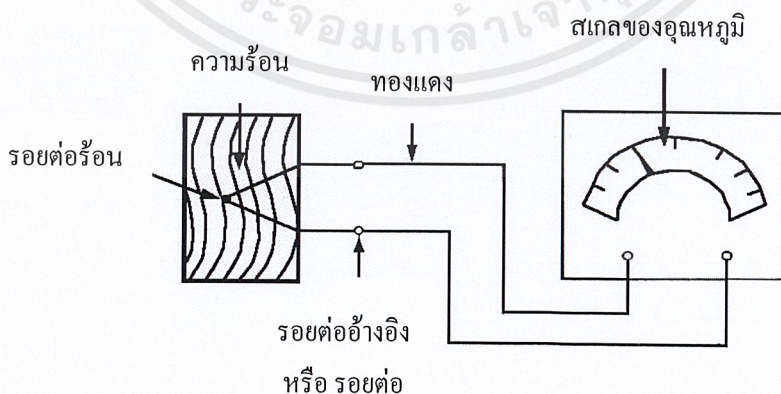
เทอร์โมคัปเปิล เป็นตัวแปลงที่มีความไวต่ออุณหภูมิ และความสามารถผลิตแรงดันไฟฟ้าขึ้นได้เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง ดังนั้นเทอร์โมคัปเปิลจึงมีบทบาทที่สำคัญเกี่ยวกับการวัดอุณหภูมิในงานทางด้านวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม

หลักการของปรากฏการณ์เทอร์โมคัปเปิล นี้เกิดจากคู่ของเส้นลวดตัวนำที่ทำด้วยโลหะต่างชนิดกัน โดยปลายข้างหนึ่งจะถูกต่อเข้าด้วยกันที่เป็นรอยต่อการรับรู้ หรืออาจเรียกว่า รอยต่อร้อน ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งจะเรียกว่ารอยต่อเย็น เมื่อมีอุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างปลายรอยต่อร้อนกับรอยต่อเย็น ซึ่งจะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าระหว่างเส้นลวดขึ้นได้ดังรูปที่ 2.8 ซึ่งค่าของขนาดแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของโลหะที่ใช้ทำเส้นลวด และจำนวนของอุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างปลายรอยต่อร้อนกับรอยต่อเย็น



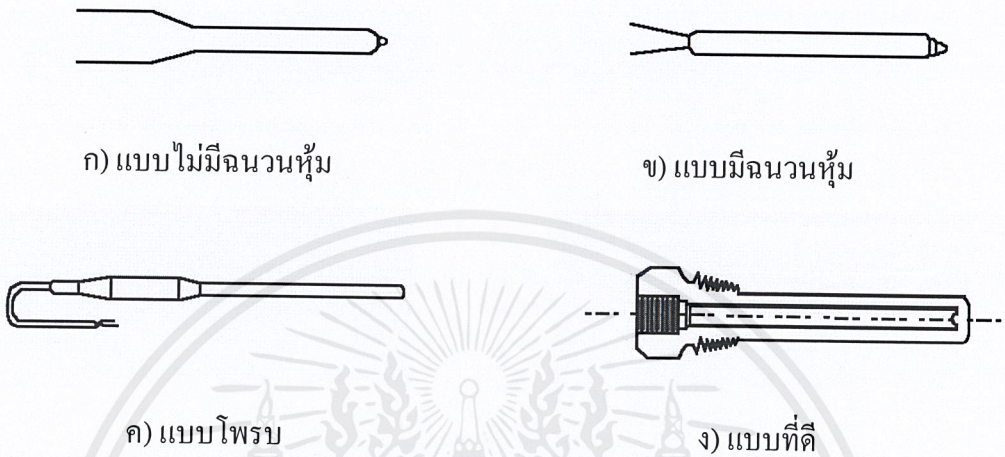
รูปที่ 2.8 หลักการของปรากฏการณ์เทอร์โมคัปเปิล

ในการใช้งานปกติปลายรอยต่อร้อนจะถูกนำไปไว้ใน หรือบนวัตถุที่ต้องการจะตรวจสอบ และปลายรอยต่อเย็นของเส้นลวดจะถูกต่อเข้ากับอุปกรณ์เครื่องวัดแรงดัน เมื่อเทอร์โมคัปเปิลมีอุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างปลายรอยต่อร้อนและปลายรอยต่อเย็น ซึ่งจะเป็นสิ่งที่ต้องนำมาวิเคราะห์ คือ ปลายรอยต่อเย็นทั้งคู่ที่ถูกต่อเก็บไว้ ณ จุดอุณหภูมิอ้างอิงคงตัว หรือในกรณีของ เทอร์โมคัปเปิลราคาถูก สามารถเก็บได้ง่ายที่อุณหภูมิห้องเมื่อนำมันมาใช้ในการวัดอุณหภูมิค่าของแรงดันเอาต์พุตของเทอร์โมคัปเปิลที่อ่านได้จะต้องสำหรับการเปลี่ยนแปลงใดๆ ในอุณหภูมิห้อง เพราะอุณหภูมิที่ปลายสายของเส้นลวดเทอร์โมคัปเปิลเป็นจุดอุณหภูมิอ้างอิง ซึ่งรอยต่ออ้างอิงหรือที่เรียกกันบ่อยๆ ว่า รอยต่อเย็นจะเป็นขั้วต่ออุปกรณ์หรือเส้นลวดอื่นๆ เส้นลวดที่นำมาต่อที่ขั้วต่อของรอยต่ออ้างอิงเข้ากับอุปกรณ์การวัดจะเป็นเส้นลวดทองแดงดังรูปที่ 2.9



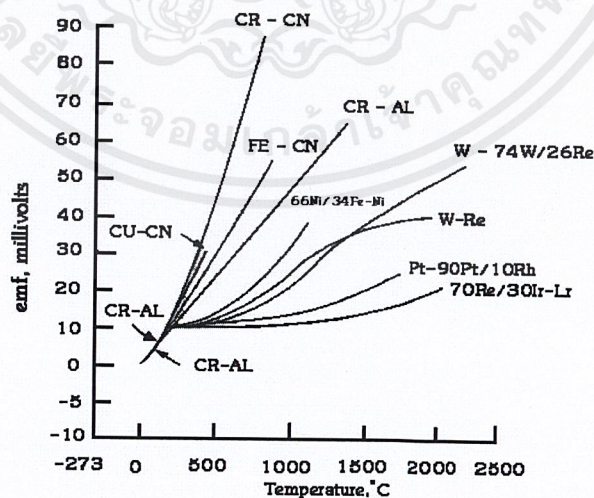
รูปที่ 2.9 การใช้งานของเทอร์โมคัปเปิลอย่างง่าย

เทอร์โมคัปเปิลจะทำมาจากจำนวนของโลหะต่างชนิดกันหรือโลหะผสมเพื่อให้มีปฏิกิริยาการใช้งานของอุณหภูมิที่กว้าง คือ ต่ำสุดที่ -270 องศาเซลเซียส ถึงสูงสุดที่ $2,700$ องศาเซลเซียสจากรูปที่ 2.10 เป็นเทอร์โมคัปเปิลแบบต่างๆ



รูปที่ 2.10 รูปร่างของเทอร์โมคัปเปิลแบบต่างๆ

เทอร์โมคัปเปิลยังสามารถนำไปใช้ได้อย่างกว้างขวางเช่นใช้ในการควบคุมเตาเผาหรืออาจใช้ในเครื่องมือวัดและบันทึกค่าอุณหภูมิได้ นอกจากนี้ในกระบวนการทางอุตสาหกรรม ยังใช้เทอร์โมคัปเปิลเป็นตัวตรวจวัดอุณหภูมิของเหลว และแก๊สภายในที่จัดเก็บหรือการไหลภายในท่อ



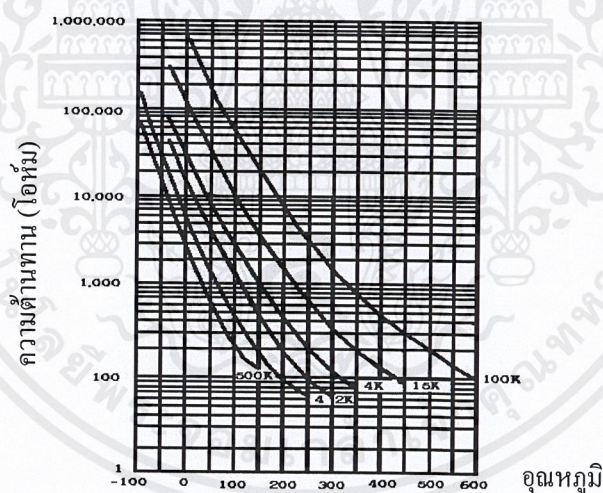
รูปที่ 2.11 เส้นโค้งการเปรียบเทียบสำหรับเทอร์โมคัปเปิลหลายๆ ชนิดแบบรวมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 เทอร์มิสเตอร์

เทอร์มิสเตอร์ (Thermistors) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ตัวต้านทานความร้อน (Thermal Resistor) จะเป็นสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำที่ทำมาจากโลหะออกไซด์ อันได้แก่ แมงกานีส, นิกเกิล, โคบอลต์, ทองแดงและยูเรเนียม เป็นต้น โดยสารเหล่านี้จะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิซึ่งการเปลี่ยนค่าการความต้านทานจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ -2% ถึง -6% ต่อ 1 องศาเซลเซียส ดังนั้นเทอร์มิสเตอร์จึงสามารถวัดค่าความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเพียงเล็กน้อยได้

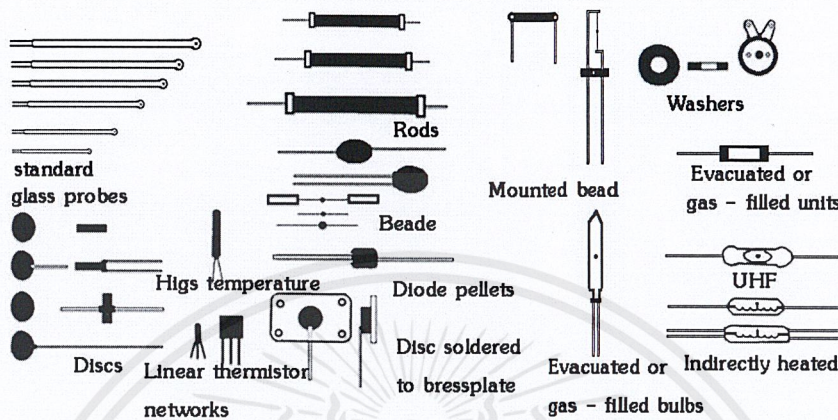
โดยทั่วไปเทอร์มิสเตอร์จะมีค่าความต้านทานต่อสัมประสิทธิ์ อุณหภูมิเป็นลบ (Negative) กล่าวคือถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์จะลดลง ค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์ในทางการค้าจะพิจารณาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีพิสัยของการใช้งานตั้งแต่ 100 โอห์มจนถึง 10 เมกะโอห์ม ซึ่งเส้นแสดงความเปลี่ยนแปลงระหว่างค่าความต้านทานกับอุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์จะแสดงดังรูปที่ 2.12 โดยค่าความต้านทานที่ระดับต่ำสุดของแต่ละปลายเส้นโค้งจะเป็นค่าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส



รูปที่ 2.12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานกับอุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์

รูปร่างของเทอร์มิสเตอร์ที่มีใช้งานจะมีอยู่หลายรูปแบบ เช่น เทอร์มิสเตอร์ที่มีขนาดเล็กที่สุดจะเป็นแบบลูกปัดหรือลูกประคำ (Bead) ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 0.15 มม. ถึง 1.25 มม. เทอร์มิสเตอร์แบบนี้จะติดตั้งอยู่ที่ปลายของแท่งแก้วแข็งเพื่อสะดวกแก่การใช้งาน ส่วนเทอร์มิสเตอร์แบบอื่นๆ นั้นได้แก่ เทอร์มิสเตอร์แบบจาน (Disk) แบบวงแหวน (Washer) แบบแท่ง

ทรงกลม (Rod) ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5 มม. ถึง 25 มม.และสามารถทนการสูญเสียความร้อนได้สูงกว่าแบบลูกปัด



รูปที่ 2.13 รูปร่างแบบต่างๆ ของเทอร์มิสเตอร์

การใช้งานของเทอร์มิสเตอร์อาจจะนำมาใช้ในการวัดอุณหภูมิอย่างง่าย ๆ ได้ คือการนำเอาเทอร์มิสเตอร์มาต่ออันดับกับเบตเตอรี และไมโครแอมป์มิเตอร์ เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์ก็จะเปลี่ยนแปลงอันมีผลทำให้กระแสที่ไหลในวงจรเกิดการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วยเช่นกัน ดังนั้นค่าของกระแสที่ไมโครแอมป์มิเตอร์วัดได้จึงสามารถปรับเทียบให้เป็นค่าของอุณหภูมิที่อ่านได้ แต่ในการใช้งานบ่อยๆ เราจะต้องขนานร่วมกับความต้านทาน ซึ่งจะทำให้คุณลักษณะของการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์เป็นเชิงเส้นมากขึ้น และค่าความต้านทาน ที่นำมาต่อเข้ากับเทอร์มิสเตอร์ จะต้องมามีค่าเท่ากับ ความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์

เครื่องวัดอุณหภูมิมีส่วนสำคัญ คือส่วน ที่ทำหน้าที่ เป็น Transducer ที่ทำหน้าที่วัดอุณหภูมิ ซึ่งมีใช้งานอยู่หลายแบบ เช่น เทอร์มิสเตอร์, เทอร์โมคัปเปิ้ล, ไดโอด อุปกรณ์ที่กล่าวมา ต้องอาศัยวงจรแปลง แรงดันอนาลอกเป็นดิจิตอล (Analog To Digital Conveter) หรือวงจรแปลงแรงดันเป็นความถี่ (Voltage To Frequency Converter) ซึ่งต้องใช้วงจรที่ซับซ้อน

2.5.4 ไอซี DS1820

1) หลักการเบื้องต้นของไอซี DS1820

ไอซี DS1820 เป็นไอซีที่มีระบบการสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบหนึ่งสายซึ่งถือได้ว่าเป็นระบบที่มีความชาญฉลาด และใช้จำนวนสายสัญญาณเพียง 1 เส้นเท่านั้น โดยไม่ต้องมีสายสัญญาณ

นาฬิกาควบคุมจังหวะการถ่ายทอดข้อมูลเหมือนกับระบบสื่อสารข้อมูลอนุกรมในแบบอื่น สายข้อมูลจะทำหน้าที่เสมือนเป็นสายสัญญาณนาฬิกาในตัว ส่วนค่าของข้อมูลจะพิจารณาจากลักษณะของรูปสัญญาณที่ปรากฏบนสายสัญญาณในแต่ละช่องของเวลาซึ่งเรียกว่า ไทม์สล็อต (Time Slot) โดยคาบเวลาดำสุดและสูงสุดของสถานะต่าง ๆ ในการสื่อสารข้อมูลในแต่ละไทม์สล็อตมีการกำหนดขอบเขตไว้อย่างชัดเจนการถ่ายทอดข้อมูลจะเกิดขึ้นในแต่ละไทม์สล็อตนั้น รูปแบบการถ่ายทอด ข้อมูลจะเป็นแบบอะซิงโครนัสในระดับบิต ไม่มีการกำหนดความยาวของข้อมูลเป็นระดับไบต์ระบบสื่อสารแบบนี้เหมาะที่จะใช้ในการสื่อสารข้อมูลระหว่างไอซีแผงวงจรเดียวกัน

2) การอินเตอร์เฟสผ่านสายเส้นเดียว

การเชื่อมต่อหรือการอินเตอร์เฟส (Interface) ระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ภายนอก โดยใช้จำนวนสายสัญญาณให้น้อยที่สุดได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจากหลายบริษัทผู้ผลิต เช่น การเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่อพ่วงแบบอนุกรม (Serial Peripheral Interface, SPI) ในไมโครคอนโทรลเลอร์ 68HC1 ของโมโตโรลา การเชื่อมต่อแบบ SPI นี้ช่วยให้ ไมโครคอนโทรลเลอร์แลกเปลี่ยนข้อมูลกับอุปกรณ์ต่อพ่วงได้ด้วยความเร็วถึง 1 ล้านบิตต่อวินาที โดยใช้สายรับส่งสัญญาณเพียง 3 หรือ 4 เส้น รวมกับสายกราวด์อีกหนึ่งเส้น

3) คุณสมบัติ

- 3.1) DS1820 สามารถ Interface โดยใช้สายสัญญาณเพียงเส้นเดียว
- 3.2) DS1820 เพียงตัวเดียว สามารถวัดอุณหภูมิได้โดยไม่ต้องต่ออุปกรณ์ร่วม
- 3.3) DS1820 มีย่านวัดอยู่ที่ $+125$ ถึง -55°C
- 3.4) DS1820 มีความละเอียดในการวัดได้ 0.5°C

2.6 ทรานสดิวเซอร์วัดความดัน

การแสดงค่าความดันนอกจากแสดงด้วยขนาดความยาวของลำปรอทโดยตรงแล้วในกรณีที่ต้องการแสดงผลทางไฟฟ้าหรืออิเล็กทรอนิกส์ ทรานสดิวเซอร์วัดความดันก็เข้ามามีบทบาทในการแปลงขนาดความดันนั้นมาเป็นสัญญาณไฟฟ้าที่เป็นสัดส่วนเชิงเส้นต่อกัน ทรานสดิวเซอร์วัดความดันที่สำคัญๆ ได้แก่ อินดักทีฟทรานสดิวเซอร์ คาปาซิทีฟทรานสดิวเซอร์ ออปติคัล ทรานสดิวเซอร์ และรีซิสทีฟทรานสดิวเซอร์

2.5.1 อินดักทีฟทรานสดิวเซอร์

อินดักทีฟทรานสดิวเซอร์ จะใช้หลักการของการเปลี่ยนแปลงค่าอินดักเตอร์ของแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งปกติจะแปรตามค่าตามจำนวนรอบค่า Magnetic Permeability ของแกนเหล็กและขนาด

ของขดลวดแม่เหล็กทรานสดิวเซอร์แบบนี้จะใช้ขดลวดพันบนแกนที่เป็นสารแม่เหล็กและมีขนาดเล็กและเบา ปลายด้านหนึ่งของแกนจะยึดติดกับไดอะแฟรม การเคลื่อนที่ของไดอะแฟรมตามขนาดแรงดันทางอีกด้านหนึ่ง จะทำให้แกนแม่เหล็กเคลื่อนที่ในขดลวดค่าอินดักแตนซ์ของขดลวดจึงเปลี่ยนไปค่าอินดักแตนซ์นี้ได้

ทรานสดิวเซอร์ชนิดนี้จะให้การเปลี่ยนแปลงความดันเชิงปริมาตรได้ราวๆ 0.02 - 6 ลูกบาศก์มิลลิเมตร ต่อ 100 มิลลิเมตรปรอท และความไวจะอยู่ในช่วง 50 ไมโครโวลต์ ถึง 1 มิลลิโวลต์ ต่อแรงดันกระตุ้นบริดจ์ 1 โวลต์ ทรานสดิวเซอร์วัดความดันที่ใช้หลักการดังกล่าวมีชื่อเรียกว่าอินดักแตนซ์มาโนมิเตอร์

อินดักติฟทรานสดิวเซอร์อีกแบบหนึ่งที่น่าสนใจในการวัดความดันคือดิฟเฟอเรนเชียลทรานสฟอร์มเมอร์ ขดลวดทางทุติยภูมิสองขดจะมีขนาดเดียวกันแต่ทิศทางพันจะกลับกัน ซึ่งที่ในตำแหน่งหนึ่งของแกนแม่เหล็กแรงดันที่เหนี่ยวนำทางขดทุติยภูมิจากการป้อนกระแสความถี่ และขนาดคงที่ทางขดปฐมภูมิจะมีขนาดที่เท่ากัน หากนำขั้วของขดลวดทางทุติยภูมิต่อกันโดยใช้ขั้วเหมือนกันต่อกัน 1 ขั้ว ผลต่างของแรงดันเหนี่ยวนำระหว่างขั้วที่เหลือจะเท่ากันศูนย์ การเคลื่อนที่ของแกนในตำแหน่งอื่นจะทำให้ความสมดุลนี้เสียไป เช่นเดียวกับกรณีของอินดักติฟทรานสดิวเซอร์แบบอื่นๆ แกนเหล็กจะยึดติดกับไดอะแฟรมของแก๊สเทอร์ เพื่อให้เกิดเคลื่อนที่ตามแรงดันที่กดบนไดอะแฟรม

2.6.2 ทรานสดิวเซอร์วัดความดันแบบคาปาซิทิฟ

ทรานสดิวเซอร์ชนิดนี้ใช้หลักการเปลี่ยนค่าคาปาซิแตนซ์ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระยะระหว่างขั้วแผ่นโลหะที่มีสารไดอิเล็กทริกคั่นกลางอยู่ การเปลี่ยนแปลงของค่าคาปาซิแตนซ์ เราจะสามารถตรวจได้โดยให้คาปาซิเตอร์ นี้อยู่ในแขนหนึ่งของเฮย์บริดจ์ คาปาซิทิฟ มาโนมิเตอร์ จะมีข้อดีที่มีความไวสูงและตอบสนองความถี่ได้สูง แต่ว่าไวต่อการเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ ดังนั้นการนำมาใช้งานจะต้องมีการชดเชยทางอุณหภูมิ นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงของค่าคาปาซิแตนซ์ของสายเคเบิลที่ต่อทรานสดิวเซอร์อยู่ก็มีผลต่อเสถียรภาพเดิมของทรานสดิวเซอร์ในวงจรบริดจ์ด้วย ดังนั้นจึงอาจจำเป็นต้องใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ชดเชยค่าคาปาซิแตนซ์ในสายเพื่อลดความผิดพลาดเมื่อใช้งาน

2.6.3 ทรานสดิวเซอร์วัดความดันที่ใช้หลักการทางแสง

หลักการของโฟโตอิเล็กทริกสามารถนำมาประยุกต์เป็นทรานสดิวเซอร์วัดความดันได้ โครงสร้างของทรานสดิวเซอร์ชนิดนี้ประกอบด้วยส่วนสำคัญที่เรียกว่า หลอดเบอร์ดอน (Bourdon) ซึ่งเป็นหลอดกลวงหน้าตัดเป็นรูปวงรี ตัดเป็นรูปโค้ง ความโค้งของหลอดจะเปลี่ยนแปลงเมื่อความดันภายในเปลี่ยนแปลง ที่ปลายของหลอดเบอร์ดอนจะมีแผ่นชัตเตอร์ติดอยู่ ซึ่งชัตเตอร์จะวางอยู่

ในตำแหน่งระหว่างแหล่งกำเนิดแสงและโฟโต้เซลล์ทรานสดิวเซอร์ชนิดนี้จะมีความไวไม่มากนัก กล่าวคือทุกๆ การเปลี่ยนแปลงปริมาณของโลหิตในหลอดเบอร์ดอน 15 ลูกบาศก์มิลลิเมตร จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความดันของมิลลิเมตรปรอท อย่างไรก็ตามทรานสดิวเซอร์ชนิดนี้ที่ผลิตเป็นการค้าอาจจะทำได้ความไวต่ำถึง 0.1 ลูกบาศก์มิลลิเมตรต่อ 100 มิลลิเมตรปรอท

2.6.4 ทรานสดิวเซอร์ความดันที่ใช้หลักการของความต้านทาน

สเตรนเกจเป็นทรานสดิวเซอร์แบบหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ทางการแพทย์ หลักการของทรานสดิวเซอร์นี้ คือ การเปลี่ยนแปลงความต้านทาน ของแท่งตัวต้านทานความยาว (L) และเป็นสัดส่วนกลับพื้นที่หน้าตัดที่นำมาทำ Strain Element ตามสมการ

การออกแบบสเตรนเกจ ต้องคำนึงการยืดหยุ่นตัว (Elasticity) ซึ่งกำหนดโดยค่า Young's Modulus Strength และ สัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิของสารนั้นๆ เพื่อให้ผลของอุณหภูมิต่อสัญญาณเอาต์พุตน้อยที่สุด

ลักษณะโครงสร้างของสเตรนเกจโดยทั่วไปจะมีแผ่นหรือแท่ง Strain Element ยึดติดกับแผ่นไดอะแฟรมที่มีค่า Young's Modulus คงที่ที่ปลายของ Strain Element หลายๆ ชิ้นในแกนของบริดจ์จะทำให้วงจรบริดจ์มีความไวสูงและผลที่ไม่ต้องการอื่นๆ เช่นจากอุณหภูมิจะน้อยกว่า ด้วยแรงดันที่กดลงบนไดอะแฟรมจะทำให้ไดอะแฟรมบิดเบี้ยวและ Strain Element ยึดหรือหดตัวตาม ความยาวด้วย Strain Element ที่ทำจากโลหะจะให้ค่าเกจแฟกเตอร์ประมาณ 2 ถึง 15 ส่วน เซมิคอนดักเตอร์จะให้เกดแฟกเตอร์ประมาณ 50 - 200

2.7 อุปกรณ์อื่นๆ

2.7.1 ออปแอมป์

ออปแอมป์ คือ อุปกรณ์ชนิดหนึ่งซึ่งถูกออกแบบมาให้สามารถทำงานได้หลายรูปแบบ และยังเน้นความสะดวกในการนำไปใช้งานอีกด้วย โดยสามารถประกอบเป็นวงจรได้โดยการต่อร่วมกับอุปกรณ์ภายนอกเพียงไม่กี่ตัวเท่านั้น ในอดีตออปแอมป์จะประกอบขึ้นจากอุปกรณ์หลายตัวที่นำมาบรรจุไว้ในภาชนะชิ้นเดียวกัน ซึ่งนอกจากจะทำให้ออปแอมป์มีขนาดเล็กแล้ว ยังอาจมีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำด้วย แต่ในปัจจุบันเราสามารถซื้อออปแอมป์ในรูปแบบของไอซีได้ตามท้องตลาด

2.7.2 คุณสมบัติทั่วไปของออปแอมป์

โดยทั่วไปแล้วเราสามารถกล่าวได้ว่า ไอซีออปแอมป์ คืออุปกรณ์โซลิดสเตตชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถจะวัดสัญญาณไฟตรง และไฟสลับได้และยังสามารถนำไปใช้ขยายสัญญาณได้อีกด้วย ไอซีออปแอมป์พื้นฐานจะต้องประกอบด้วยภายในภาคต่างๆ ดังนี้

- 1) คิฟเฟอเร็นเชียลแอมป์ หรือวงจรรขยายผลต่าง ที่มีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงมาก
- 2) วงจรรขยายแรงดันซึ่งมีอัตราขยายสูงมาก
- 3) วงจรรขยายภาคเอาต์พุตที่มีเอาต์พุตอิมพีแดนซ์ต่ำมาก

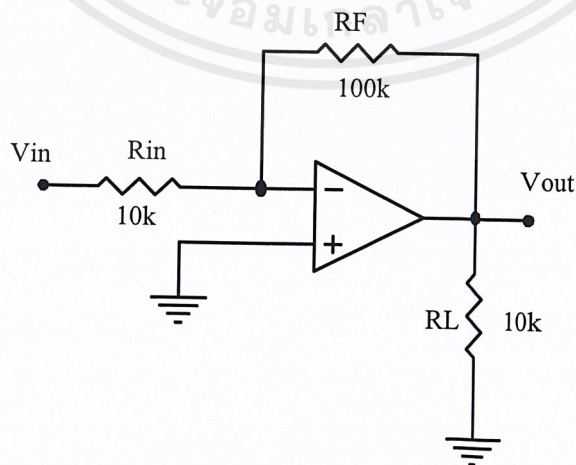
จากคุณสมบัติดังกล่าวมา ทำให้เราสามารถสรุปคุณสมบัติที่สำคัญบางประการของ ออปแอมป์ในอุดมคติได้ดังนี้

- เนื่องจากอินพุตอิมพีแดนซ์ของออปแอมป์มีค่าสูงเป็นอนันต์ กระแสที่เข้าอินพุตจะต่ำจนเกือบเท่ากับศูนย์ หรืออีกนัยหนึ่งคือไม่มีกระแสไหลเข้าสู่ออปแอมป์เลย
- อัตราขยายขณะเปิดลูป จะมีค่าสูงมาก ซึ่งหมายความว่า แรงดันระหว่างขั้วอินพุตมีค่าใกล้ศูนย์

- เอาต์พุตอิมพีแดนซ์มีค่าต่ำมากจนไม่ทำให้ตัวเป็นโหลดต่อภาคเอาต์พุตของวงจรรขยาย ขั้วอินพุตทั้งสองของออปแอมป์มีลักษณะต่างกันดังนี้คือ สำหรับขั้วลบเมื่อป้อนไฟตรงหรือไฟสลับเข้าไป ในขณะที่ขั้วบวกต่อกับจุดอ้างอิงจุดหนึ่ง สัญญาณที่ออกมาที่เอาต์พุตจะกลับเฟสกับอินพุต 180 องศา ส่วนการป้อนสัญญาณที่ขั้วบวก เอาต์พุตจะมีเฟสตรงกับอินพุต ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า เครื่องหมายที่อินพุต คือ การแสดงเฟสของเอาต์พุตเทียบกับอินพุต

2.7.3 วงจรรขยายกลับเฟส

โดยทั่วไปวงจรรขยายจะหมายความว่าถึงวงจรที่เปลี่ยนสัญญาณอินพุตน้อยมาเป็นสัญญาณเอาต์พุตที่มีขนาดสูงกว่าเดิม ซึ่งสัญญาณที่ว่าอาจเป็นได้ทั้งแรงดันหรือกระแส ในลักษณะเดียวกัน วงจรรขยายออปแอมป์ก็คือวงจรที่มีอัตราขยายแรงดันสูงมากและยังมีลักษณะของการขยายเป็นเส้นตรง นั่นคือ อัตราส่วนระหว่างเอาต์พุตต่ออินพุตจะคงที่เสมอ และนอกจากนี้เรายังสามารถควบคุมอัตราขยายของออปแอมป์ได้โดยใช้อุปกรณ์ภายนอกเพียงไม่กี่ตัวอีกด้วย



รูปที่ 2.14 วงจรรขยายกลับเฟส

จากรูปที่ 2.14 แสดงวงจรขยายกลับเฟสแบบมาตรฐาน ซึ่งวิธีที่ใช้เป็นแบบรูปเปิด เรียกว่า การป้อนกลับแบบลบ โดยนำเอาต์พุตซึ่งกลับเฟสกับอินพุตมาป้อนที่จุดอินพุตอีกที ผลก็คือ วงจรภายในออปแอมป์จะพยายามปรับเอาต์พุตจนกระทั่งความต่างศักรีระหว่างอินพุตมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ (แต่ต้องเข้าใจว่า แรงดันระหว่างขั้วอินพุตจะต้องไม่เท่ากับศูนย์พอดี มิฉะนั้นเอาต์พุตก็จะเท่ากับศูนย์โวลต์ด้วย กล่าวคือผลต่างระหว่างอินพุตกับเอาต์พุต ที่ขั้วอินพุตลบมีค่าต่ำพอที่จะทำให้เกิดแรงดันเอาต์พุตได้พอดีเท่านั้น)

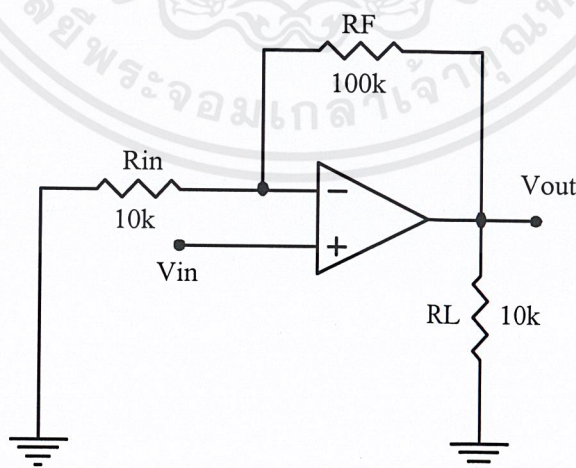
สมการของอัตราขยายแรงดัน

$$A_V = -\frac{R_F}{R_{in}} \quad (2.3)$$

$$V_{out} = -\frac{R_F}{R_{in}} \times V_{in} \quad (2.4)$$

2.7.4 วงจรขยายไม่กลับเฟส

วงจรขยายไม่กลับเฟสหรือนันอินเวอร์ตติ้งแอมป์จะแตกต่างกับอินเวอร์ตติ้งแอมป์ ในแง่ของอัตราขยาย และเฟสของเอาต์พุต แต่อย่างไรก็ตามอัตราขยายแรงดันของวงจรมันอินเวอร์ตติ้งแอมป์ก็ยังคงถูกควบคุมจากอุปกรณ์ภายนอกเช่นเดิม โดยเราจะวิเคราะห์ห้วงจรเพื่อหาค่าขยายสำหรับวงจรดังนี้



รูปที่ 2.15 วงจรขยายไม่กลับเฟส

จากรูปที่ 2.15 แรงดันอินพุตจะถูกป้อนเข้าที่ขั้วบวก (ในขณะที่สัญญาณอินพุตในวงจรชนิดอินเวอร์ตติ้งจะถูกป้อนที่ขั้วลบ) และมีแรงดัน ซึ่งเกิดจากการแบ่งแรงดันของเอาต์พุตคกร้อมตัวต้านทาน

จากคุณสมบัติของออปแอมป์ที่ว่า ศักย์ที่ขั้วอินพุตลบจะถูกบังคับให้มีขนาดเข้าใกล้ศักย์คาที่ขั้วอินพุตบวกเสมอ

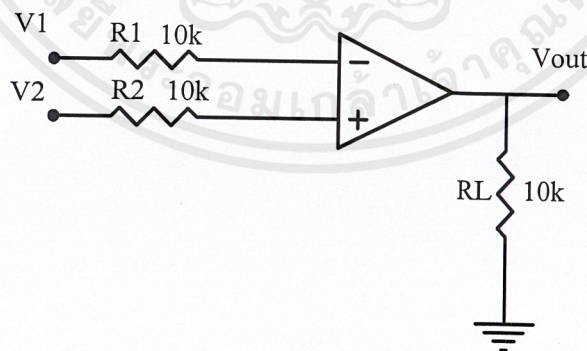
มีสมการดังนี้

$$A_V = \frac{R_{in}}{R_F + R_{in}} \quad (2.5)$$

$$V_{out} = \left(\frac{R_F}{R_{in}} + 1 \right) \times V_{in} \quad (2.6)$$

2.7.5 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน

การทำงานเป็นคอมพาราเตอร์ในขณะปิดลูปนั้น ออปแอมป์จะสามารถเปรียบเทียบระดับสัญญาณระหว่างขั้วอินพุตทั้งสองได้ค่อนข้างแม่นยำ โดยใช้หลักการเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างขั้วอินพุตที่ได้รับ เมื่อมีแรงดันที่ขั้วลบมีค่าเป็นบวกสูงกว่าแรงดันอินพุตที่ขั้วบวกสัญญาณเอาต์พุตจะเป็นลบ และมีขนาดเกือบเท่าแหล่งจ่ายไฟ



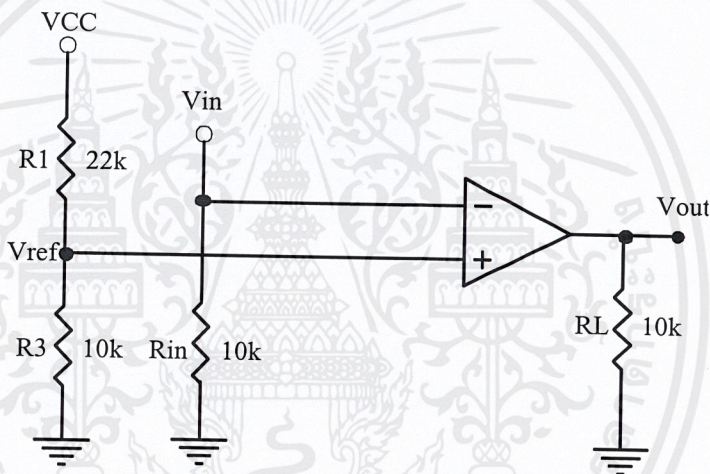
รูปที่ 2.16 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน

2.7.6 วงจรตรวจจับระดับแรงดัน

นอกจากนี้เรายังใช้วงจรคอมพาราเตอร์สำหรับตรวจวัดระดับของสัญญาณว่ามีค่าเท่ากับแรงดันอ้างอิงหรือยัง โดยใช้หลักการเช่นเดียวกัน แตกต่างกันเพียงแต่การป้อนแรงดันอ้างอิงเท่านั้น แทนที่จะป้อนศักย์ค่ากราวด์เช่นเดิม โดยที่แรงดันอ้างอิงจะมีค่าดังสมการ

$$V_{\text{ref}} = \frac{R_2}{R_2 + R_3} V_{\text{CC}} \quad (2.6)$$

ในกรณีนี้เราป้อนแรงดันอ้างอิงที่ขั้วบวก และป้อนสัญญาณที่ต้องการจะวัด ณ ขั้วอินพุตลบ ดังนั้นสัญญาณที่เอาต์พุตจึงมีลักษณะกลับเฟสกับอินพุต 180 องศา



รูปที่ 2.17 วงจรตรวจจับระดับแรงดัน

บทที่ 3

การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

3.1 คุณสมบัติ และการทำงาน

เครื่องวัดความดันโลหิต ตรวจจับการเต้นของชีพจร และวัดอุณหภูมิร่างกายระบบดิจิทัล (Digital Blood Pressure, Pulse Oxi and Thermometer) เป็นเครื่องวัดที่สามารถใช้งานได้อย่างสะดวก และรวดเร็ว ซึ่งสามารถวัดได้ทั้งความดันโลหิต การเต้นของชีพจรและอุณหภูมิร่างกาย ซึ่งเราจะเห็นว่าในการวัดทั้ง 3 อย่างนั้นเป็นข้อมูลขั้นพื้นฐานที่ใช้ในการรักษาพยาบาลทั่วไป ซึ่งเรานำมารวมกันในอุปกรณ์เดียวกัน ทำให้มีความสะดวก และประหยัดเวลามากขึ้น ไม่ต้องเสียเวลามาก

3.1.1 คุณสมบัติ

เครื่องวัดนี้มีการแสดงผลการทำงานอยู่ในระบบดิจิทัล คือ แสดงในรูปแบบของตัวเลข 7 ส่วน ทำให้ง่ายในการอ่านค่า และเกิดความผิดพลาดในการอ่านได้น้อยเราสามารถสรุปคุณสมบัติของเครื่องได้ดังนี้

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของเครื่องวัดความดัน โลหิต ตรวจจับการเต้นของชีพจร และวัดอุณหภูมิร่างกายระบบดิจิทัล

คุณสมบัติ	ขอบเขตการทำงาน
ค่าความดันสูงสุดที่วัดได้	250 มิลลิเมตรปรอท
ค่าความผิดพลาดการวัดความดันโลหิต	$\pm 5\%$
การอ่านค่าชีพจรสูงสุด	400 ครั้ง
ค่าความผิดพลาดการวัดการเต้นของชีพจร	$\pm 5\%$
ย่านการวัดอุณหภูมิ	-55 ถึง 125 องศาเซลเซียส
ค่าความผิดพลาดอุณหภูมิ	0.5 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิในการทำงาน	25 - 40 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิในการเก็บรักษา	0 - 60 องศาเซลเซียส
แหล่งจ่ายกำลังไฟ	220 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์
ฟิวส์	2 แอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) คุณสมบัติของเครื่องวัดความดันโลหิต ตรวจสอบการเดินของชีพจร และวัดอุณหภูมิร่างกายระบบดิจิทัล

คุณสมบัติ	ขอบเขตการทำงาน
ฟิวส์	2 แอมป์
การแสดงผล	ตัวเลขแบบ 7 ส่วน (LED)
น้ำหนัก	2 กิโลกรัม
ขนาด	8.5 x 10 x 3 นิ้ว
สี	ดำ

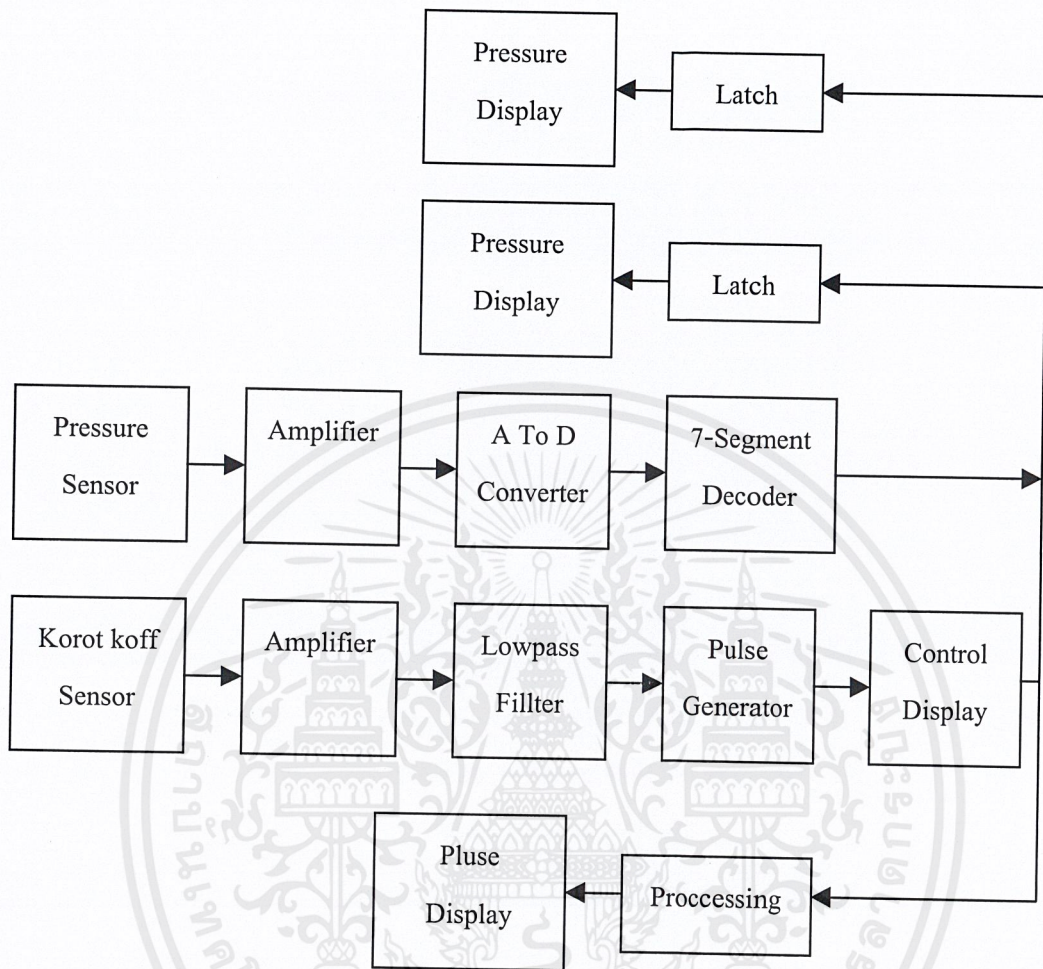
3.1.2 การทำงานและผังการทำงาน

การทำงานของเครื่องวัดความดันโลหิต ตรวจสอบการเดินของชีพจร และวัดอุณหภูมิร่างกายระบบดิจิทัล สามารถอธิบายการทำงานในแต่ละส่วนได้ดังต่อไปนี้

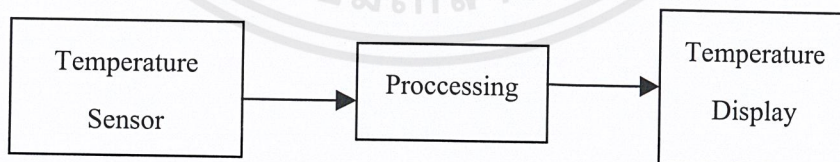
เริ่มจากส่วนของการตรวจจับสัญญาณเสียงครอทคอฟเราจะใช้ตัวทรานสดิวเซอร์แปลงค่าสัญญาณทางกลที่ได้ให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งสัญญาณทางกลในที่นี้คือ เสียงดังนั้นเราจึงใช้คอนเดนเซอร์ไมโครโฟนเป็นทรานสดิวส์เซอร์เพื่อตรวจจับเสียง โดยเราจะนำสัญญาณเสียงครอทคอฟที่ตรวจจับได้แปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อมาทำการควบคุมการแสดงผลความดันด้านต่ำ และความดันด้านสูงแทนการใช้หูฟังแบบแอนะล็อก

เมื่อได้สัญญาณซึ่งเป็นสัญญาณไฟฟ้าแล้ว ซึ่งเป็นสัญญาณที่มีขนาดเล็กมากดังนั้นเราจึงต้องทำการขยายสัญญาณเพื่อให้ความแรงของสัญญาณมากขึ้นพอที่จะแยกแยะสัญญาณออกเป็นระดับๆ ได้ชัดเจนยิ่งขึ้นจากนั้นสัญญาณที่ถูกขยายนี้ก็จะถูกส่งไปกรองเอาเฉพาะความถี่ที่ต้องการเพื่อกำจัดสัญญาณที่ไม่ต้องการทิ้งไปเอาเฉพาะสัญญาณเสียงครอทคอฟจริงๆ ซึ่งในที่นี้จะใช้วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter) เมื่อได้สัญญาณที่ต้องการแล้วก็จะนำสัญญาณที่ได้ไปทำการผลิตสัญญาณพัลส์เพื่อควบคุมการแสดงผลแบบตัวเลขโดยผ่านวงจรควบคุมการทำงานให้สัมพันธ์กันโดยใช้ วงจร Latch และ D Flipflop เพื่อแยกแยะค่าความดันโลหิตด้านสูงและด้านต่ำ ซึ่งการทำงานทั้งหมดนี้ต้องสัมพันธ์กันในทุกส่วน และสัญญาณพัลส์อีกส่วนหนึ่งจะนำไปเป็นสัญญาณในการประมวลเพื่อการตรวจนับชีพจร

จากการทำงานดังกล่าวสามารถเขียนผังการทำงานของเครื่องวัดความดันโลหิต ตรวจสอบการเดินของชีพจรและวัดอุณหภูมิร่างกายระบบดิจิทัล สามารถเขียนได้ดังนี้



รูปที่ 3.1 ผังการทำงานในส่วนของการวัดความดันโลหิต และตรวจจับการเต้นของชีพจร



รูปที่ 3.2 ผังการทำงานในส่วนของการวัดอุณหภูมิร่างกาย

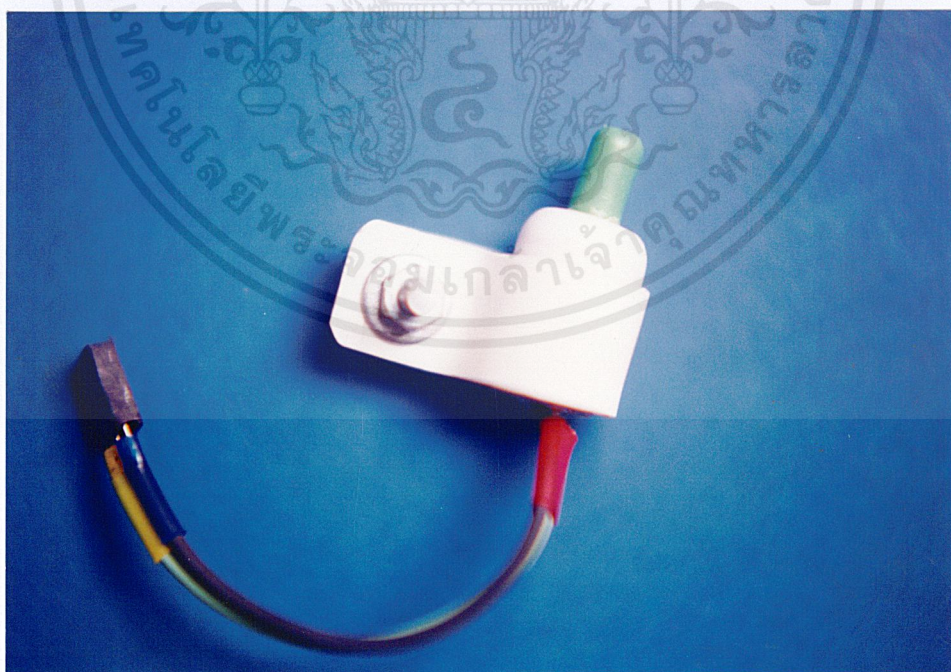
ในส่วนของคุณแสดงผลนั้นเริ่มจากการที่ตรวจจับสัญญาณการเปลี่ยนแปลงสัญญาณเชิงกลเป็นสัญญาณไฟฟ้าเช่นเดียวกันแต่ในที่นี้สัญญาณเชิงกล คือแรงดันลมซึ่งทำการตรวจจับโดยทรานสดิวเซอร์วัดแรงดันของลมที่เรียกว่า Pressure เพื่อทำการแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้า สัญญาณที่ได้ี้ จะมีขนาดเล็กเกินไปดังนั้นเราจึงต้องทำการขยายสัญญาณให้แรงขึ้นพอที่จะแยกแยะระดับสัญญาณได้โดยใช้วงจรขยายสัญญาณ เมื่อได้สัญญาณที่มีขนาดความแรงตามต้องการแล้วก็จะนำไปแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลเพื่อใช้แสดงผลได้โดยใช้วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล (Analog To Digital) จากนั้นนำสัญญาณไปใช้ร่วมกับสัญญาณที่ได้จากการวงจรคอนโทรลในส่วนของการตรวจจับเสียงครอทคอฟเพื่อควบคุมการแสดงผล จากนั้นก็นำสัญญาณที่ได้ไปแสดงผลในรูปแบบของตัวเลข 7 ส่วน

3.2 วงจรอิเล็กทรอนิกส์และการทำงาน

ในส่วนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องวัดความดันโลหิต ตรวจจับการเต้นของชีพจร และวัดอุณหภูมิร่างกายระบบดิจิทัลสามารถแยกเป็นส่วนได้ดังนี้

3.2.1 ทรานสดิวเซอร์ตรวจจับสัญญาณเสียงครอทคอฟ

ตัวทรานสดิวเซอร์ตรวจจับสัญญาณเสียงครอทคอฟแสดงได้ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ตัวทรานสดิวเซอร์ตรวจจับสัญญาณเสียงครอทคอฟ

เราจะใช้คอนเดนเซอร์ไมโครโฟนเป็นตัวตรวจจับสัญญาณเสียงเนื่องจากมีความไวในการตรวจจับเสียงและตรวจจับความถี่ที่อยู่ในย่านความถี่เสียงได้ซึ่งย่านความถี่เสียงที่มนุษย์ได้ยินมีค่าประมาณ 20 เฮิร์ตซ์ ถึง 20 กิโลเฮิร์ตซ์ ซึ่งเราจะนำมาดัดแปลงให้สะดวกและเหมาะสมกับการใช้งานเราจะนำสัญญาณที่ได้ไปขยายในวงจรขยายสัญญาณเสียงครอทรอปดังจะอธิบายในหัวข้อต่อไป

3.2.2 ทรานสดิวเซอร์ตรวจจับการเต้นของชีพจร

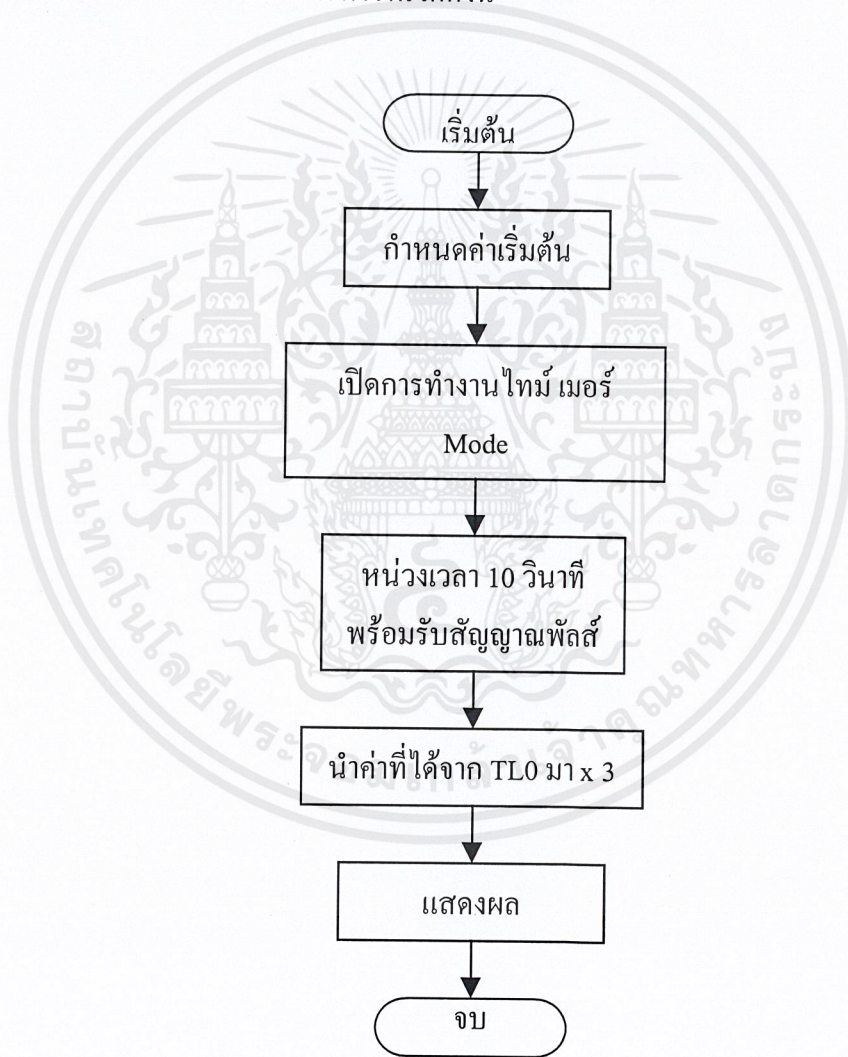
เราจะใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า Pressure เป็นอุปกรณ์ทรานสดิวเซอร์เพื่อตรวจจับความดันลมที่เข้ามาในตัวอุปกรณ์ ซึ่งมันจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานทางกลให้เป็นพลังงานทางไฟฟ้า ซึ่งตัว Pressure จะใช้เบอร์ MPX2100GVP โดยจะมีแท่งรับลมเพื่อเข้ามาเปรียบเทียบกับ 1 แท่ง และขาใช้งานอีก 4 ขา ทำงานโดยใช้ไฟทั้งบวก และลบ ตัวทรานสดิวเซอร์ตรวจจับอัตราการเต้นของชีพจร แสดงได้ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ทรานสดิวเซอร์ตรวจจับการเต้นของชีพจร

วงจรนับการเต้นของชีพจรใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในการควบคุมการนับโดยในส่วนแสดงผล จะส่งข้อมูลออกทาง พอร์ต 0 ทั้ง 7 เส้น โดยมีพอร์ต 3.2, 3.3 และ 3.5 ในการควบคุมการแสดงผลแต่ละหลัก โดยส่วนแสดงผลจะไปควบคุม การทำงานของ ไอซี 74373 ทำหน้าที่แล้ดซ์ข้อมูล ทั้งนี้เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมในส่วนของเวลาและการนับเพียง

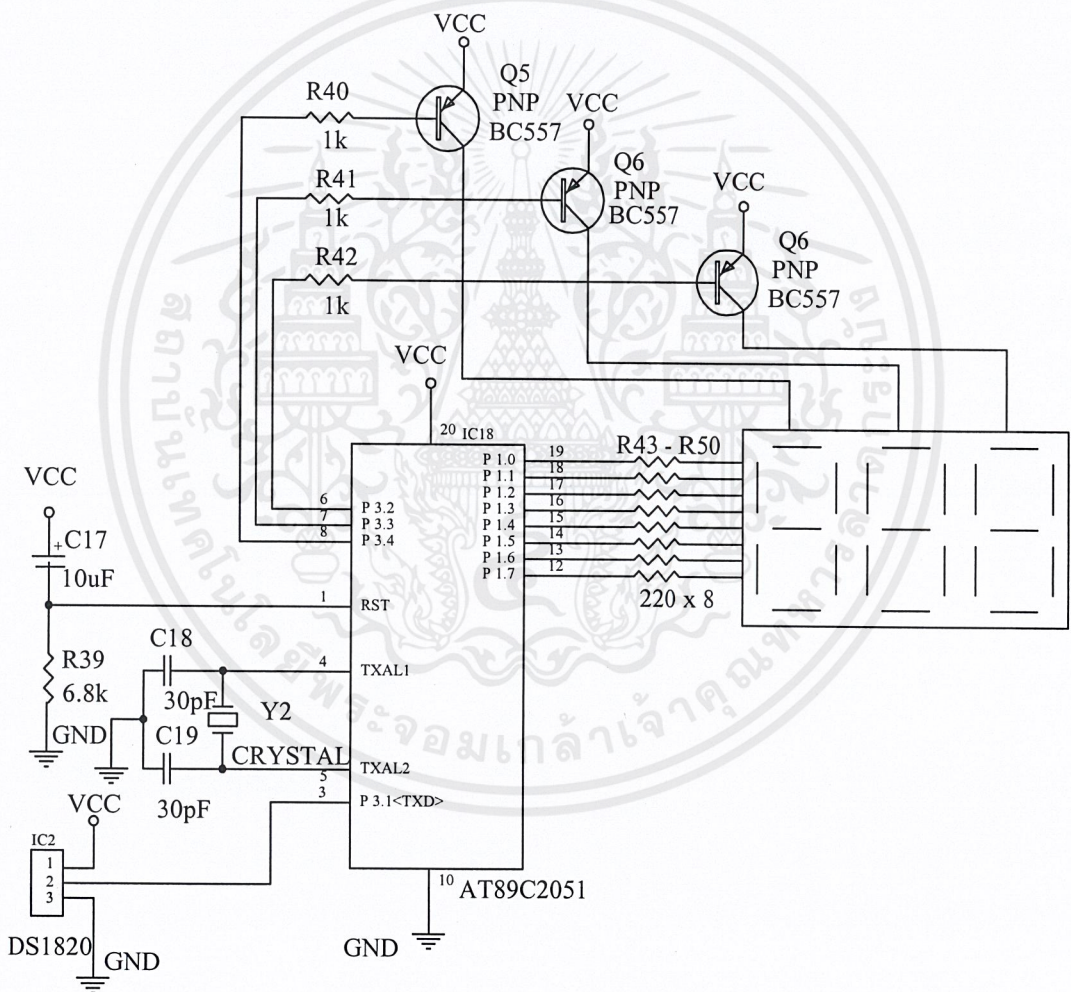
อย่างเดียวนั้นไม่ต้องมาประมวลผลในส่วนของการแสดงผล โดยวงจรจะต่อสัญญาณเข้าทาง ขา T0 หรือพอร์ต 3.4 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ในส่วนของโปรแกรมจะใช้ไทมเมอร์/เคาน์เตอร์ 0 ในการทำงานโดยกำหนดการทำงานเป็นเคาน์เตอร์โหมด 2 ซึ่งเป็นเคาน์เตอร์ขนาด 8 บิตโดยใช้หลักการการนับความถี่ของพัลส์ เทียบต่อเวลา 10 วินาที ทำให้ได้โดยตั้งช่วงเวลาในเปิดเหตุการณ์นับเป็นเวลา 10 วินาที โดยเซตบิต TR0 ในรีจิสเตอร์ TCON แล้ววนลูปเป็นเวลา 10 วินาที จากนั้นก็ปิดเหตุการณ์นับ นำค่าที่ได้มาคำนวณ โดย นำมาหาร 2 ก่อน ทั้งนี้เพราะการเดิน 1 ครั้ง จะมีสัญญาณ 2 ครั้ง จากนั้นนำค่าที่ได้มาคูณ 6 อีกครั้ง เพื่อเทียบเวลาเป็น 1 นาที นำค่าที่ได้มาแสดงผลออกทาง 7 SEGMENT ซึ่งเราสามารถเขียนผังการทำงานได้ดังนี้



รูปที่ 3.5 ผังการทำงานการควบคุมวงจรการตรวจนับการเดินของซีพจร

3.2.3 วงจรตรวจจับอุณหภูมิร่างกาย

เราจะใช้ไอซีที่มีระบบการสื่อสารข้อมูลอนุกรมแบบหนึ่งสายซึ่งถือได้ว่าเป็นระบบที่มีความชาญฉลาดและใช้จำนวนสายสัญญาณเพียง 1 เส้นเท่านั้น โดยไม่ต้องมีสายสัญญาณนาฬิกา มาควบคุมจังหวะการถ่ายทอดข้อมูลเหมือนกับระบบสื่อสารข้อมูลอนุกรมในแบบอื่นซึ่งก็คือ ไอซี DS1820 นั่นเองโดยเราสามารถควบคุมการรับส่งข้อมูลได้โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ามาควบคุม คือ ใช้ MCS 51 ในการควบคุมโดยผ่านการโปรแกรมการทำงานของ การสื่อสารข้อมูลเข้าไป ซึ่งเราจะใช้อุปกรณ์ภายนอกต่อรวมอีกเพียงไม่กี่ตัวดังรูปที่ 3.6

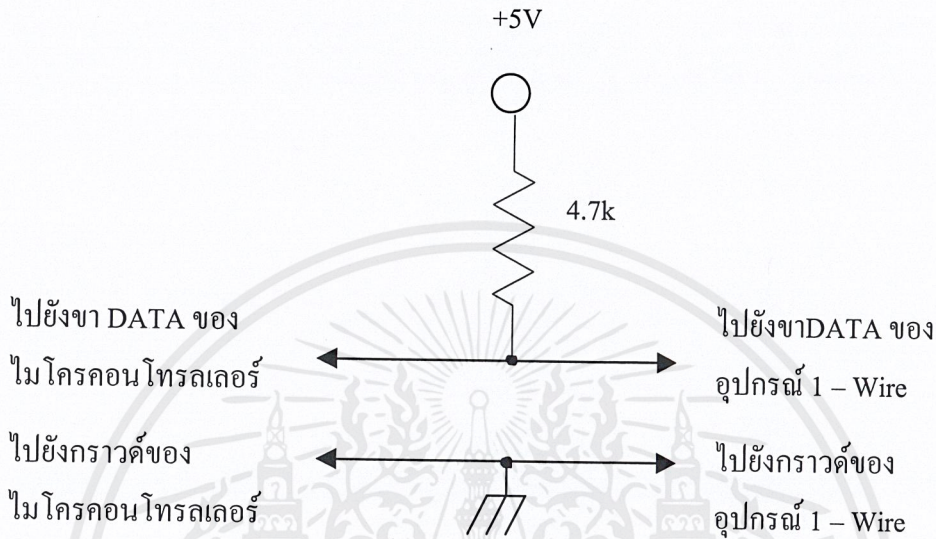


รูปที่ 3.6 วงจรตรวจจับอุณหภูมิร่างกาย

อุปกรณ์ที่สนับสนุนระบบบัสเพียงเส้นเดียวจะมีสายสัญญาณเพียง 2 เส้นเท่านั้นคือสายกราวด์และสายสัญญาณ ซึ่งเรียกอีกอย่างว่า สาย DATA สายนี้จะจัดการเกี่ยวกับทั้งสัญญาณข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนข้อมูล สาย DATA นี้จะเป็นชนิด Open Drain ดังนั้นในการออกแบบวงจร จะต้องออกแบบให้มีตัวต้านทานมาพูล็อพสาย DATA นี้ด้วยให้ดูรูปแผนผังแสดงการต่อระบบบัสของ 1 – Wire Bus ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แผนผังของระบบบัสแบบ 1- Wire Bus

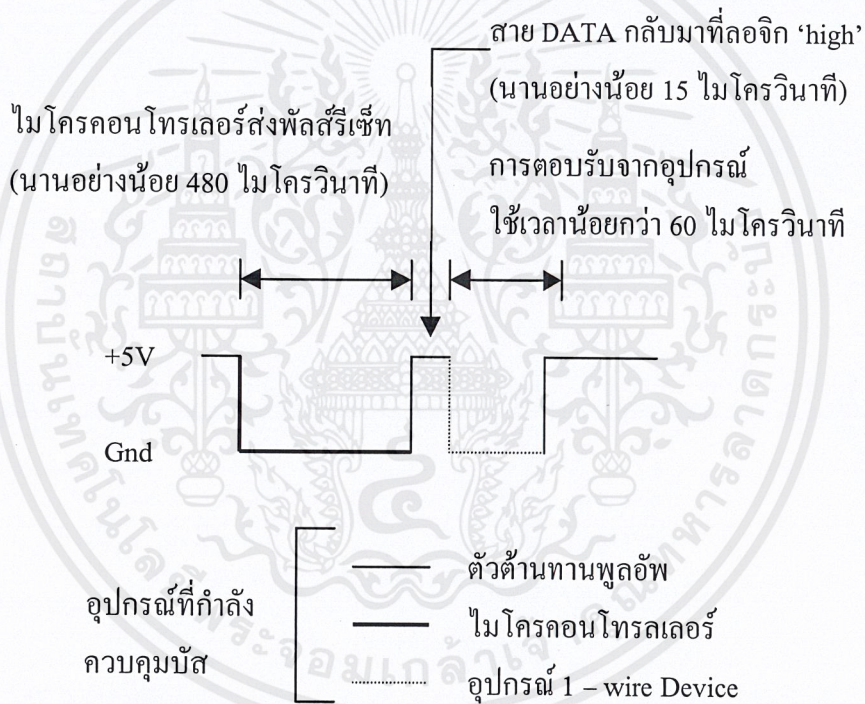
จากการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ที่ใช้ 1 – Wire Bus นี้ไม่ได้ง่าย ๆ เหมือนกับการส่งข้อมูลผ่านทางบัสแบบ SPI เพราะในระบบ 1 – Wire Bus นั้นสาย DATA จะต้องจัดการเกี่ยวกับจังหวะเวลา (Timing) ระดับสัญญาณ (Level) และทิศทาง (Direction) ของข้อมูลทั้งหมด ทำให้การเขียนซอฟต์แวร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ติดต่อกับอุปกรณ์พวกนี้ต้องมีความซับซ้อนมากขึ้น

ในสถานะพัก (Quiescent State) อุปกรณ์ที่ใช้บัสแบบ 1 – Wire Bus จะทำให้สาย DATA อยู่ในสถานะลอย (float) ทำให้ขานี้มีแรงดันเท่ากับแรงดันพูล็อพ (Vcc) ซึ่งปกติก็คือ 5 โวลต์นั่นเอง ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะปล่อยให้ขาเอาต์พุตที่ใช้ติดต่อกับขา DATA นี้อยู่ในสถานะความต้านทานสูง (High-Impedance State) เช่นกัน เมื่ออุปกรณ์ทั้งสองชนิดนี้ปล่อยให้ขา DATA อยู่ในสถานะลอยแล้ว ความต้านทานพูล็อพก็จะช่วยรักษาระดับแรงดันไฟเลี้ยงที่จ่ายให้กับอุปกรณ์ที่ใช้บัสแบบ 1 – Wire Bus นี้ได้อย่างสม่ำเสมอเพราะอุปกรณ์ที่ใช้บัสแบบ 1 – Wire Bus นี้จะใช้พลังงานในการทำงานน้อยมาก

ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลกันไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์ที่ใช้บัสแบบ 1 – Wire Bus จะต้องดำเนินการอย่างระมัดระวังตามลำดับขั้นตอนในการทำให้สาย DATA มีลอจิกเป็น 'low'

ปล่อยให้สาย DATA กลับมามีลอจิกเป็น 'high' และตรวจจบการตอบรับกับอุปกรณ์อีกด้านหนึ่ง ช่วงจังหวะเวลาที่ใช้ในกระบวนการนี้จะถูกกำหนดโดยข้อกำหนดเฉพาะของระบบ 1 – Wire Bus นี้ซึ่งต้องใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีการตอบสนองได้อย่างรวดเร็วด้วย ดังนั้นเราจะต้องตรวจสอบความสามารถของระบบให้ดีเสียก่อนที่จะใช้ระบบบัสแบบ 1 – Wire Bus นี้

จากสภาวะพักขังด้านการแลกเปลี่ยนข้อมูลจะเริ่มขึ้นด้วยการที่ไมโครคอนโทรลเลอร์กระทำกระบวนการรีเซ็ต (Reset Sequence) ซึ่งทำได้โดยการทำให้สาย DATA มีลอจิก 'low' เป็นเวลาอย่างน้อย 480 ไมโครวินาที แล้วจึงปล่อยให้กลับมาอยู่ในสภาวะ 'high' อีกครั้งหนึ่ง ดังรูปที่ 3.8

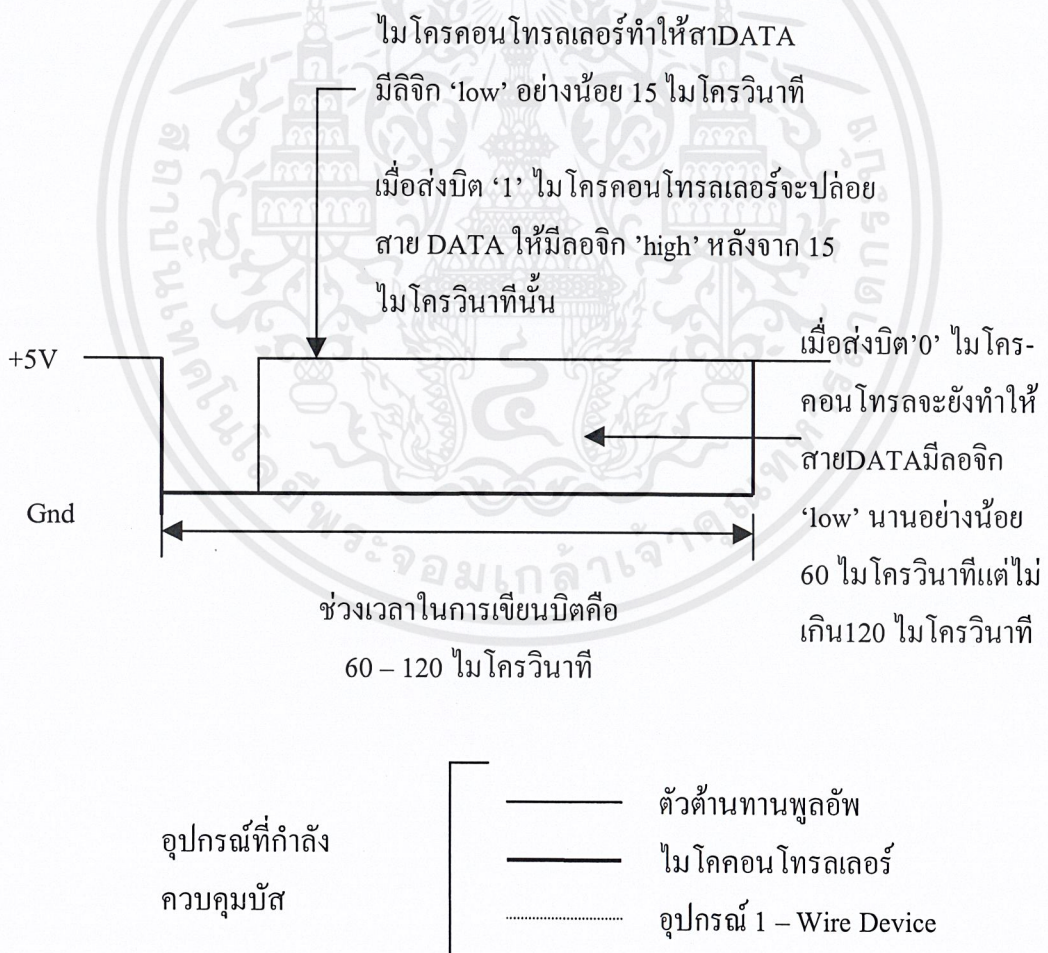


รูปที่ 3.8 จังหวะเวลาในการทำการกระบวนการตรวจสอบว่ามีอุปกรณ์อยู่บนบัส

เมื่ออุปกรณ์ที่ใช้บัสแบบ 1 – Wire Bus นี้ตรวจพบสภาวะ RESET นี้ มันก็จะตอบสนองด้วยการส่งพัลส์กลับไปเพื่อบอกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รู้ว่าบนสายบัสนี้มีอุปกรณ์แบบ 1 – Wire Device กำลังทำงานอยู่ โดย อุปกรณ์แบบ 1 – Wire Device จะปล่อยให้สาย DATA อยู่ในลอจิก 'high' อย่างน้อย 15 ไมโครวินาที แต่ไม่เกิน 60 ไมโครวินาที จากนั้นมันก็จะให้สาย

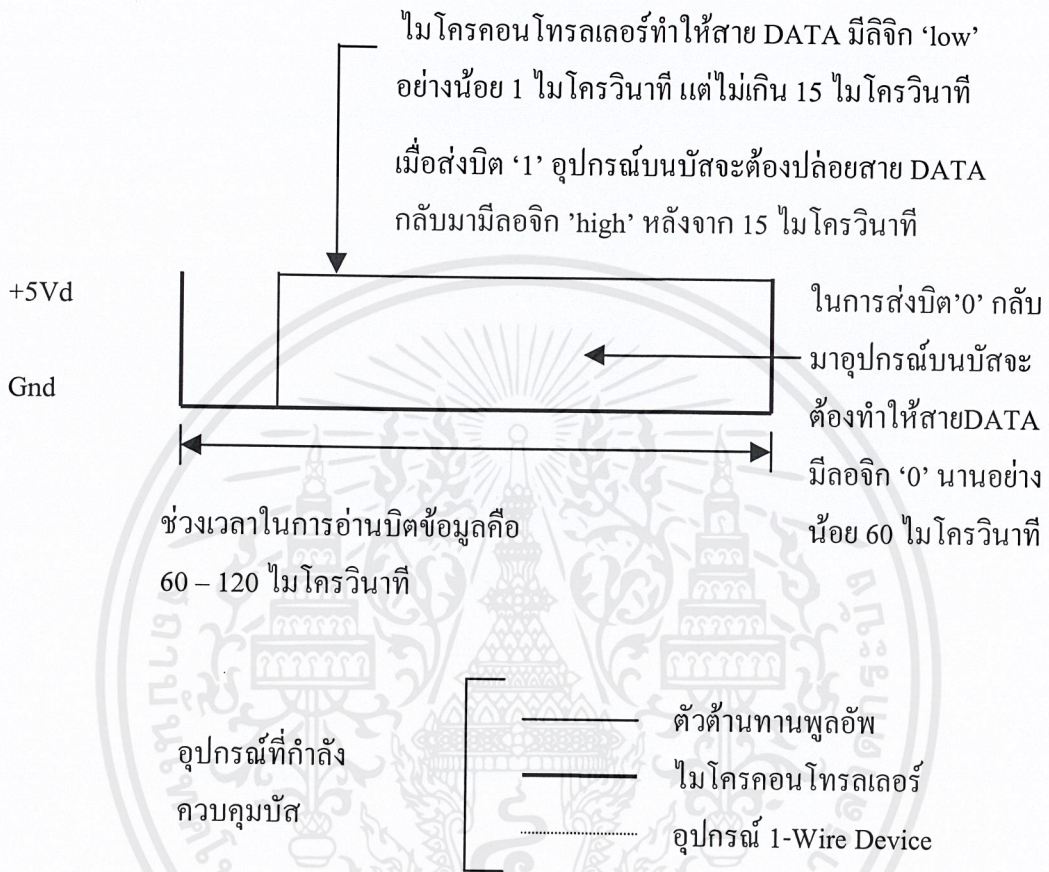
DATA ลงมามีลอจิกเป็น 'low' ในช่วงเวลาประมาณ 60-240 ไมโครวินาที แล้วจึงปล่อยให้กลับไปมีลอจิก 'high' เช่นเดิม ช่วงเวลานี้มีชื่อเรียกกันหลายชื่อเช่น ช่วงเวลาเริ่มติดต่อกับ (Initialization)

หลังจากอุปกรณ์ 1 – Wire Device ปล่อยให้สาย DATA กลับมาอยู่ในลอจิก 'high' แล้วไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องปล่อยให้สาย DATA อยู่ในลอจิกนี้นานอย่างน้อย 240 ไมโครวินาที ต่อไปจากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะส่งคำสั่งเริ่มต้น (Initial Command) ขนาด 1 ไบต์ไปยังอุปกรณ์ 1 – Wire Bus ซึ่งคำสั่งนี้อาจจะเป็นคำสั่งอะไรก็ได้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งบิตของคำสั่งนั้นออกไป โดยการเปลี่ยนสถานะของสาย DATA กลับไปกลับมาโดยตอนแรกจะให้เป็นลอจิก 'low' แล้วจึงกลับมาเป็น 'high' ตามช่วงจังหวะเวลาที่เหมาะสม ช่วงเวลานานที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำให้สาย DATA มีลอจิก 'low' จะเป็นตัวแยกแยะว่าบิตไหนที่มีลอจิกเป็น '1' บิตไหนมีลอจิกเป็น '0' ให้ดูแผนภูมิเวลาในการเขียนบิต '1' หรือ '0' ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 จังหวะเวลาที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้เขียนข้อมูล '0' หรือ '1' ไปยังอุปกรณ์บนบัส

ช่วงเวลาระหว่าง 15-120 ไมโครวินาที หลังไมโครคอนโทรลเลอร์ทำให้สาย DATA มีลอจิก 'low' ในตอนนี้จะเรียกว่าช่วงการอ่านสถานะบิตข้อมูล (Sampling Window)



รูปที่ 3.10 จังหวะเวลาที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้อ่านบิตข้อมูล '0' หรือ '1' จากอุปกรณ์บนบัส

ในการอ่านบิตข้อมูลจากบัสแบบ 1-Wire Bus ตอนแรกไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องทำให้สาย DATA มีลอจิก 'low' เป็นเวลานานไม่เกิน 15 ไมโครวินาทีแล้วจึงปล่อยให้สาย DATA กลับมามีลอจิก 'high' เช่นเดิม จากนั้นอุปกรณ์ 1 - Wire Device ก็จะเข้าควบคุมสาย DATA แทน โดยจะส่งบิต '0' โดยการทำให้สาย DATA มีลอจิกเป็น 'low' และส่งบิต '1' โดยการปล่อยให้สาย DATA กลับมามีลอจิก 'high' ตามเดิม

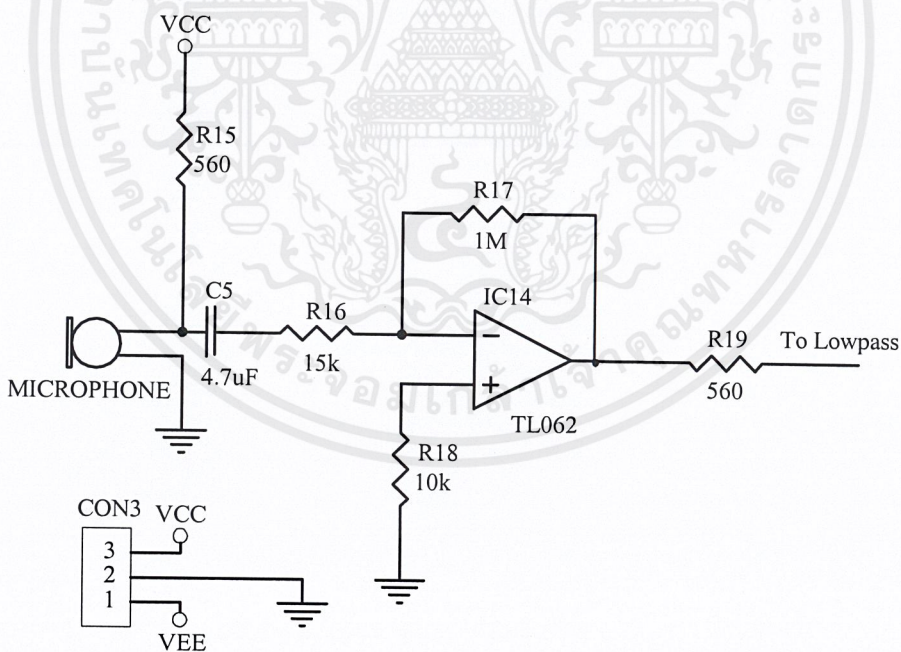
เมื่อส่งข้อมูลออกไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เรียบร้อยแล้ว จะมีการพักอยู่ชั่วขณะหนึ่ง จากนั้นอุปกรณ์ 1 - Wire Device จะปล่อยการควบคุมจากสาย DATA ให้เป็นอิสระ และรอรับคำสั่งการอ่านของข้อมูลครั้งต่อไป ถ้าอุปกรณ์ 1 - Wire Device ส่งบิต '0' ออกไป ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะสามารถตรวจสอบจุดสิ้นสุดของลอจิก '0' นี้ได้ง่าย เพราะสาย DATA จะ

กลับมาอยู่ที่ลอจิก ‘high’ ตามเดิม แต่ถ้าตรวจสอบจุดสิ้นสุดของการส่งบิต ‘1’ ของอุปกรณ์ 1 – Wire Device จะต้องใช้เทคนิคมากกว่านี้ เพราะสาย DATA จะอยู่ที่ลอจิก ‘high’ อยู่แล้วนี่ก็เป็นเหตุผลว่าทำไมจึงหวัะเวลาในการอ่านเขียนข้อมูลจึงเป็นเรื่องที่สำคัญมาก เมื่อจะอ่านบิต ‘1’ จากอุปกรณ์ 1 – Wire Device ไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องทำตามช่วงเวลา que แสดงในแผนภูมิเวลาอย่างเคร่งครัด และต้องไม่ทำการอ่านลอจิกของบิตถัดมา จนกว่าจะผ่านเวลาไปแล้วอย่างน้อย 60 ไมโครวินาที

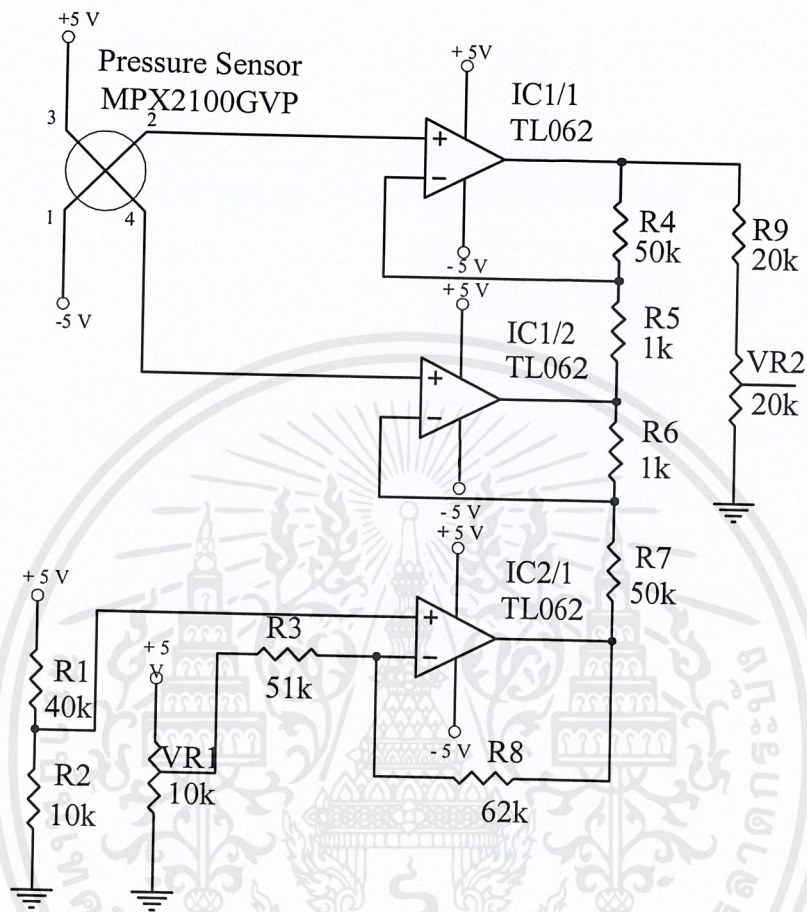
3.2.4 วงจรขยายสัญญาณ

วงจรขยายสัญญาณจะทำหน้าที่ขยายสัญญาณค่าความแตกต่างของศักดาไฟฟ้าที่เอาต์พุตของทรานสดิวเซอร์ทั้งสองคือทรานสดิวเซอร์ตรวจจับสัญญาณเสียงครอทคอฟ และทรานสดิวเซอร์ตรวจจับความดันในส่วนของวงจรขยายจากทรานสดิวเซอร์ตรวจจับสัญญาณเสียงครอทคอฟสามารถอธิบายได้ดังนี้

เราสามารถใช่วงจรขยายกลับเฟสมาขยายสัญญาณ ซึ่งวิธีที่ใช้เป็นแบบรูปปิด เรียกว่าการป้อนกลับแบบลบ เราจะได้เอาต์พุตที่มีเฟสตรงกันข้ามกับอินพุต



รูปที่ 3.11 วงจรขยายสัญญาณจากทรานสดิวเซอร์ตรวจจับสัญญาณเสียงครอทคอฟ



รูปที่ 3.12 วงจรขยายสัญญาณจากทรานสดิวเซอร์วัดความดันลม

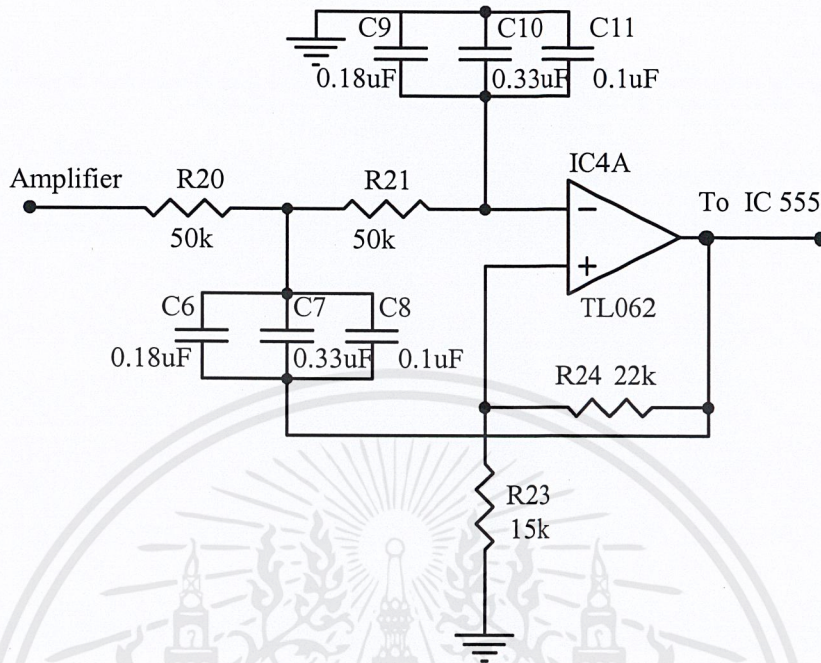
ในส่วนของวงจรขยายจากทรานสดิวเซอร์ตรวจวัดความดันเราจะใช้วงจรขยายแบบไม่กลับเฟสโดยเราจะใช้ VR2 เป็นตัวกำหนดค่าอัตราขยายของวงจรตามที่เรากำลังต้องการ

3.2.5 วงจรกรองความถี่ต่ำ

การทำงานในส่วนของเครื่องวัดความดันโลหิต หลังจากสัญญาณที่ได้จากการขยายให้มีค่าสูงขึ้นจากวงจรขยายสัญญาณแล้ว สัญญาณส่วนนี้จะนำไปผ่านวงจรกรองความถี่ เพื่อกรองเอาเฉพาะความถี่ที่ต้องการไปใช้งาน ซึ่งในส่วนนี้จะอธิบายถึงวงจรกรองความถี่ดังนี้

วงจรกรองความถี่ต่ำ มีหน้าที่กรองเอาเฉพาะความถี่ต่ำ กว่าค่าความถี่คutoffจากการคำนวณไปใช้งาน และจะตัดความถี่ที่สูงกว่าทิ้งไปสามารถออกแบบวงจรกรองความถี่ต่ำได้ดัง

รูปที่ 3.13

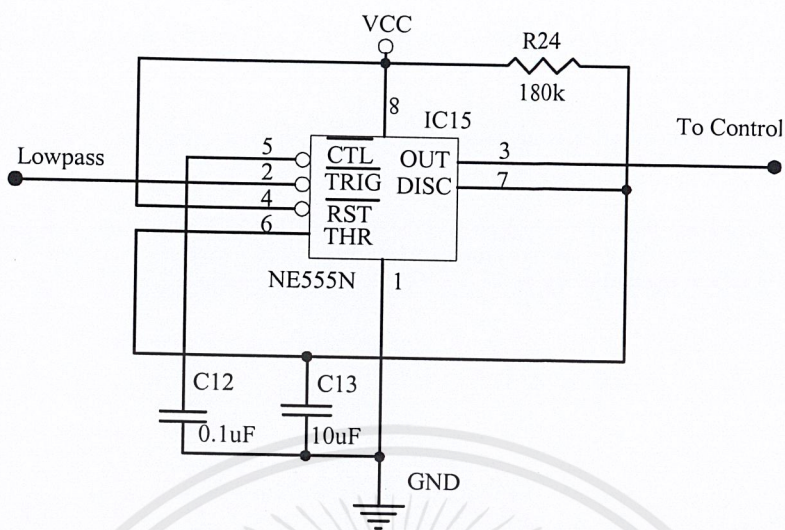


รูปที่ 3.13 วงจรกรองความถี่ต่ำ

จากวงจรเราจะอาศัยคุณสมบัติของวงจรขยายแบบไม่กลับเฟส โดยการนำเอาต์พุตที่ไม่กลับเฟสมาป้อนเป็นอินพุตอีกทีหนึ่ง ซึ่งจะทำให้วงจรภายในของออปแอมป์พยายามปรับเอาต์พุตจนกระทั่งความต่างศักย์ระหว่างอินพุตมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ ซึ่งเป็นคุณสมบัติภายในตัวของออปแอมป์เอง ซึ่งสัญญาณที่เข้ามาจะถูกกรองเอาเฉพาะความถี่ที่เท่ากับหรือต่ำกว่า 500 เฮิร์ตซ์ ผ่านเข้ามายังวงจรขยายแบบไม่กลับเฟสทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าของ R_{20} , R_{21} , C_6 , C_7 , C_8 , C_9 , C_{10} , C_{11} ตามสมการหาค่าความถี่คutoff ข้างต้น หลังจากที่ได้ความถี่ต่ำผ่านเข้ามาแล้วออปแอมป์ก็จะทำการขยายสัญญาณแล้วส่งออกไปยังส่วนของเอาต์พุตต่อไปเพื่อไปทำการเปรียบเทียบ

3.2.6 วงจรผลิตสัญญาณพัลส์

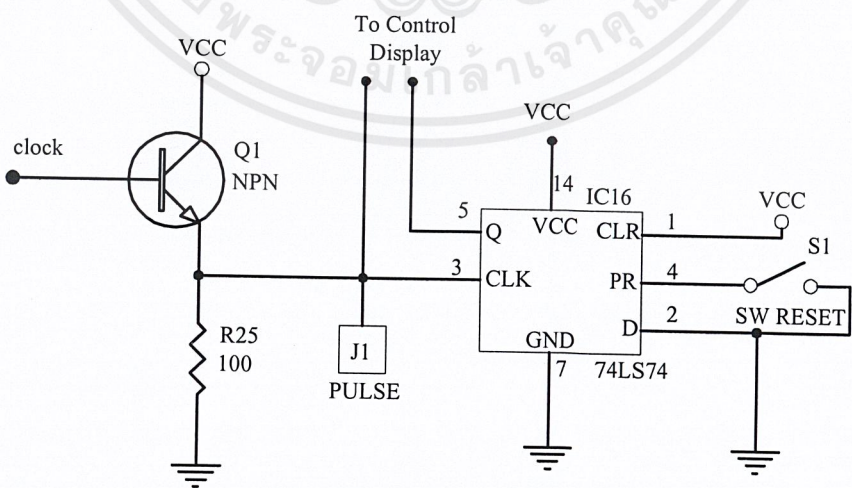
วงจรผลิตสัญญาณพัลส์เป็นวงจรที่ทำหน้าที่ผลิตสัญญาณพัลส์เพื่อไปควบคุมการแสดงผลของการวัดความดันโลหิต และอีกส่วนหนึ่งจะนำไปเป็นสัญญาณอินพุตให้กับวงจรการตรวจนับการเต้นของชีพจรซึ่งเราจะใช้ ไอซี 555 ในการผลิตสัญญาณพัลส์ดังในรูปวงจรที่ 3.14



รูปที่ 3.14 วงจรผลิตสัญญาณพัลส์

3.2.7 วงจรควบคุม

วงจรควบคุมเป็นวงจรที่ทำหน้าที่ ควบคุมการแสดงผลความดันโลหิตด้านต่ำ และความดันโลหิตด้านสูง โดยจะไปทำการควบคุมการเลตซ์ค่าการแสดงผลของส่วนแสดงผลด้านต่ำก่อน เมื่อมีสัญญาณพัลส์มา และเมื่อสัญญาณพัลส์หายไปก็ให้เลตซ์ค่าของส่วนแสดงผลด้านสูงอีกทีหนึ่ง ซึ่งในวงจรนี้จะใช้ 7474 ซึ่งเป็น D – FlipFlop เป็นตัวควบคุม โดยเราจะต่อกราวด์เข้าที่ ขา DATA เพื่อส่งค่าลอจิก “0” ไปควบคุม

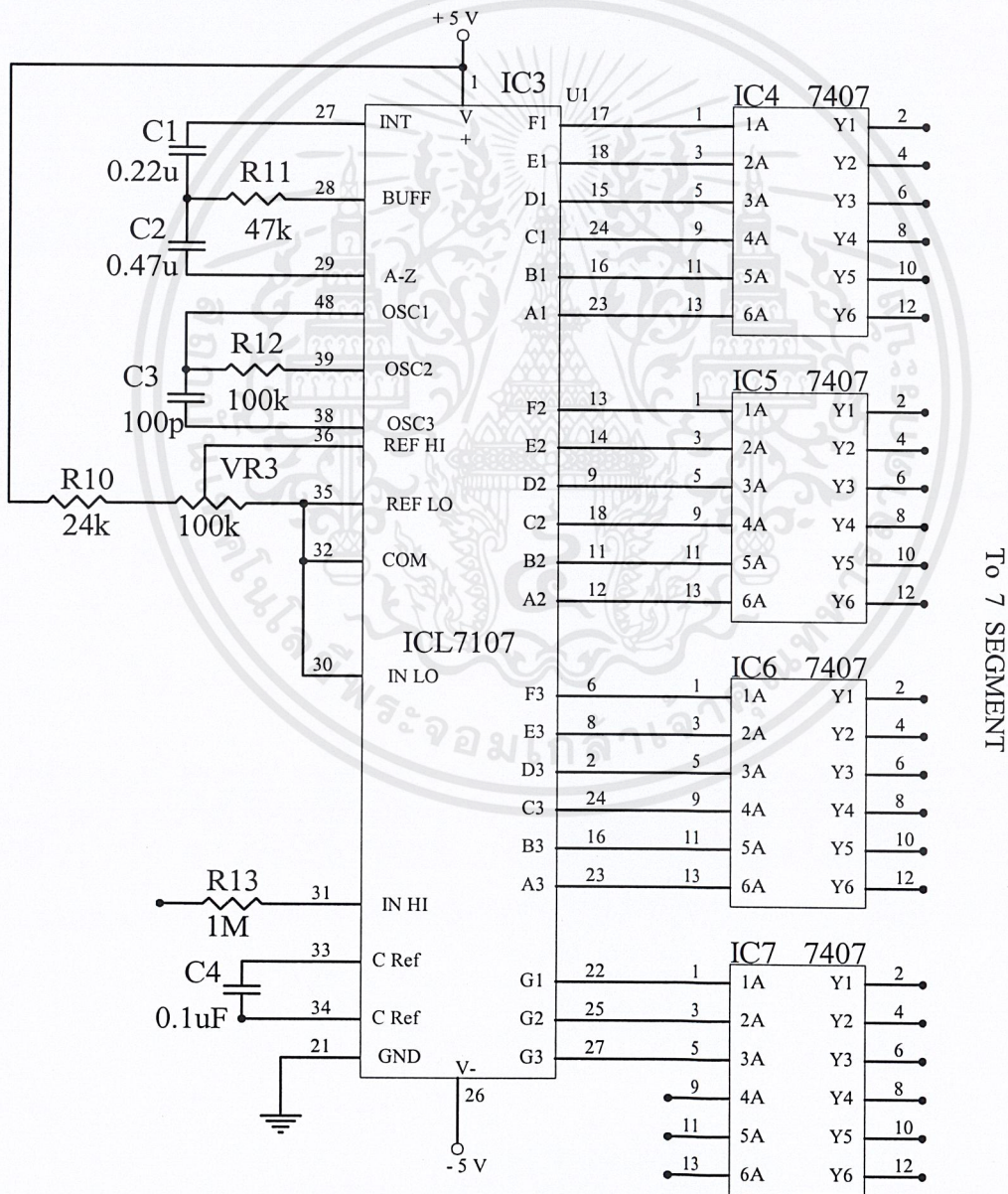


รูปที่ 3.15 วงจรควบคุม

3.2.8 วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล

วงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลจะทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าที่ถูกแปลงมาสัญญาณทางกลต่างๆ จากทรานสดิวเซอร์ชนิดต่างๆ ซึ่งเป็นสัญญาณไฟฟ้าต่อเนื่องให้เป็นสัญญาณดิจิทัลเพื่อที่จะนำค่าของสัญญาณดิจิทัลไปแสดงผลในรูปของตัวเลข 7 ส่วนซึ่งการทำงานทั้งสองส่วนนี้เราสามารถให้ทำงานร่วมกันได้โดยใช้ ICL 7107

ซึ่งเราจะนำสัญญาณไฟฟ้าที่ถูกแปลงมาจากทรานสดิวเซอร์ทั้ง 2 ชนิด คือ ทรานสดิวเซอร์ตรวจจับสัญญาณเสียงครอทครอฟและในส่วนของการจัดการเดินของชีพจรเข้ามาสู่อินพุตของวงจรนี้โดยแยกกันอย่างละชุดซึ่งสามารถต่อวงจรในแต่ละส่วนได้ดังนี้



รูปที่ 3.16 วงจรเปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล

เราจะเห็นว่าในส่วนของวงจรเปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล และวงจรแสดงผล ในส่วนของการวัดความดันโลหิต จะแบ่งการแสดงผลออกเป็น 2 ชุด คือ การแสดงผลสัญญาณความดันโลหิตด้านต่ำ และการแสดงผลสัญญาณความดันโลหิตด้านสูง ซึ่งเราจะใช้การบัฟเฟอร์โดยใช้ ไอซี 7407 และการแลทซ์ค่าโดยใช้ ไอซี 74373 เข้าช่วย ซึ่งควบคุมโดยสัญญาณที่ได้จากการเปรียบเทียบมาเข้าสู่วงจรคอนโทรลที่ใช้ D FlipFlop ควบคุม ให้จำข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงตามความดันลมให้เป็นไปตามลำดับ คือทำการแลทซ์ค่าที่ทำการถูกทริกก่อนพร้อมกับแสดง จากนั้นก็ทำการแลทซ์ค่าที่ทำการถูกทริกครั้งต่อมา (แสดงค่าความดันโลหิตด้านสูง)

จากวงจรที่กล่าวมาข้างต้น จะมี ICL 7107 ซึ่งทำหน้าที่เป็นดิจิทัลโวลท์มิเตอร์ และรวมเอาวงจรในส่วนของการเปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิทัลเข้าไว้ด้วยกันซึ่งเป็นวงจรเอนกประสงค์ที่สามารถประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้างขวาง สามารถดัดแปลงให้เป็นตัวเชื่อมต่อได้ทั้งส่วนของวงจรการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลได้ ในวงจรแสดงผลค่าความดัน ซึ่งเราสามารถอธิบายการทำงานได้ดังต่อไปนี้

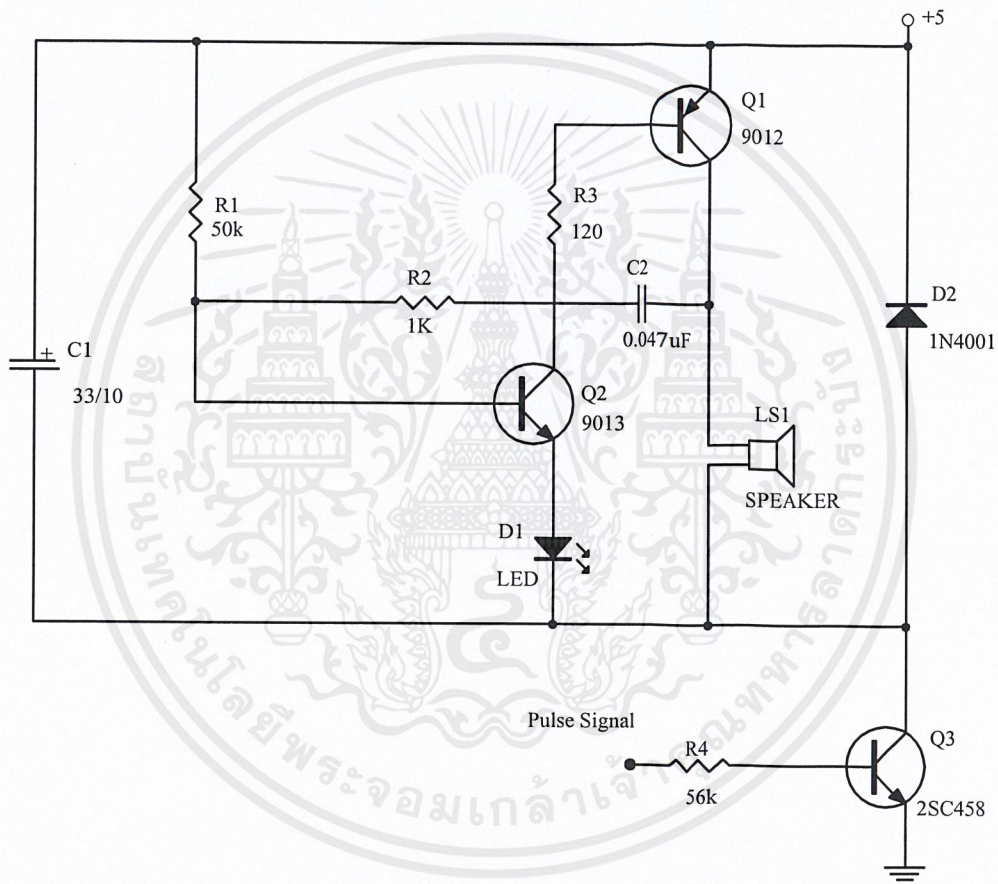
ICL 7107 ในวงจรนี้คือ IC3 ซึ่งสามารถเชื่อมต่อกับเอาต์พุต คือ ตัวเลขแบบ 7 ส่วนได้ 3 ตัว คือ แสดงผลได้ตั้งแต่ 0 – 999 ค่า โดยมีขา IN HI (ขา 31) และ IN LO (ขา 30) เป็นขาอินพุตและใช้ความต้านทาน R_{13} ค่า (1M Ω) ต่อไว้ที่ขา IN HI เพื่อจำกัดกระแสไม่ให้ไหลเข้าไปในอินพุตของไอซีมากเกินไป ทั้งยังทำหน้าที่กำหนดค่าความต้านทานอินพุตของวงจรด้วย ในขณะที่ C_4 ทำหน้าที่ลดสัญญาณรบกวนความถี่สูงที่ถูกปะปนมากับแรงดันที่ทำการวัดอ้างอิงที่ใช้ในการเปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกไปเป็นสัญญาณดิจิทัลภายใน IC₄ กำหนดโดยความต้านทาน R_{10} และ VR_3 โดยต่อที่เข้าที่ขา REF HI (ขา 36) และ REF LO (ขา 35) ซึ่งวงจรนี้กำหนดไว้ที่ 1 โวลต์ ตัวต้านทาน R_{11} และตัวเก็บประจุ C_1 , C_2 จะต่อกันเป็นวงจรอินทิเกรทเข้าที่ ขา 27, 28 และ 29 เพื่อควบคุมให้วงจรนี้แสดงผล '000' เมื่อไม่มีแรงดันอินพุตเข้ามาที่ขา IN HI และ IN LO โดยที่ค่าของ R_{11} และ C_2 จะเปลี่ยนแปลงค่าของแรงดันอ้างอิงที่ใช้ในการเปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลภายใน IC₄

ตัวต้านทาน R_{12} และตัวเก็บประจุ C_3 ทำหน้าที่กำหนดความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์ที่ใช้ในการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลภายใน IC₄ ซึ่ง IC₄ สามารถแสดงผลค่าการวัดที่ตัวแสดงผล 7 ส่วนแบบ แอนาล็อกพร้อมต่อใช้งานได้โดยตรงไม่จำเป็นต้องมีตัวต้านทานจำกัดกระแสให้แก่ตัวเลข 7 ส่วน

ในส่วนของการแสดงจุดทศนิยมเราจะไม่ต่อใช้งานเพราะไม่จำเป็นต้องใช้ ส่วนทางด้านแหล่งจ่ายไฟของวงจรจะเป็นแหล่งจ่ายไฟที่มีทั้งไฟ +5 โวลต์ และไฟ -5 โวลต์ ซึ่งเป็นวงจรเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง แบบบริดจ์เรกติไฟเออร์

3.2.9 วงจรขยายสัญญาณเสียงการเดินของชีพจร

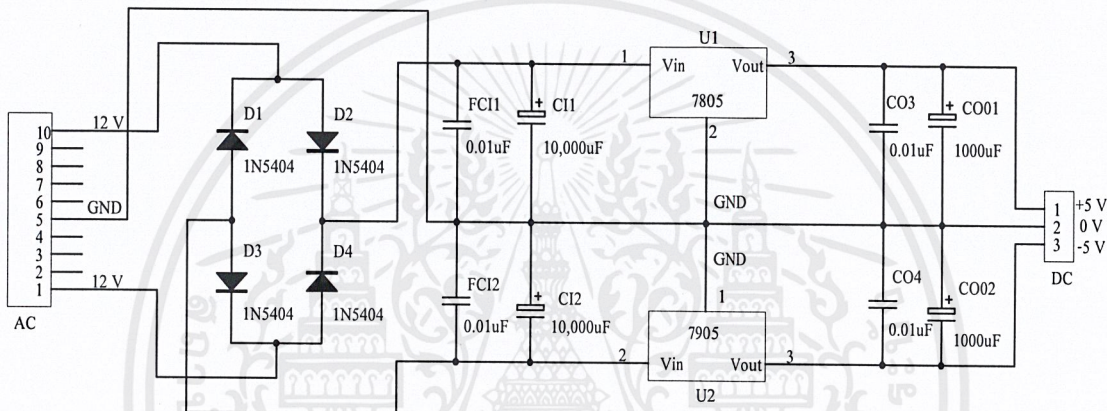
วงจรขยายสัญญาณเสียงการเดินของชีพจร เป็นวงจรที่ทำการขยายสัญญาณเสียงและส่งออกลำโพง เพื่อแสดงจังหวะการเดินของชีพจร โดยจะนำสัญญาณพัลส์ที่ได้จากวงจรผลิตสัญญาณพัลส์มาทำการขยายสัญญาณให้แรงขึ้นโดยทรานซิสเตอร์ Q3 จากนั้นส่งเข้าวงจรกำเนิดเสียงโดยใช้ทรานซิสเตอร์ Q1, Q2 ต่อร่วมกับ R และ C ซึ่งเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์สร้างความถี่เสียง



รูปที่ 3.17 วงจรขยายเสียงการเดินของชีพจร

3.2.10 วงจรจ่ายแรงดันไฟฟ้า

ในส่วนของวงจรจ่ายแรงดันไฟฟ้าจะใช้วงจรเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง แบบบริดจ์เรกติไฟเออร์ จ่ายแรงดัน 2 ชุดให้แก่วงจรโดยมีขนาดของแรงดัน +5 โวลต์ และ - 5 โวลต์ ซึ่งจะใช้อิซึเรกทูเลเตอร์เบอร์ 7805 สำหรับจำกัดขนาดของแรงดัน +5 โวลต์ และเบอร์ 7905 สำหรับจำกัดขนาดของแรงดัน -5 โวลต์ ส่วนตัวเก็บประจุทำหน้าที่ในการกรองหรือปรับระดับแรงดันไฟตรงให้มีความเรียบยิ่งขึ้นเราสามารถทำการต่อวงจรภาคจ่ายไฟได้ดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 วงจรชุดแหล่งจ่ายไฟ

บทที่ 4

การทดลอง และผลการทดลอง

4.1 กล่าวนำ

การทดลองวงจรในแต่ละส่วนของเครื่องวัดความดันโลหิต ตรวจสอบการเดินของซีพจรและอุณหภูมิร่างกายระบบดิจิทัลนี้ ก็เพื่อให้ทราบถึงการทำงานและปัญหาของวงจรต่างๆ เพื่อหาแนวทางแก้ไขและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นและไม่ให้เกิดปัญหาในภายหลังเมื่อนำวงจรมาประกอบรวมกันในเครื่องวัดความดันโลหิต ตรวจสอบการเดินของซีพจรและอุณหภูมิร่างกายระบบดิจิทัล ซึ่งจะอธิบายได้ตามหัวข้อที่จะกล่าวดังต่อไปนี้

4.2 การทดสอบทรานสดิวเซอร์ตรวจสอบสัญญาณเสียงครอทคอฟ

4.2.1 ลำดับขั้นตอนการทดลอง

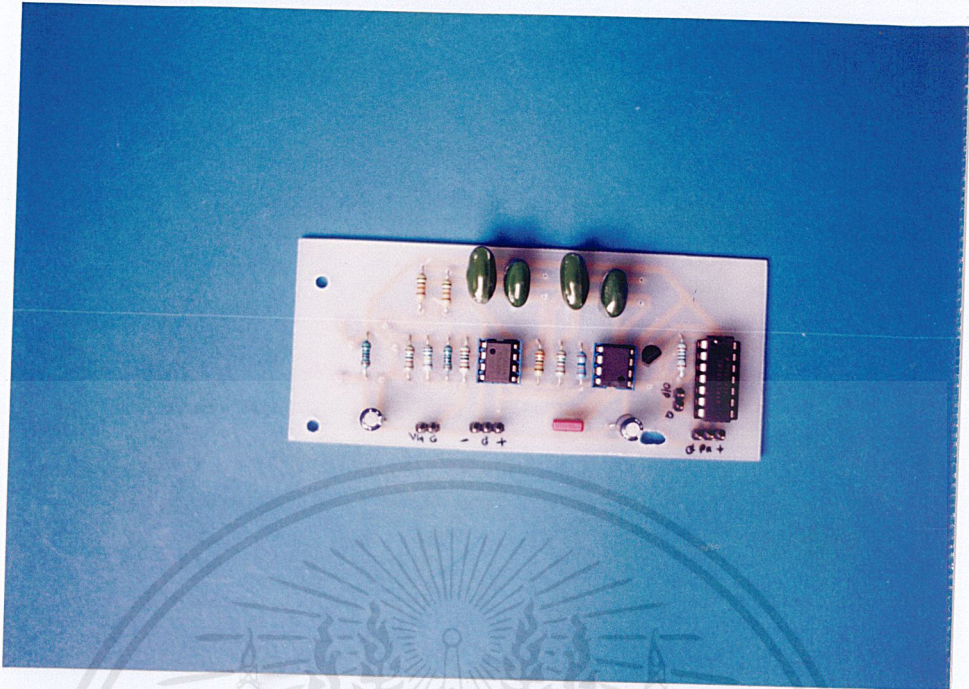
- 1) ต่อวงจรทรานสดิวเซอร์ตรวจสอบสัญญาณเสียงครอทคอฟ โดยการนำแหล่งจ่ายไฟ +5 โวลต์ ที่ขาข้างหนึ่ง
- 2) ขาอีกข้างหนึ่งต่อกับกราวด์
- 3) ในส่วนของเอาต์พุตจะต่อจากขาที่ต่อไฟ +5 โวลต์ โดยผ่าน ตัวเก็บประจุตัวหนึ่งเพื่อบายพาสสัญญาณรบกวนทิ้งไป
- 4) นำมัลติมิเตอร์ตั้งย่านวัดแรงดันไฟตรงวัดที่เอาต์พุตของทรานสดิวเซอร์ โดยตั้งย่านการวัดให้เหมาะสม
- 5) ลองเคาะที่ตัวถังของทรานสดิวเซอร์ แล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากโวลต์มิเตอร์

4.2.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่า ตัวทรานสดิวเซอร์ตรวจสอบสัญญาณเสียงครอทคอฟ ซึ่งในที่นี้คือคอนเดนเซอร์ไมโครโฟน มีความไวเพียงพอในการตรวจสอบสัญญาณเสียงครอทคอฟ ดังจะเห็นได้จากเข็มของโวลต์มิเตอร์จะกระดิกตามสัญญาณที่เคาะก็คือ มีแรงดันเกิดขึ้นเมื่อทำการเคาะ

4.2.3 ปัญหาที่พบในการทดลอง

สัญญาณที่ได้มีขนาดเล็กไม่สามารถแยกแยะเป็นระดับๆ ได้อย่างชัดเจนต้องนำไปผ่านวงจรขยายสัญญาณและวงจรกรองความถี่ก่อนใช้งาน

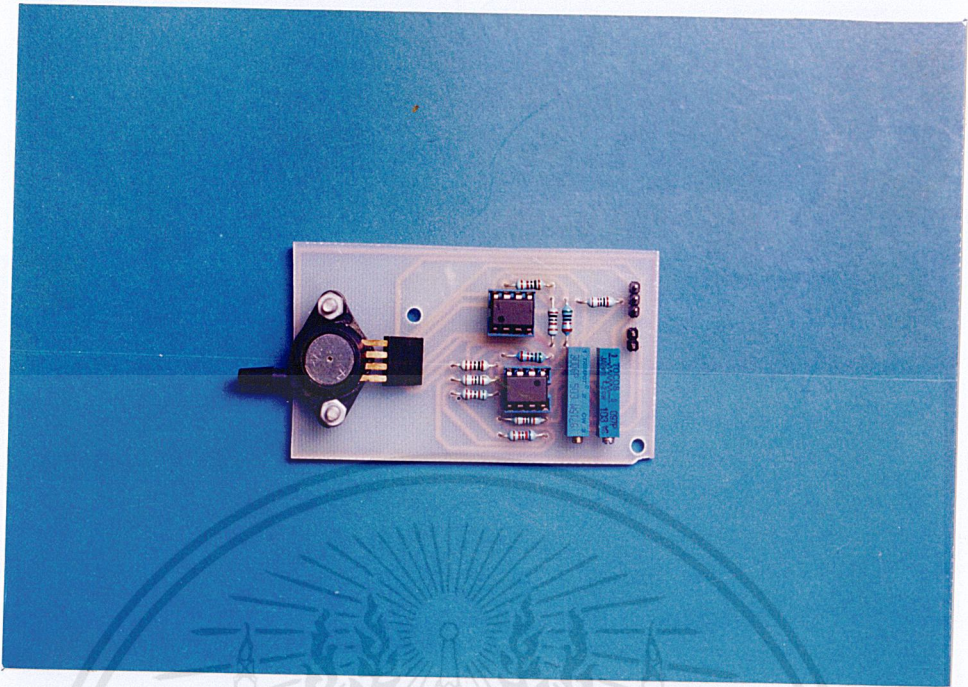


รูปที่ 4.1 วงจรตรวจจับสัญญาณเสียงกรอทคอฟ

4.3 การทดสอบทรานสดิวเซอร์ตรวจจับความดันลม

4.3.1 ลำดับขั้นตอนการทดลอง

- 1) นำลูกยางปั๊มลมมาต่อเข้ากับท่อลมด้านเข้าของคัพพันแน
- 2) นำเครื่องอะเนอร์รอยด์สปีกโมมาโนมิเตอร์มาต่อเข้ากับท่อลมด้านออกของคัพพันแน โดยเราจะทำการต่อสายแยกอีกทางหนึ่งเพื่อไปเข้าทรานสดิวเซอร์
- 3) นำคัพพันแนมาพันที่เหนือข้อพับแน เพื่อทำการตรวจสอบความดันลม
- 4) จ่ายแรงดันไฟ +5 โวลต์ให้กับอุปกรณ์ทรานสดิวเซอร์
- 5) นำมัลติมิเตอร์ ตั้งย่านวัดที่ย่านวัดแรงดันไฟตรงโดยวัดที่เอาต์พุตของทรานสดิวเซอร์
- 6) เพิ่มความดันลมให้กับคัพพันแนโดยการบีบและคลายลูกยางหลายๆ ครั้งเพื่อให้ได้ค่าความดันลมสูงกว่าค่าที่จะทำการตรวจสอบเล็กน้อย
- 7) ค่อยๆ ปลดปล่อยแรงดันโดยการคลายที่กั้นลมที่ลูกยางปั๊มลมออกเล็กน้อยแล้วอ่านค่าแรงดันไฟตรงจากมัลติมิเตอร์ตามค่าความดันลมที่อะเนอร์รอยด์สปีกโมมาโนมิเตอร์เปลี่ยนแปลงแล้วบันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.2 วงจรวัดความดันลม

ตารางที่ 4.1 ผลการวัดค่าแรงดันเอาต์พุตของทรานสดิวเซอร์เทียบกับค่าความดันลม

ความดันลม (มม.ปรอท)	แรงดันเอาต์พุตของทรานสดิวเซอร์ (mV)
210	19.6
180	16.8
150	14
120	11.2
90	8.4
60	5.6
30	2.8
0	0

4.3.2 ผลการทดลอง

จากผลการทดลองในส่วนของท่านสควิเซอร์ตรวจจับความดัน จากตารางจะเห็นได้ว่าค่าแรงดันที่ได้จะมีความสัมพันธ์กัน ซึ่งจากผลการทดลองนี้จะเป็นตัวบอกระดับความดันลมเปรียบเทียบกับค่าที่แรงที่ได้ทางเอาต์พุต ซึ่งจะสังเกตเห็นว่าค่าแรงดันทางเอาต์พุตของท่านสควิเซอร์ของ วงจรมีค่าลดลงตามค่าความดันทางด้านอะเนอร์รอยด์สปริงโมมาโนมิเตอร์ที่ค่อยๆ ลดลงตามค่าแรงดันที่ค่อยๆ ปล่อยไป และในทางกลับกัน ถ้าเราเพิ่มความดันลมเข้าที่คัพพันแซนค่าแรงดันไฟฟ้าก็จะเพิ่มตามในอัตราที่ค่อนข้างคงที่ ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าแรงดันเอาต์พุตมีอัตราส่วนโดยตรงกับค่าความดันลมที่ป้อนให้

4.3.3 ปัญหาที่พบในการทดลอง

ในการทดลองพบข้อผิดพลาดในการอ่านค่าเล็กน้อยเพราะว่า ค่าความดันลมจะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาซึ่งต้องคอยรักษาระดับค่าความดันลมให้อยู่ในระดับที่ต้องการให้ได้โดยการหมุนปิดที่กั้นลมไว้แล้วค่อยๆ รักษาระดับความดันลมโดยการบีบที่ลูกยางปั๊มลมเล็กน้อย เพื่อให้จะได้ค่าที่แม่นยำจริงๆ และอีกอย่างหนึ่งก็มีปัญหาในการอ่านค่าจากการวัดซึ่งทั้งอะเนอร์รอยด์สปริงโมมาโนมิเตอร์และมัลติมิเตอร์เป็นแบบเข็มค่าที่อ่านอาจคลาดเคลื่อนไปบ้าง

4.4 การทดลองวงจรขยายสัญญาณ

4.4.1 ลำดับขั้นการทดลอง

- 1) จากเอาต์พุตของท่านสควิเซอร์ทั้งสองคือ ท่านสควิเซอร์ตรวจจับสัญญาณเสียงครอทคอฟและ ท่านสควิเซอร์วัดความดันลมจะนำไปต่อเข้ากับวงจรขยายของทั้ง 2 ส่วน
- 2) นำเอามัลติมิเตอร์หรือออสซิลโลสโคปไปวัดที่เอาต์พุตของวงจรขยายของทั้ง 2 ส่วน
- 3) ปรับค่าความต้านทานให้ระดับแรงดันเอาต์พุต ขณะไม่ได้ทำการวัดให้เท่ากับ 0 โวลต์เพื่อความถูกต้องในการอ่านค่า
- 4) ทำการทดลองตามการทดลองของท่านสควิเซอร์ทั้ง 2 ส่วนแล้วสังเกตผลการทดลองในแต่ละส่วนเปรียบเทียบกับที่ทดลองในขณะที่ยังไม่ต่อกับวงจรขยาย

ตารางที่ 4.2 ผลการวัดค่าแรงดันเอาต์พุตของทรานสดิวเซอร์หลังผ่านวงจรขยายสัญญาณเทียบกับค่าความดันลม

ความดันลม (มม.ปรอท)	เอาต์พุตของ ทรานสดิวเซอร์ (mV)ก่อนผ่านวงจรขยาย	เอาต์พุตของทรานสดิวเซอร์ (mV) หลังผ่านวงจรขยาย
210	19.6	210
180	16.8	180
150	14	150
120	11.2	120
90	8.4	90
60	5.6	60
30	2.8	30
0	0	0

4.4.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าวงจรขยายสัญญาณ สามารถเพิ่มอัตราขยายแรงดันให้ได้ ตามอัตราขยายที่คำนวณได้

4.4.3 ปัญหาที่พบในการทดลอง

สัญญาณที่ได้ยังมีสัญญาณรบกวนอยู่บ้างเนื่องจากสัญญาณรบกวนหรือนอยส์ ก็ถูกขยายมาด้วยเช่นกัน ดังนั้นจึงต้องนำไปเข้าวงจรกรองความถี่เพื่อเอาเฉพาะสัญญาณที่ต้องการ และตัดสัญญาณรบกวนทิ้งไป

4.5 การทดลองวงจรกรองความถี่ต่ำ

4.5.1 ลำดับขั้นการทดลอง

- 1) นำสัญญาณที่ได้จากวงจรขยายมาต่อเข้ากับอินพุตของวงจรกรองความถี่ต่ำ
 - 2) นำสายสัญญาณของออสซิลโลสโคปมาวัดสัญญาณทั้งทางด้านอินพุต และเอาต์พุต
 - 3) สังเกตสัญญาณที่ได้จากออสซิลโลสโคปแล้วเปรียบเทียบกับระหว่างอินพุต และเอาต์พุต
- แล้วบันทึกผลการทดลอง

4.5.2 ผลการทดลอง

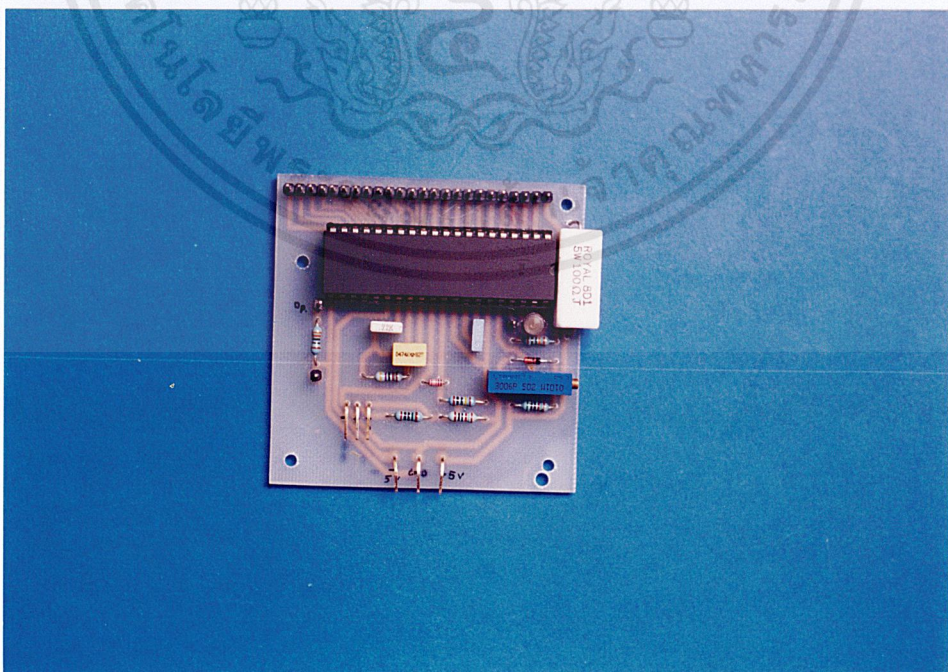
จากผลการทดลองพบว่าเมื่อนำสัญญาณผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำแล้ว เมื่อมีความถี่สูงกว่าความถี่ที่กำหนดแล้วจะถูกตัดทิ้งไปและสามารถลดทอนสัญญาณรบกวนที่ถูกขยายมาด้วยได้ในระดับหนึ่ง

4.6 การทดลองวงจรเปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลและวงจรแสดงผล

4.6.1 ลำดับขั้นตอนการทดลอง

ในการทดลองนี้เราจะทดลองร่วมกับวงจรตรวจจับความดันลมมีลำดับขั้นตอนการทดลองดังนี้

- 1) ต่อวงจรตรวจจับความดันลมเข้ากับวงจรขยายและนำเอาต์พุตเข้าสู่วงจรเปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล
- 2) จ่ายแรงดันไฟ +5 โวลต์และ -5 โวลต์ ให้กับวงจร
- 3) ที่ตัวแสดงผลจะแสดงค่า '000'
- 4) ทำการปรับค่าความดันลมให้เพิ่มขึ้นตามตารางแล้วอ่านค่าจากตัวแสดงผล 7 ส่วนแล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากอะนาล็อกไดคอสโคปโมมาโนมิเตอร์ดังตารางที่ 4.3



รูปที่ 4.3 วงจรเปลี่ยนสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล และวงจรแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการวัดค่าแรงดันเอาต์พุตของทรานสดิวเซอร์หลังจากผ่านวงจรขยายสัญญาณเทียบกับค่าความดันลมที่ได้จากอะเนอร์รอยด์สปีกและตัวแสดงผล 7 ส่วน

ความดันลมที่ได้จาก อะเนอร์รอยด์สปีกโมมาโน- มิเตอร์ (มม.ปรอท)	ความดันลมที่ได้จาก ตัว แสดงผล 7 ส่วน (มม.ปรอท)	เอาต์พุตของทรานสดิวเซอร์ หลังจากผ่านวงจรขยาย (mV)
220	220	220
200	200	200
180	180	180
160	160	160
140	140	140
120	120	120
100	100	100
80	80	80
60	60	60
40	40	40
20	20	20
0	0	0

4.6.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองจะเห็นว่า เมื่อทำการจ่ายแรงดันไฟกระแสตรงให้กับวงจร ในตอนแรกส่วนแสดงผลจะแสดงค่า ‘000’ เนื่องจากว่ามันจะถูกเซ็ตจากวงจรให้เป็นศูนย์ในขณะเริ่มต้นทำงาน เมื่อเราป้อนความดันลมเข้าไปค่าที่ได้ก็จะเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกับที่อ่านได้จากอะเนอร์รอยด์สปีกโมมาโนมิเตอร์ ซึ่งสามารถปรับให้เท่ากันได้ โดยค่าความดันทานแบบปรับค่าได้ ชนิดทริมพอร์ตซึ่งมีความละเอียดในการปรับมาก และเมื่อดูผลเทียบกับเอาต์พุตของทรานสดิวเซอร์แล้วจะเห็นว่าค่าจะต่างกันประมาณ 10 เท่าซึ่งมีความเป็นลิเนียร์และสามารถปรับอัตราขยายเพื่อให้เอาต์พุตมีความเที่ยงตรงได้

4.7 การทดลองวงจรผลิตสัญญาณพัลส์

4.7.1 ลำดับขั้นตอนการทดลอง

- 1) ทำการต่อวงจรผลิตสัญญาณพัลส์แล้วต่อไฟเลี้ยงให้วงจร
- 2) ป้อนสัญญาณเข้าที่อินพุตของวงจร
- 3) นำออสซิลโลสโคปมาวัดที่เอาต์พุตของวงจร

4.7.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าเมื่อทำการป้อนสัญญาณทางด้านอินพุตให้วงจร สัญญาณด้านเอาต์พุตจะได้อุณหภูมิของสัญญาณพัลส์แน่นอน และสามารถกำเนิดสัญญาณพัลส์ทางด้านเอาต์พุตโดยวงจรผลิตสัญญาณพัลส์ได้เพื่อนำไปใช้ในวงจรควบคุมต่อไป

4.8 การทดลองวงจรควบคุม

4.8.1 ลำดับขั้นตอนการทดลอง

- 1) ทำการต่อวงจรควบคุม เข้าในส่วนของการแสดงผลแล้วต่อไฟเลี้ยงให้วงจร
- 2) ป้อนสัญญาณเข้าที่อินพุตของวงจร
- 3) สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่ส่วนแสดงผลว่าเป็นไปตามต้องการหรือไม่

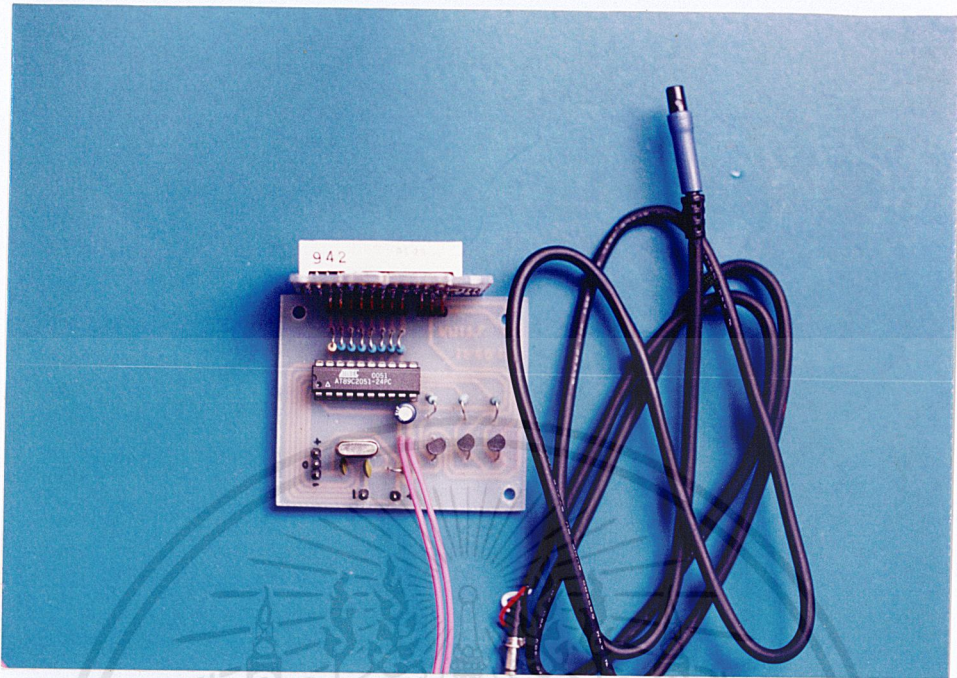
4.8.2 ผลการทดลอง

จากผลการทดลองปรากฏว่าเมื่อป้อนสัญญาณพัลส์เข้าไปควบคุมการแสดงผลพบว่าสามารถแสดงค่าความดันด้านต่ำและความดันด้านสูงได้ตามต้องการ

4.9 การทดลองวงจรตรวจวัดอุณหภูมิ

4.9.1 ลำดับขั้นตอนการทดลอง

- 1) ทำการต่อวงจรตรวจวัดอุณหภูมิดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3
- 2) นำเอาไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ไปโปรแกรมตามที่เขียนไว้ให้การทำงานแบบ สื่อสารผ่านสายเส้นเดียว ให้ทำการอ่านค่าที่ได้จากทรานสดิวเซอร์มาแสดงผล
- 3) นำไอซีต่อเข้ากับวงจร จากนั้นจ่ายไฟเลี้ยงให้กับวงจร
- 4) นำเอาทรานสดิวเซอร์ที่ต่อสายยาวๆ ไปวัดสิ่งที่ต้องการ
- 5) สังเกตผลที่ได้จากตัวแสดงผล 7 ส่วนเทียบกับปรอทวัดไข้



รูปที่ 4.4 วงจรตรวจวัดอุณหภูมิ

ตารางที่ 4.4 ผลการวัดจากวงจรตรวจจับอุณหภูมิจากวงจรเปรียบเทียบกับปรอทวัดไข้

ตำแหน่งที่ทำการวัดอุณหภูมิ ทำการวัดนาน 5 นาที	อุณหภูมิที่ได้จากปรอทวัด ไข้ (องศาเซลเซียส)	อุณหภูมิที่ได้วงจร (องศาเซลเซียส)
ใต้คาง	36.4	36
รักแร้	37	36.5
ข้อพับแขน	35.8	36
อากาศ	27	27.5

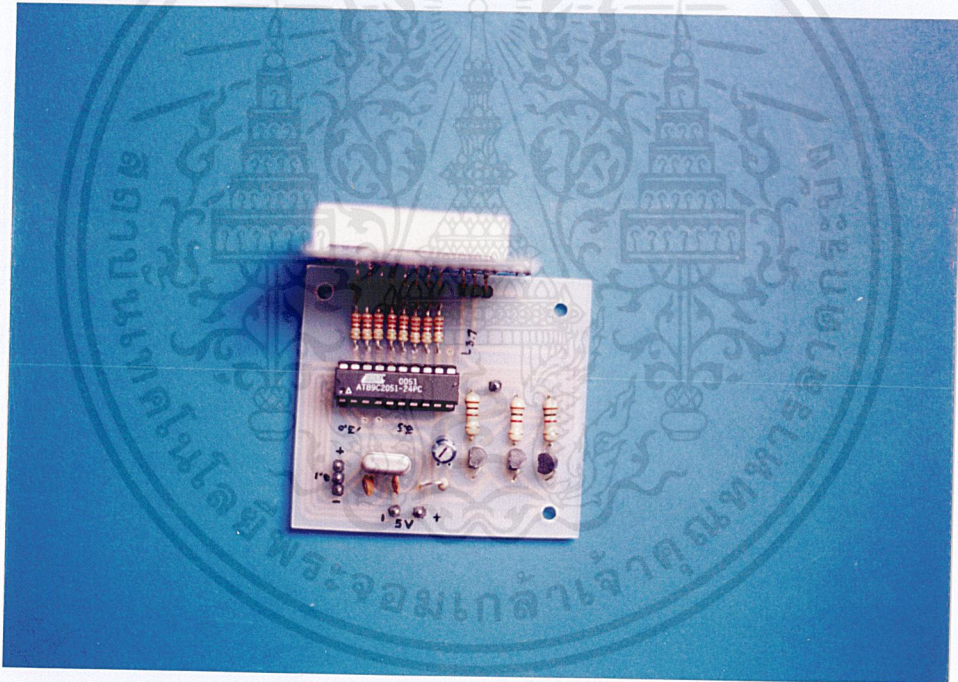
4.9.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองจะเห็นว่าอุณหภูมิที่ได้จากวงจรและอุณหภูมิที่ได้จากปรอทวัดไข้ ซึ่งทำการวัดที่จุดต่างๆ ใกล้เคียงกัน จะมีค่าผิดพลาดไม่เกิน ± 0.5 องศาเซลเซียสเท่านั้น

4.10 การทดลองวงจรตรวจนับการเดินของชีพจร

4.10.1 ลำดับขั้นตอนการทดลอง

- 1) ทำการต่อวงจรตรวจนับการเดินของชีพจรที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ซึ่งจะใช่วงจรคล้ายๆ กับวงจรวัดอุณหภูมิร่างกายแต่โปรแกรมการทำงานต่างกัน
- 2) นำเอาไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ไปโปรแกรมตามที่เขียนไว้ให้มีการนับสัญญาณการกระตุ้นอินพุตเทียบกับเวลา
- 3) นำไอซีต่อเข้ากับวงจร จากนั้นจ่ายไฟเลี้ยงให้กับวงจร
- 4) นำเอาทรานสดิวเซอร์ ไปวัดดังที่ที่ได้ออกการ
- 5) สังเกตผลที่ได้จากตัวแสดงผล 7 ส่วนเทียบกับหูฟัง



รูปที่ 4.5 วงจรตรวจนับการเดินของชีพจร

ตารางที่ 4.5 ผลการวัดจากวงจรตรวจนับการเดินของซีพียูเปรียบเทียบกับหูฟัง

จำนวนคนที่ทำการวัด คนที่	อัตราการเดินของซีพียูจาก วงจร	อัตราการเดินของซีพียู จากหูฟัง
1	70	72
2	72	74
3	68	70
4	75	76
5	65	68

4.10.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองจะเห็นว่าอัตราการเดินของซีพียูที่วัดได้จากวงจรตรวจนับการเดินของซีพียูนั้นมีค่าใกล้เคียงกับที่วัดได้จากหูฟังมากมีค่าผิดพลาดไม่เกิน $\pm 5\%$

4.11 การทดลองการทำงานชุดวัดความดันโลหิต

4.11.1 ลำดับขั้นการทดลอง

- 1) ทำการเปิดเครื่องวัดความดันโลหิตและรอประมาณ 3 นาทีเพื่อจะได้ค่าการวัดที่ถูกต้อง
- 2) นำคัทไฟผืนที่แขนเหนือข้อศอกเล็กน้อย
- 3) ทำการป้อนลมเข้าที่คัพโดยมีค่าความดันลมประมาณ 200 มิลลิเมตรปรอท
- 4) จากนั้นค่อยๆ คลายลมออกแล้วกดปุ่ม RESET เพื่อทำการอ่านค่าความดัน
- 5) อ่านค่าที่ได้แล้วบันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 การวัดความดันโลหิตจากระบบวัดความดันโลหิตเทียบกับ
เครื่องอะนาล็อกสปีดโมมาโนมิเตอร์ (โดยใช้หูฟัง)

จำนวนคนที่ทำการวัด คนที่	ค่าความดันที่อ่านได้จาก เครื่องวัดความดันโลหิต	ค่าความดันที่อ่านได้จากเครื่อง อะนาล็อกสปีดโมมาโนมิเตอร์
1	112 - 62	110 - 60
2	105 - 60	110 - 60
3	121 - 69	120 - 70

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) การวัดความดันโลหิตจากระบบวัดความดันโลหิตเทียบกับ
เครื่องอะนาล็อกสปีกโมมาโนมิเตอร์ (โดยใช้หูฟัง)

จำนวนคนที่ทำการวัด คนที่	ค่าความดันที่อ่านได้จาก เครื่องวัดความดันโลหิต	ค่าความดันที่อ่านได้จากเครื่อง อะนาล็อกสปีกโมมาโนมิเตอร์
4	95 - 52	100 - 50
5	119 - 61	120 - 60
6	102 - 55	100 - 60
7	106 - 54	110 - 60
8	97 - 52	100 - 50

4.11.2 ผลการทดลอง

จากการทดลองจะเห็นว่าค่าความดันโลหิตที่วัดได้จากเครื่องวัดความดันโลหิตนั้นมีค่าใกล้เคียงกับที่วัดได้จากเครื่องอะนาล็อกสปีกโมมาโนมิเตอร์ ซึ่งใช้หูฟังมากมีค่าผิดพลาดไม่เกิน $\pm 5\%$

บทที่ 5

บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และการพัฒนา

5.1 บทสรุป

เครื่องวัดความดันโลหิต ตรวจจับการเต้นของชีพจรและวัดอุณหภูมิร่างกายระบบดิจิทัล ที่ได้พัฒนาสร้างขึ้นมานี้ สามารถสรุปคุณสมบัติของเครื่องดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) สามารถวัดความดันโลหิต โดยมีค่าความผิดพลาด ไม่เกิน $\pm 5\%$ วัดอัตราการเต้น ของชีพจร โดยมีค่าความผิดพลาดไม่เกิน $\pm 5\%$ และวัดอุณหภูมิร่างกายได้ โดยมีค่าความผิดพลาดไม่เกิน ± 0.5 องศาเซลเซียส

2) ขนาดของเครื่องวัดมีขนาดกระทัดรัด สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก

3) การแสดงผลเป็นแบบดิจิทัล โดยแสดงผลแยกเป็นส่วนๆ

ในการใช้งานจริงเราต้องทำการปรับแต่งค่าที่แสดงผลทางด้านความดันให้มีค่าตรงกับที่อ่านได้จาก เครื่องอะนาล็อกสปีกโมมาโนมิเตอร์เสียก่อนเพื่อให้ได้ค่าที่แน่นอน

จากการที่ทดลองใช้วัดความดันโลหิตจากหลายคนโดยเทียบกับการวัดที่ใช้เครื่องอะนาล็อกสปีกโมมาโนมิเตอร์ ปรากฏว่า ค่าที่วัดได้นั้นมีค่าใกล้เคียงกันต่างกันเพียงเล็กน้อย ซึ่งในการใช้งานจริงค่าการวัดที่ต่างกันเพียงเล็กน้อยนี้ไม่มีผลกับการตรวจวินิจฉัยโรค เพราะ ในการอ่านจริงจากเครื่องวัดความดันโลหิตแบบแอนาล็อกจะใช้ค่าที่อ่านได้โดยประมาณเท่านั้น ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับ การอ่านของผู้วัด เครื่องวัดความดันโลหิตนี้สามารถแสดงผลได้ 3 หลัก คือแสดงผลได้ 0 – 999 ค่า โดยหน่วยการวัดเป็น มิลลิเมตรปรอท แต่เนื่องจากว่าไม่สามารถป้อนลมเข้าคัพในขณะที่ทำกรวัดได้เกิน 250 มิลลิเมตรปรอทได้เพราะจะทำให้คัพ รั่วเบนของผู้ถูกวัดมากเกินไปอาจเป็นอันตรายต่อผู้ถูกวัดได้

ในส่วนของการวัดการเต้นของชีพจรก็สามารถแสดงผลได้ใกล้เคียงกับที่วัดได้จากหูฟัง และนับครั้งจำนวนครั้งเอา ซึ่งการใช้เครื่องระบบดิจิทัลนี้มีความสะดวกและรวดเร็วกว่าโดยไม่ต้องรอนับถึง 1 นาทีแต่เราจะใช้ การนับค่าในช่วงเวลาหนึ่งเท่านั้น จากนั้นก็นำค่าที่ได้ไปประมวลผลเพื่อให้ออกมาในรูปครั้งต่อ 1 นาที และในส่วนของการวัดอุณหภูมิร่างกายก็สามารถวัดค่าออกมาได้ใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จากปรอทวัดไข้โดยมีค่าผิดพลาด ± 0.5 องศาเซลเซียส

ในเรื่องของอุปกรณ์ เช่น ตัวต้านทาน, ตัวเก็บประจุ, ออปแอมป์ และตัวทรานสดิวเซอร์นั้น จะมีผลกับอุณหภูมิ คือเมื่ออุณหภูมิเกิดการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลงในปริมาณที่มากแล้วอาจทำให้ค่าของอุปกรณ์เกิดการเปลี่ยนแปลงได้ จนทำให้การวัดเกิดการผิดพลาดไปมาก เป็นเรื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่อนข้างยากในการแก้ไข แต่ได้พยายามเลือกใช้ค่าอุปกรณ์ที่มีความผิดพลาดต่ำ เพื่อให้เกิดความผิดพลาดน้อยที่สุด

เครื่องวัดความดันโลหิต ตรวจจับการเต้นของชีพจรและวัดอุณหภูมิร่างกายระบบดิจิทัล ที่ได้พัฒนาสร้างขึ้นมาเป็นเครื่องต้นแบบ ได้ทำการทดสอบการใช้งานกับคนปกติ

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

จากการที่ได้ทำการทดลองวงจรการทำงานของเครื่องวัดความดันโลหิต ตรวจจับการเต้นของชีพจรและวัดอุณหภูมิร่างกายระบบดิจิทัลทางคณะผู้จัดทำได้ทำการแยกปัญหาที่เกิดขึ้นออกเป็นส่วนๆ ดังนี้

1) ปัญหา ที่เกิดจากวงจรตรวจจับความดันโลหิตสูงและความดัน โลหิตต่ำ เนื่องจากได้ใช้คอนเดนเซอร์ไมค์เป็นตัวตรวจจับซึ่งทำให้วงจรมีความไวในการตรวจจับมาก

แนวทางแก้ไข ในขณะที่ทำการวัดความดันโลหิตและการเต้นของชีพจร ผู้ที่ถูกวัดจะต้องอยู่นิ่งๆ เพื่อที่จะได้ผลการวัดที่ถูกต้อง

2) ปัญหา ในการปรับค่าเอาต์พุตของวงจรขยายจากทรานซิสเตอร์เนื่องจากความไวของตัวต้านทานปรับค่าได้ที่ใช้มีความไวมากเกินไปทำให้การปรับค่าเป็นไปได้ยาก

แนวทางแก้ไข เปลี่ยนตัวต้านทานปรับค่าได้ที่ใช้เป็นแบบทิมพอร์ตที่ความไวในการปรับค่าน้อยกว่าชนิดธรรมดา

3) ปัญหา สัญญาณรบกวนจากแหล่งจ่ายไฟทำให้การแสดงผลผิดพลาดมีการกระพริบของจอแสดงผล

แนวทางแก้ไข ทำการต่อคาปาซิเตอร์ค่า 0.1uF 50 โวลต์เข้ากับ VCC ของ IC ทุกตัว

4) ปัญหา เกิดจากเซนเซอร์ที่ใช้วัดอุณหภูมิไม่สามารถวัดในที่เปียกชื้นและถอดทำความสะอาดได้

แนวทางแก้ไข ทำการห่อหุ้มตัวเซนเซอร์ให้มีลักษณะมิดชิดและนำไปใช้

5.3 แนวทางการพัฒนา

เนื่องจากเครื่องวัดความดันโลหิตตรวจจับการเต้นของชีพจรและวัดอุณหภูมิร่างกายระบบดิจิทัลเครื่องนี้ ได้จัดทำวงจรการทำงานแยกออกเป็นส่วนๆ แต่ละส่วนสามารถแยกออกจากกันได้ จึงเป็นการง่ายที่จะนำไปพัฒนาให้มีประสิทธิภาพให้สูงขึ้น ตัวอย่างเช่น ที่วงจรตรวจจับความดันด้านสูงและด้านต่ำ ถ้ามีวงจรที่สามารถตรวจจับได้แม่นยำกว่าก็สามารถนำมาเปลี่ยน แทนที่ได้ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยไม่ต้องแก้วงจรใหม่ทั้งหมด และอีกส่วนคือการป้อนของเครื่องวัดความดันโลหิตถ้าจะให้ สะดวกต่อการทำงานก็ควรที่จะเป็นการป้อนแบบอัตโนมัติ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

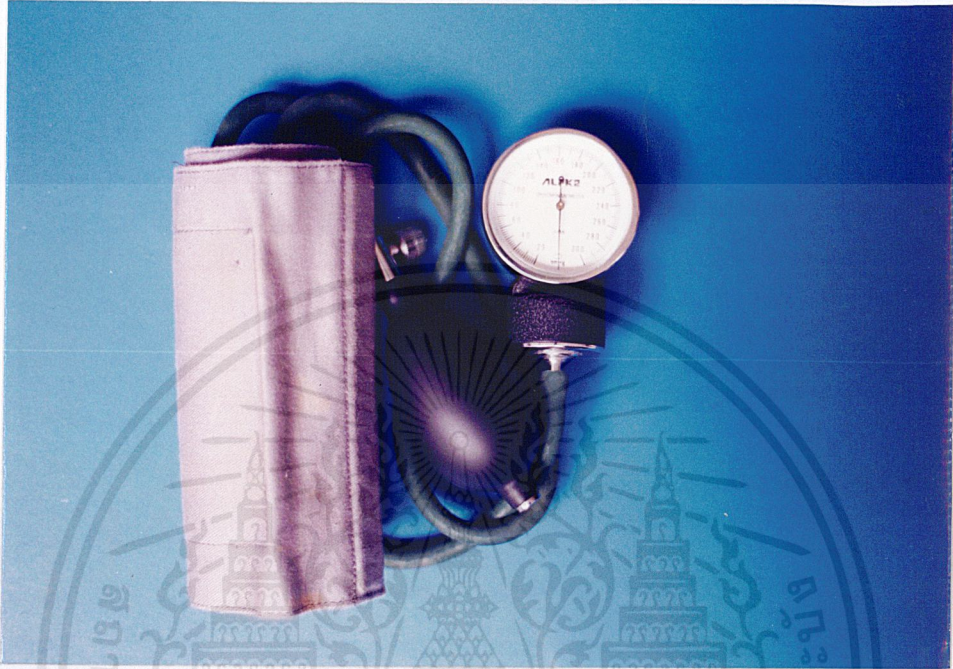


รูปที่ ก.1 ลักษณะเครื่องด้านหน้า

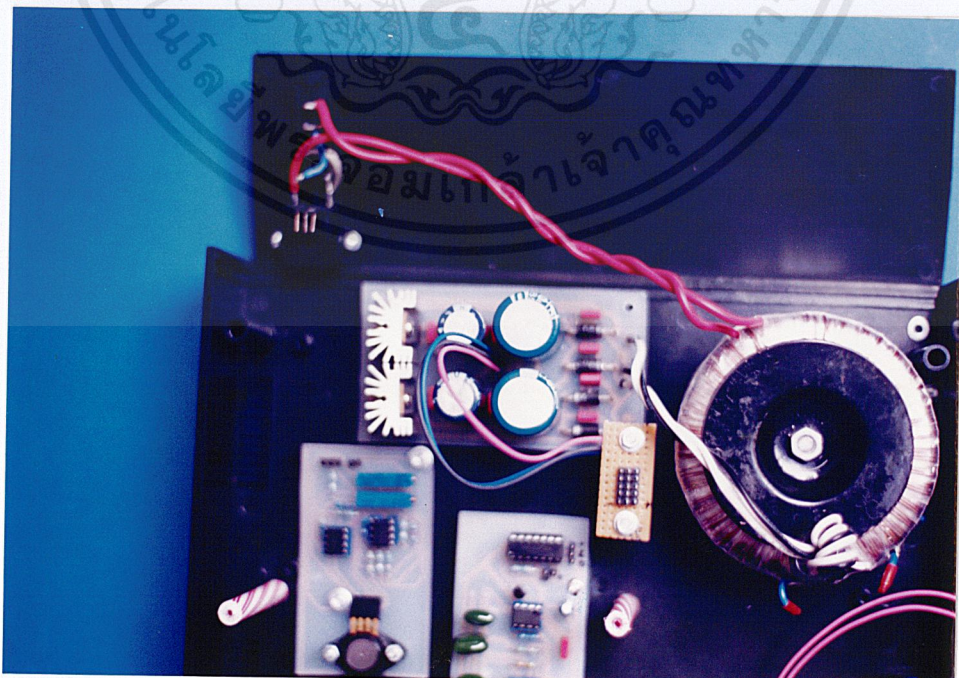


รูปที่ ก.2 ลักษณะเครื่องด้านหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.3 ลักษณะของคัพและยางปั๊มลม



รูปที่ ก.4 ลักษณะการจัดวางตำแหน่งแผ่นวงจรพิมพ์ด้านในเครื่อง

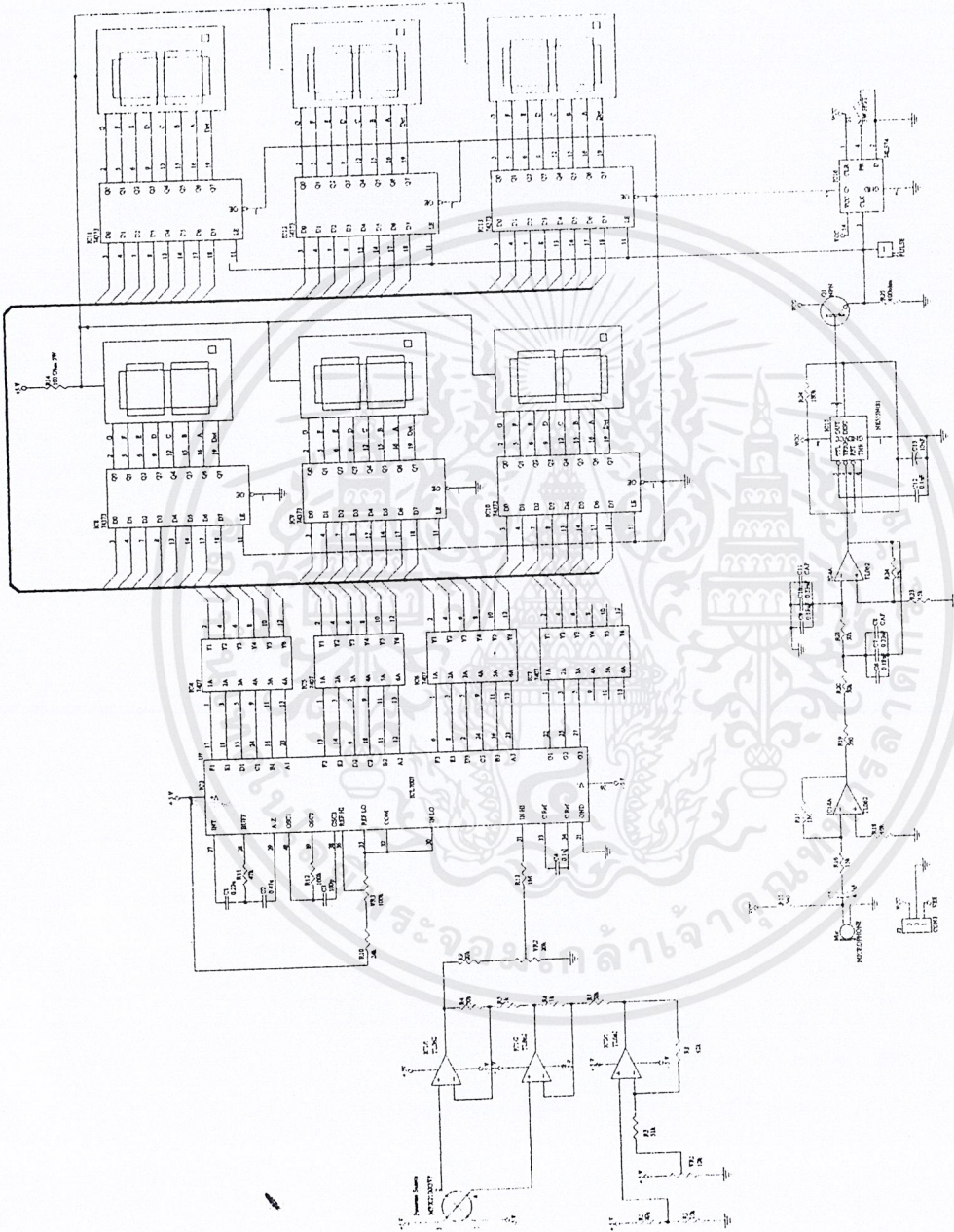
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข

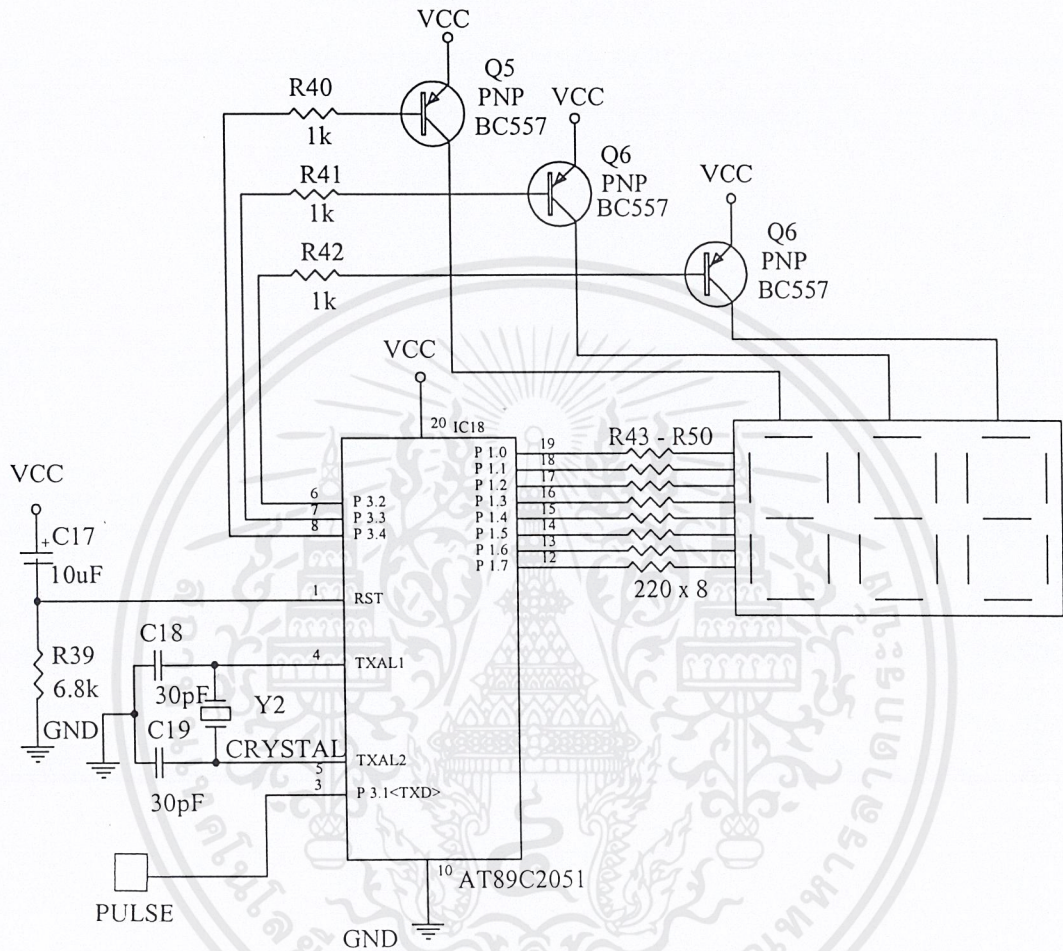
วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

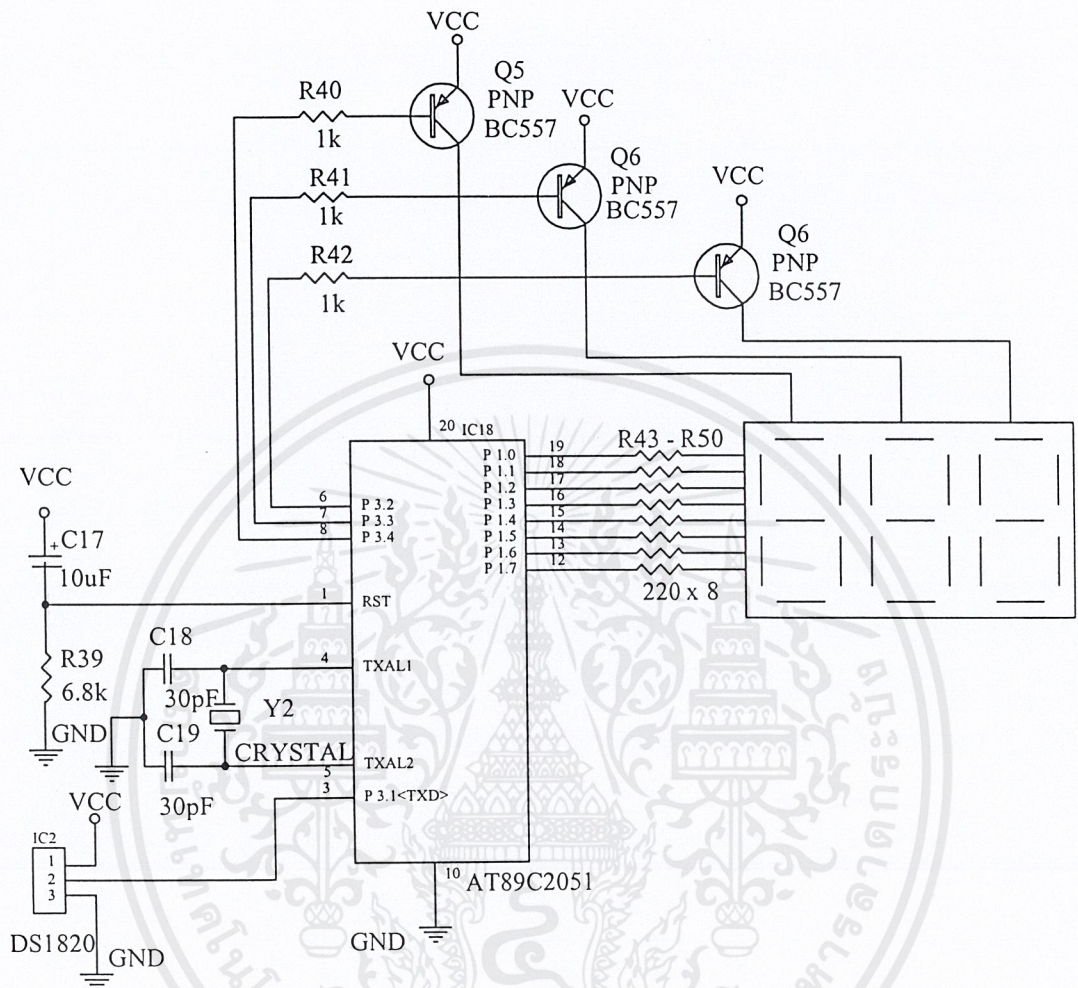


รูปที่ ข.1 ปรแกรมในส่วนการวัดความดันโลหิตและส่วนแสดงผล

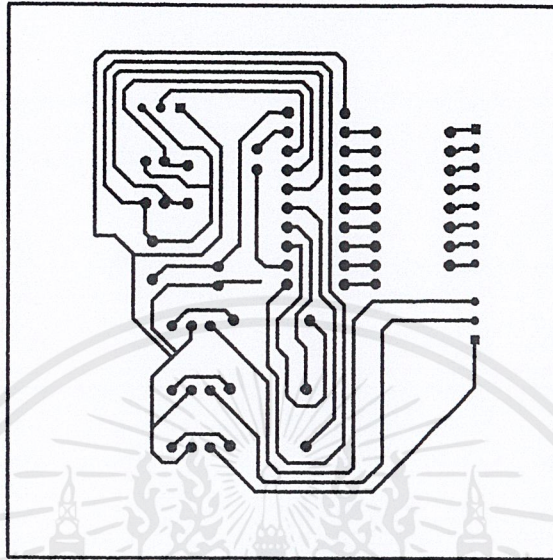
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



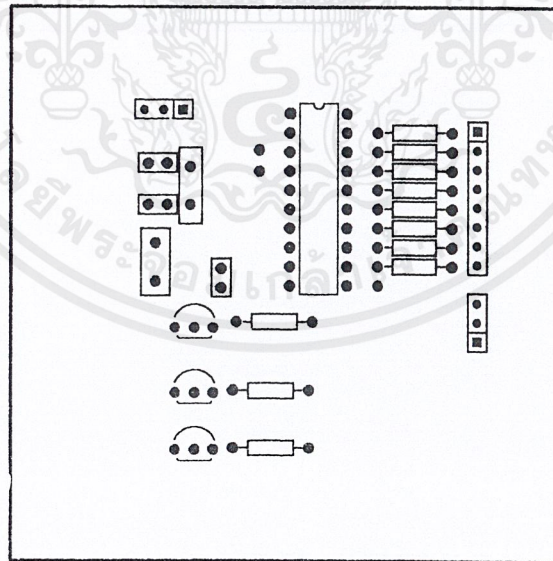
รูปที่ ข.2 รูปวงจรในส่วนการนับอัตราการเดินของชีพจร



รูปที่ ข.3 รูปวงจรในส่วนการวัดอุณหภูมิร่างกาย

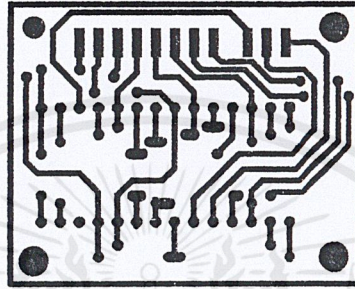


รูปที่ ข.4 ลายวงจรในส่วนการตรวจนับการเดินของซีพียูและอุณหภูมิ

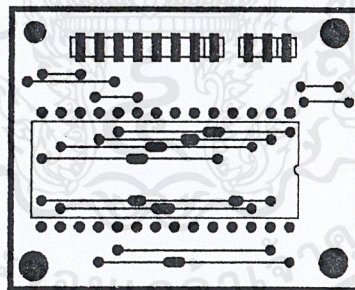


รูปที่ ข.5 การวางอุปกรณ์ในส่วนการตรวจนับการเดินของซีพียูและอุณหภูมิ

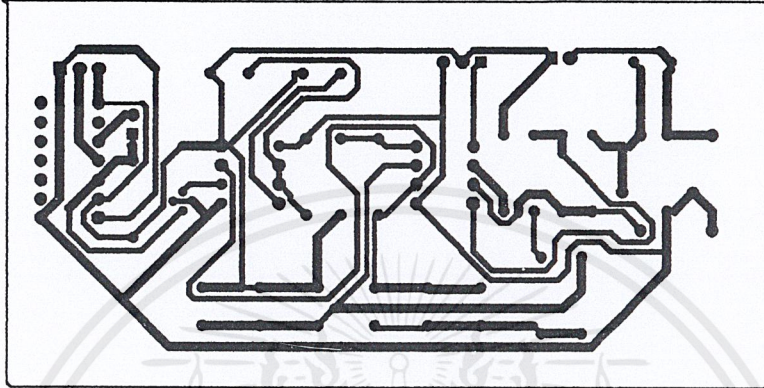
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



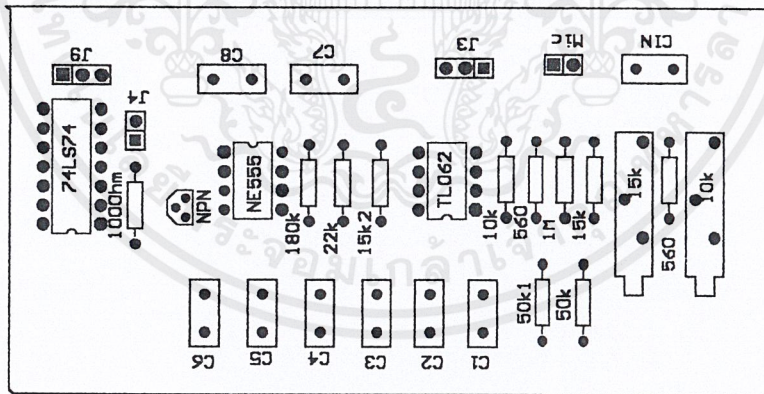
รูปที่ ข.6 ลายวงจรส่วนแสดงผลการเดินของชิพเจอร์และอุณหภูมิร่างกาย



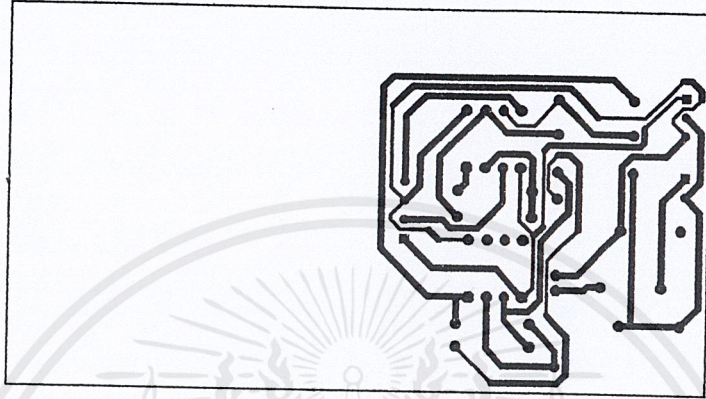
รูปที่ ข.7 การวางอุปกรณ์ส่วนแสดงผลการเดินของชิพเจอร์และอุณหภูมิร่างกาย



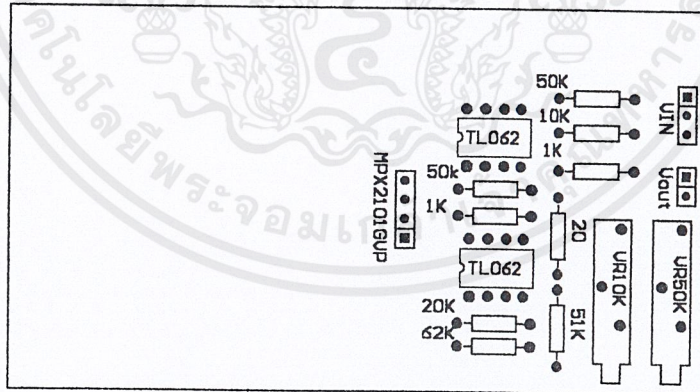
รูปที่ ข.8 ลายวงจรการตรวจจับสัญญาณเสียงครอทคอฟ



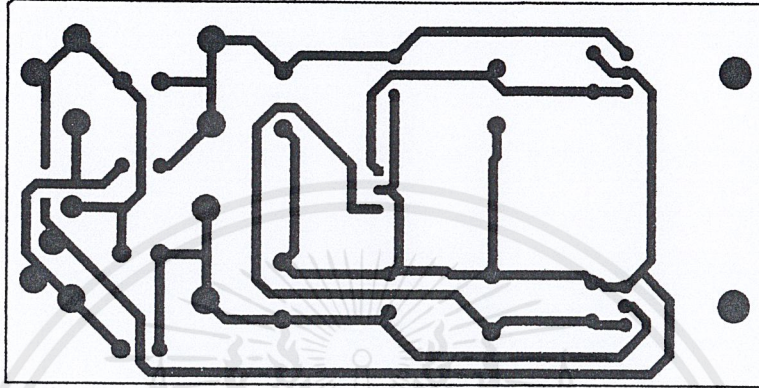
รูปที่ ข.9 การวางอุปกรณ์วงจรการตรวจจับสัญญาณเสียงครอทคอฟ



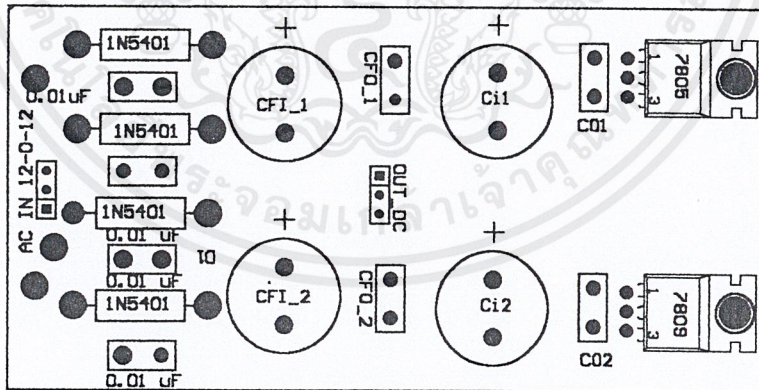
รูปที่ ข.10 ลายวงจรการตรวจวัดความดันโลหิต



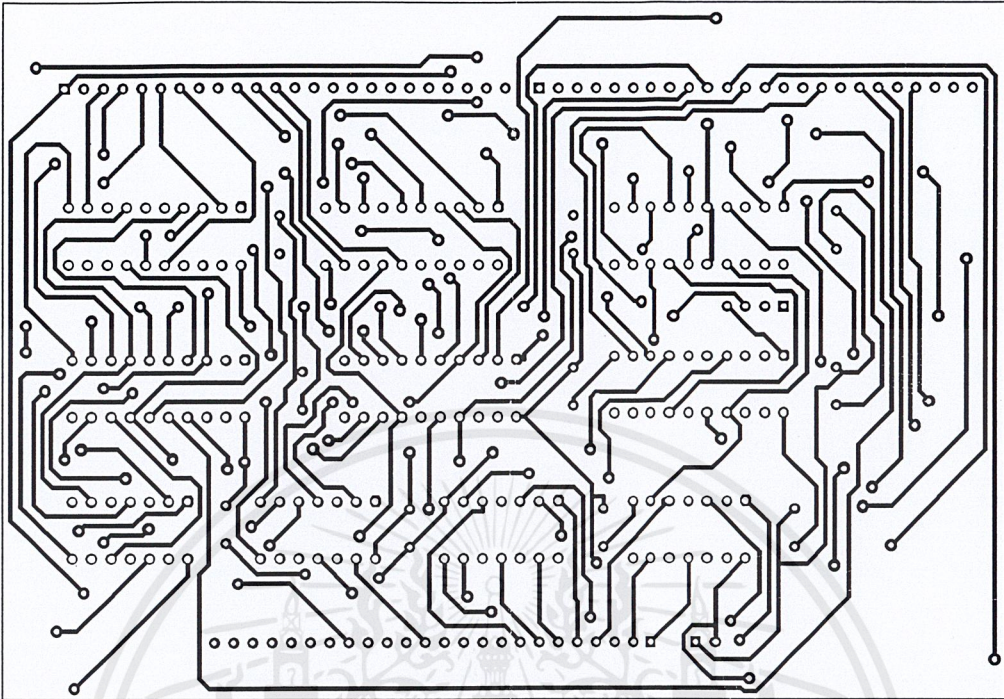
รูปที่ ข.11 การวางอุปกรณ์วงจรการตรวจวัดความดันโลหิต



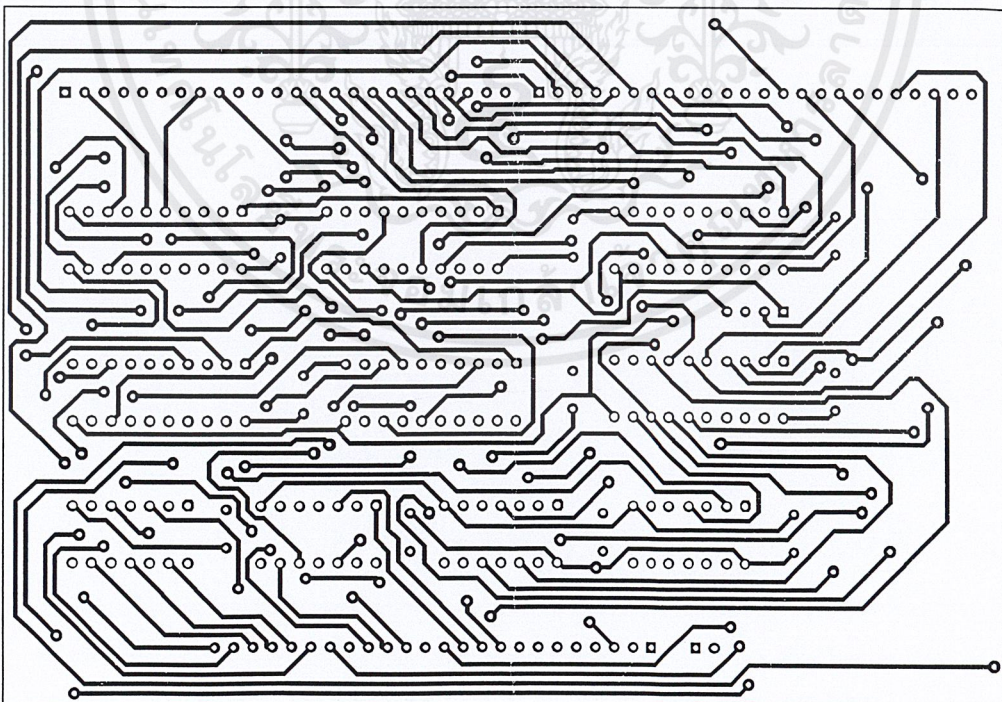
รูปที่ ข.12 ลายวงจรภาคจ่ายไฟ



รูปที่ ข.13 การวางอุปกรณ์วงจรภาคจ่ายไฟ

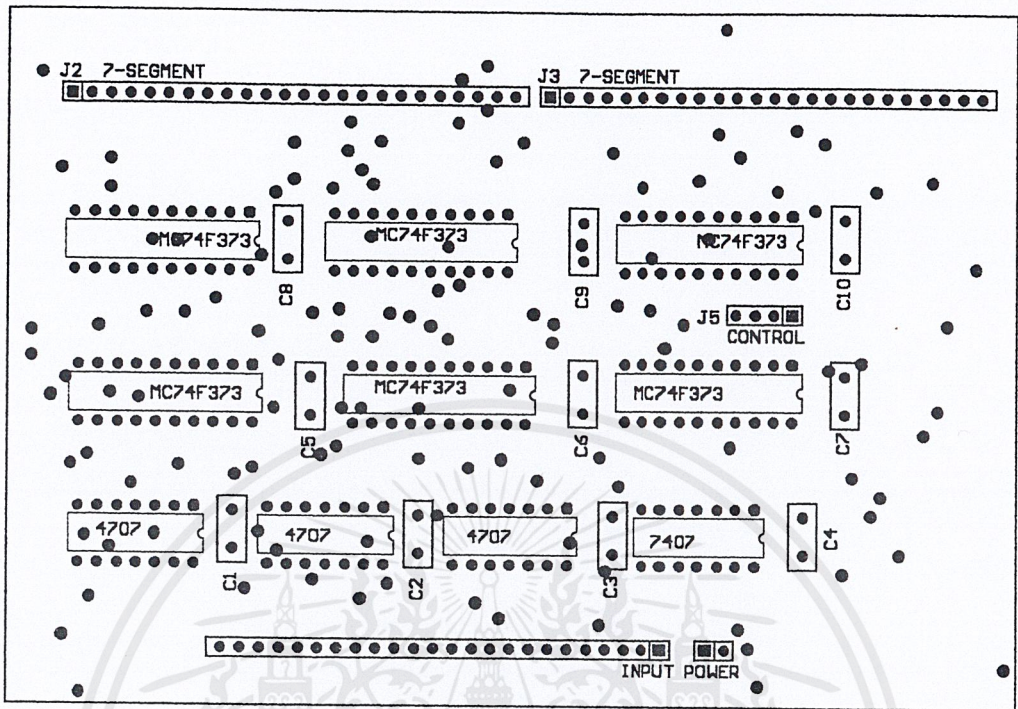


รูปที่ ข.14 ลายวงจรส่วนควบคุมการแสดงผล (ด้านบน)

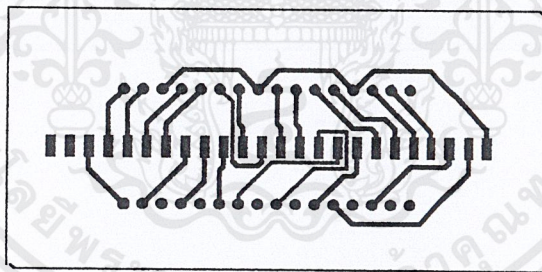


รูปที่ ข.15 ลายวงจรส่วนควบคุมการแสดงผล (ด้านล่าง)

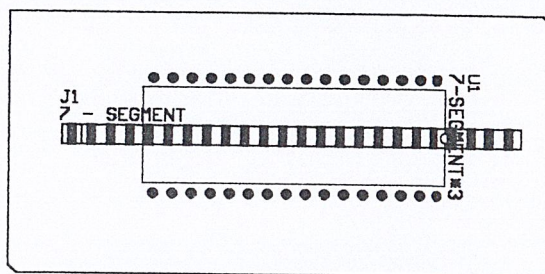
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.16 การวางอุปกรณ์วงจรส่วนควบคุมการแสดงผล

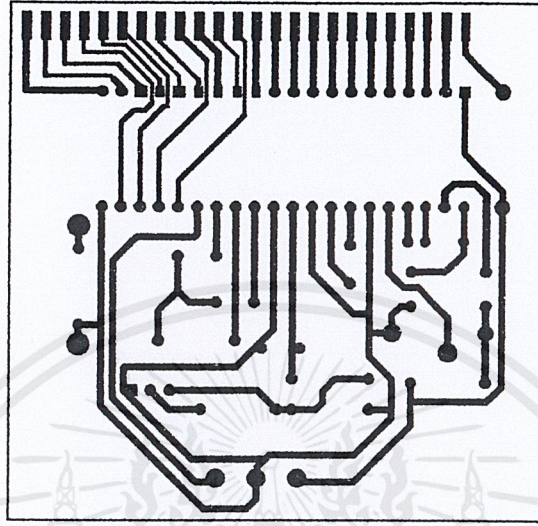


รูปที่ ข.17 ลายวงจรการแสดงผลระดับความดัน โลหิต

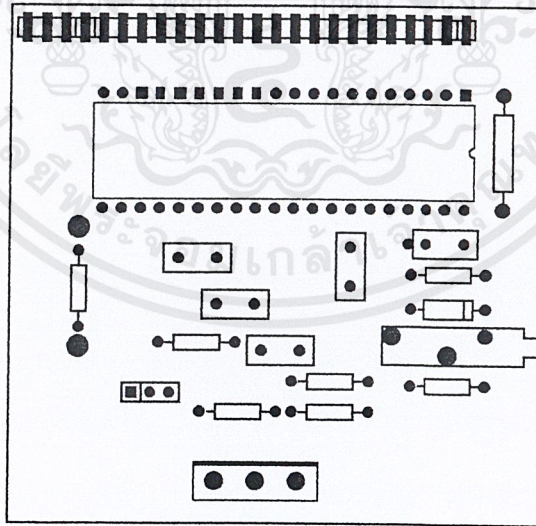


รูปที่ ข.18 การวางอุปกรณ์วงจรการแสดงผลระดับความดัน โลหิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.19 ลายวงจรการเปลี่ยนสัญญาณแอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล



รูปที่ ข.20 การวางอุปกรณ์วงจรการเปลี่ยนสัญญาณแอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค

โปรแกรมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของโปรแกรมการทำงานแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. โปรแกรมการทำงานของเครื่องวัดอุณหภูมิร่างกายระบบดิจิทัล
 2. โปรแกรมการทำงานของเครื่องตรวจสอบอัตราการเต้นของชีพจรระบบดิจิทัล
- ซึ่งจะมีการเขียนโปรแกรมการทำงานเพื่อทำการโปรแกรมให้กับ MCS – 51 ดังนี้

1. โปรแกรมการทำงานของเครื่องวัดอุณหภูมิร่างกายระบบดิจิทัล มีการเขียนโปรแกรดังนี้

DIGIT0	EQU	P3.2	
DIGIT1	EQU	P3.3	
DIGIT2	EQU	P3.4	
KEY	EQU	P3.0	
SDATA	EQU	P3.1	
dot	EQU	0	; Dec reg start address 20h
	ORG	21h	; internal ram
dis_buff:	DS	3	; 3display buffer
temp:	DS	1	; Temperature
buff:	DS	9	; mem buffer 9 byte
	ORG	00h	
	acall	initialize	
main:	acall	read_temp	
	acall	con_data	
acall	scan_dis		
	sjmp	main	
scan_dis:			; scan display input data in display buffer
	mov	a,dis_buff	
	mov	P1,a	
	clr	DIGIT0	
	acall	delay	
	setb	DIGIT0	
	mov	a,dis_buff+1	


```

        mov     P1,a
        clr     DIGIT1
        acall   delay
        setb    DIGIT1
        mov     a,dis_buff+2
        mov     P1,a
        clr     DIGIT2
        acall   delay
        setb    DIGIT2
        ret

initialize:                                ; initialize I/O port and reg.
        setb    DIGIT0                    ; Clear Digit 0
        setb    DIGIT1                    ; Clear Digit 1
        setb    DIGIT2                    ; Clear Digit 2
        mov     P1,#0ffh                  ; Clear Segment
        ret

delay:                                      ; Delay for Scan Display.
        mov     r2,#200
        djnz    r2,$
        ret

con_data:                                ; convert decimal to 7-Segment code
        mov     dptr,#SEG_D1              ; segment table 1
        mov     a,temp
        clr     c
        rrc     a
        mov     dot,c
        mov     b,#10
        div     ab                        ; Div Digit 1
        movc    a,@a+dptr
        mov     dis_buff,a

```



```

        mov     a,b                ; Data Digit 2
        mov     dptr,#SEG_D2      ; segment table 2 +(.)
        movc    a,@a+dptr
        mov     dis_buff+1,a
        mov     dptr,#SEG_D3      ; segment table 3 (Dec)
        clr     a
        mov     c,dot
        mov     Acc.0,c
        movc    a,@a+dptr
        mov     dis_buff+2,a
        ret

read_temp:                                ;Read temperature DS1820
        mov     a,#0cch           ;Skip ROM command
        acall    write_byte
        mov     a,#044h           ;Initiates temperature conversion
        acall    write_byte
        jnb     SDATA,$           ;Read temperature busy status
        acall    reset_pulse      ;Tx reset pulse
        acall    presence         ;Rx presence pulse
        mov     a,#0cch           ;Skip ROM command
        acall    write_byte
        mov     A,#0beh           ;Read scratchpad command
        acall    write_byte
        acall    read_byte        ;Read EEprom byte 0 (Temperature LSB)
        mov     temp,a
        acall    reset_pulse      ;Tx reset pulse
        acall    presence         ;Rx presence pulse
        ret

read_byte:                                ;Read scratchpad 1 byte
        mov     r3,#8             ;count Check 8 bit

```



```

read1:      clr      SDATA
            nop
            nop
            setb     SDATA
            nop
            nop
            nop
            nop
            mov      c,SDATA
            mov      r2,#15          ;delay 60 uS
            djnz     r2,$
            rrc      a
            djnz     r3,read1
            ret

write_byte: ;write scratchpad 1 byte
            mov      r3,#8          ;counter 8 bit
write:      rrc      a
            jc       write1
            clr      SDATA
            mov      r2,#15          ;delay 60 uS
            djnz     r2,$
            setb     SDATA
            nop
            nop
            nop
            nop
            djnz     r3,write
            ret

write1:     clr      SDATA
            nop

```



```

        nop
        nop
        nop
        setb    SDATA
        mov     r2,#15                ;delay 60 uS
        djnz    r2,$
        djnz    r3,write
        ret

reset_pulse:                ;Tx reset pulse
        clr     SDATA
        mov     r2,#250              ;delay 500 uS
        djnz    r2,$
        setb    SDATA
        mov     r2,#10               ;delay 20 uS
        djnz    r2,$
        ret

presence: jb    SDATA,$          ;Rx presence pulse
        jnb     SDATA,$
        ret

SEG_D1:  DB      0C0H,0F9H,0A4H,0B0H,099H      ; Segment Digit 0
        DB      092H,082H,0F8H,080H,090H
SEG_D2:  DB      040H,079H,024H,030H,019H      ; Segment Digit 1
        DB      012H,002H,078H,000H,010H
SEG_D3:  DB      0C0H,092H                    ; Segment Digit 2

        END
```

รูปที่ ค.1 โปรแกรมการทำงานชุดการตรวจวัดอุณหภูมิร่างกาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. โปรแกรมการทำงานของเครื่องตรวจสอบอัตราการเต้นของชีพจรระบบดิจิทัล มีการเขียนโปรแกรมดังนี้

```

DIGIT0    EQU    P3.5            ;Digit 0
DIGIT1    EQU    P3.3            ;Digit 1
DIGIT2    EQU    P3.2            ;Digit 2

    ORG    21h                    ;internal ram
BUFFER:    DS      3              ;display buffer

    ORG    00h

    acall   initialize

***** START PROGRAM *****
main:
    MOV     TMOD,#00100110B       ;Set TMOD 8 Bit Auto Reload
    SETB    EA
FREQ_LOOP:                ;Start Counter
    MOV     TH0,#000H
    MOV     TL0,#000H
    SETB    ET0
    SETB    TR0
TIME: MOV    7,#10                ;10 S
TIME1:      MOV    6,#100          ;1 S
TIME2:      MOV    5,#10           ;10 nS
TIME3:      MOV    4,#0E6H
TIME4:      NOP
            NOP
            DJNZ   R4,TIME4
            DJNZ   R5,TIME3
            DJNZ   R6,TIME2
            DJNZ   R7,TIME1

```



```

CLR    TR0

CLR    ET0

mov     BUFFER,TL0    ;Read Data in TL0

acall   DATA_DIS     ;Display

ajmp    FREQ_LOOP

sjmp    main

;***** INITIALZE *****
initialize:                ; initialize I/O port and reg.

    setb    DIGIT0

    setb    DIGIT1

    setb    DIGIT2

    mov     P1,#0ffh    ; clear display

    ret

;*****DELAY DISPLAY*****
delay:                ; delay for scandisplay.

    mov     r2,#200

    djnz    r2,$

    ret

;*****DISPLAY DATA*****
DATA_DIS:                ; convert decimal to 7-Segment code

    mov     dptr,#SEG    ; segment tabal DIGIT_0

    mov     a,BUFFER     ; BUFFER between 0-255

    mov     b,#3         ; div 2 mul 60 Sec /2 *6

    mul     ab

    mov     b,#100

    div     ab

    movc    a,@a+dptr

    mov     P1,a

    setb    DIGIT0

```



```

acall    delay
clr      DIGIT0
mov      a,b                ; segment tabal DIGIT_1
mov      dptr,#SEG
mov      b,#10
div      ab
movc     a,@a+dptr
mov      P1,a
setb     DIGIT1
acall    delay
clr      DIGIT1

mov      a,b                ; segment tabal DIGIT_2
mov      dptr,#SEG
movc     a,@a+dptr
mov      P1,a
setb     DIGIT2
acall    delay
clr      DIGIT2
ret

;*****DISPLAY SEGMENT TABLE*****
SEG:  DB    81H,0F3H,49H,61H,33H
      DB    25H,05H,0F1H,01H,21H
END

```

รูปที่ ก.2 โปรแกรมการทำงานชุดตรวจนับการเดินของชีพจร



ภาคผนวก ง

คำแนะนำการใช้งานเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการใช้งาน

- 1) ทำการเสียบสายไฟ AC และทำการเปิดสวิตช์ POWER ที่ด้านหลังของเครื่อง
- 2) ก่อนใช้งานครั้งแรก รอเครื่องพร้อมใช้งาน ประมาณ 3 นาที
- 3) หากจะทำการวัดความดันโลหิต ก็ให้นำคัพฟาล์ดที่แขนท่อนบน เหนือข้อพับแขนเล็กน้อย
- 4) จากนั้นปั๊มลมเข้าคัพฟาล์ดโดยการบีบยางปั๊มลมเข้าออก แล้วดูความดันลมที่หน้าปัดแสดงผลความดันโลหิตด้านสูง โดยให้มีย่านค่าประมาณ 180 - 200 มิลลิเมตรปรอท
- 5) จากนั้นหมุนคลายลมออกเล็กน้อย โดยให้ลมมีความคงที่ในการพ่นออกอย่างช้าๆ
- 6) ทำการกดปุ่ม RESET เพื่อเคลียร์ผลการแสดงความดันลม ไปเป็นการแสดงผลความดันโลหิตด้านต่ำและด้านสูงโดยอัตโนมัติ
- 7) จากนั้นแสดงค่าอัตราการเต้นของชีพจรใน 1 นาที ที่ส่วนแสดงผลอัตราการเต้นของชีพจร
- 8) หากทำการวัดอุณหภูมิ ก็ให้นำสายวัดอุณหภูมิไปวัดตามจุดต่างๆ ของร่างกายที่ไม่เปียก เพราะไม่ได้ออกแบบมาให้ใช้ในสถานที่เปียกชื้นได้
- 9) หากไม่ได้ใช้งานก็ทำการปิดสวิตช์แล้วถอดสายไฟ AC ออกเพื่อความปลอดภัยและความประหยัด

ข้อควรระวังในการใช้งาน

- 1) ในขณะที่ทำการวัดความดันโลหิตผู้ถูกวัดต้องวางตัวให้สบาย ไม่เกร็งกล้ามเนื้อและไม่ขยับร่างกายจึงจะได้ค่าที่แม่นยำที่สุด หากมีการขยับแล้วค่าที่ได้อาจผิดพลาดได้
- 2) อย่านำสายวัดอุณหภูมิไปวัดในที่เปียกชื้น เช่น ปาก ให้ใช้วัดที่ข้อพับหรือใต้รักแร้แทน เพราะอาจทำให้เป็นอันตรายแก่วงจรการทำงานในส่วนต่างๆ ได้



ภาคผนวก จ

รายละเอียด และคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0 to 100 kPa (0 to 14.5 PSI)
On-Chip Temperature
Compensated & Calibrated,
Silicon Pressure Sensors

MPX2100
MPX2101
SERIES

Motorola Preferred Devices

The MPX2100 and MPX2101 series device is a silicon piezoresistive pressure sensors providing a highly accurate and linear voltage output — directly proportional to the applied pressure. The sensor is a single, monolithic silicon diaphragm with the strain gauge and a thin-film resistor network integrated on-chip. The chip is laser trimmed for precise span and offset calibration and temperature compensation.

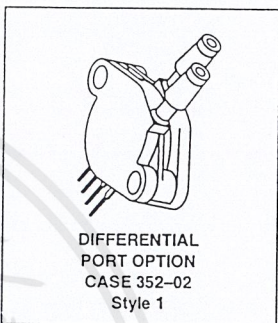
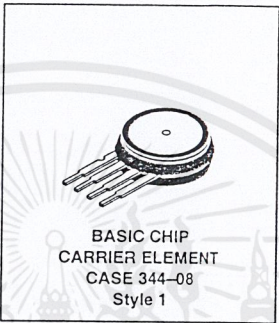
X-ducer™
SILICON
PRESSURE SENSORS

Features

- Temperature Compensated Over 0°C to +85°C
- Unique Silicon Shear Stress Strain Gauge
- Full Scale Span Calibrated to 40 mV (typical)
- Easy to Use Chip Carrier Package Options
- Available in Absolute, Differential and Gauge Configurations
- Ratio-metric to Supply Voltage

Application Examples

- Pump/Motor Controllers
- Robotics
- Level Indicators
- Medical Diagnostics
- Pressure Switching
- Barometers
- Altimeters



Pin Number			
1	2	3	4
Ground	+V _{out}	V _S	-V _{out}

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Overpressure ⁽⁸⁾ (P ₁ > P ₂)	P _{max}	400	kPa
Burst Pressure ⁽⁹⁾ (P ₁ > P ₂)	P _{burst}	1000	kPa
Storage Temperature	T _{sig}	-50 to +150	°C
Operating Temperature	T _A	-40 to +125	°C

VOLTAGE OUTPUT versus APPLIED DIFFERENTIAL PRESSURE

The differential voltage output of the X-ducer is directly proportional to the differential pressure applied.

The absolute sensor has a built-in reference vacuum. The output voltage will decrease as vacuum, relative to ambient, is drawn on the pressure (P1) side.

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

Figure 1 illustrates a block diagram of the internal circuitry on the stand-alone pressure sensor chip.

X-ducer is a trademark of Motorola, Inc.

Preferred devices are Motorola recommended choices for future use and best overall value.

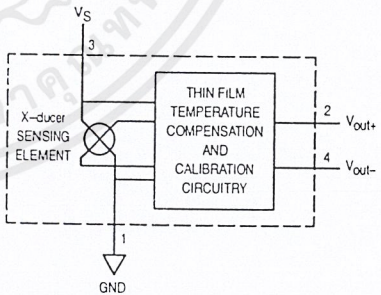


Figure 1. Temperature Compensated Pressure Sensor Schematic

OPERATING CHARACTERISTICS (V_S = 10 Vdc, T_A = 25°C unless otherwise noted, P1 > P2)

Characteristic		Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Pressure Range ⁽¹⁾		P _{OP}	0	—	100	kPa
Supply Voltage ⁽²⁾		V _S	—	10	16	V _{dc}
Supply Current		I _o	—	6.0	—	mA _{dc}
Full Scale Span ⁽³⁾	MPX2100A, MPX2100D, MPX2101D MPX2101A	V _{FSS}	38.5	40	41.5	mV
			37.5	40	42.5	
Offset ⁽⁴⁾	MPX2100D, MPX2101D MPX2100A MPX2101A	V _{off}	-1.0	—	1.0	mV
			-2.0	—	2.0	
			-3.0	—	3.0	
Sensitivity		ΔV/ΔP	—	0.4	—	mV/kPa
Linearity ⁽⁵⁾	MPX2100D MPX2100A MPX2101D MPX2101A	—	-0.25	—	0.25	%V _{FSS}
			-1.0	—	1.0	
			-0.5	—	0.5	
			-2.0	—	2.0	
Pressure Hysteresis ⁽⁵⁾ (0 to 100 kPa)		—	—	±0.1	—	%V _{FSS}
Temperature Hysteresis ⁽⁵⁾ (-40°C to +125°C)		—	—	±0.5	—	%V _{FSS}
Temperature Effect on Full Scale Span ⁽⁵⁾		TCV _{FSS}	-1.0	—	1.0	%V _{FSS}
Temperature Effect on Offset ⁽⁵⁾		TCV _{off}	-1.0	—	1.0	mV
Input Impedance		Z _{in}	1000	—	2500	Ω
Output Impedance		Z _{out}	1400	—	3000	Ω
Response Time ⁽⁶⁾ (10% to 90%)		t _R	—	1.0	—	ms
Offset Stability ⁽⁵⁾		—	—	±0.5	—	%V _{FSS}

MECHANICAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Weight (Basic Element Case 344)	—	—	2.0	—	Grams
Warm-Up	—	—	15	—	Sec
Cavity Volume	—	—	—	0.01	IN ³
Volumetric Displacement	—	—	—	0.001	IN ³
Common Mode Line Pressure ⁽⁷⁾	—	—	—	690	kPA

NOTES:

- 1. 1.0 kPa (kiloPascal) equals 0.145 psi.
- 2. 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.
- 3. 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.
- 4. Offset (V_{off}) is defined as the output voltage at the minimum rated pressure.
- 5. 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.
 - Offset Stability: Output deviation, after 1000 temperature cycles, -40 to 125°C, and 1.5 million pressure cycles, with zero differential pressure applied.
 - 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.
- 6. 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.
- 7. Common mode pressures beyond specified may result in leakage at the case-to-lead interface.
- 8. Exposure beyond these limits may cause permanent damage or degradation to the device.

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. There are two basic methods for calculating nonlinearity: (1) end point straight line fit (see Figure 2) 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.

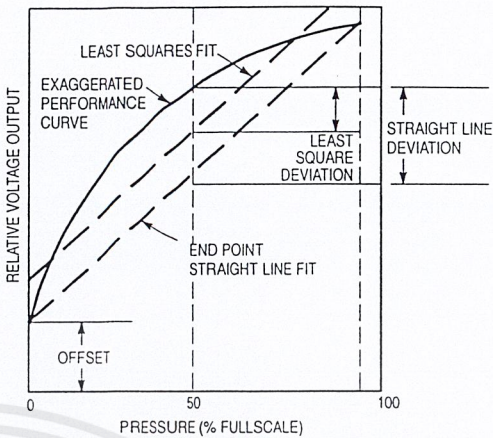


Figure 2. Linearity Specification Comparison

ON-CHIP TEMPERATURE COMPENSATION and CALIBRATION

Figure 3 shows the output characteristics of the MPX2100 series at 25°C. The output is directly proportional to the differential pressure and is essentially a straight line.

The effects of temperature on Full Scale Span and Offset are very small and are shown under Operating Characteristics.

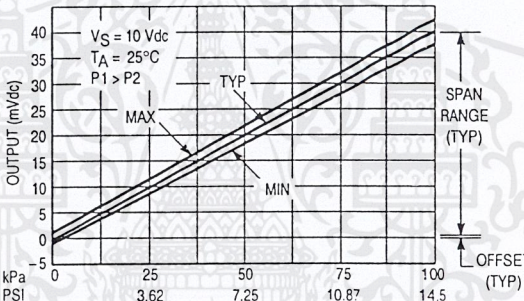


Figure 3. Output versus Pressure Differential

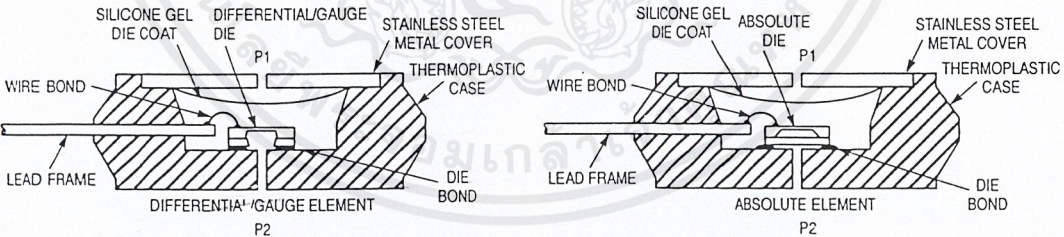


Figure 4. Cross-Sectional Diagrams (Not to Scale)

Figure 4 illustrates the absolute sensing configuration (right) and the differential or gauge configuration in the basic chip carrier (Case 344). A silicone gel isolates the die surface and wire bonds from harsh environments, while allowing the pressure signal to be transmitted to the silicon diaphragm. The MPX2100 series pressure sensor operating charac-

teristics 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.

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 the silicone gel which protects the die. The differential or gauge sensor is designed to operate with positive differential pressure

applied, $P1 > P2$. The absolute sensor is designed for vacuum applied to P1 side.
The Pressure (P1) side may be identified by using the table below:

Part Number				Case Type	Pressure (P1) Side Identifier
MPX2100A	MPX2100D	MPX2101A	MPX2101D	344-08	Stainless Steel Cap
MPX2100DP		MPX2101DP		352-02	Side with Part Marking
MPX2100AP	MPX2100GP	MPX2101AP	MPX2101GP	350-03	Side with Port Attached
MPX2100GVP		MPX2101GVP		350-04	Stainless Steel Cap
MPX2100AS	MPX2100GS	MPX2101AS	MPX2101GS	371-06	Side with Port Attached
MPX2100GVS		MPX2101GVS		371-05	Stainless Steel Cap
MPX2100ASX	MPX2100GSX	MPX2101ASX	MPX2101GSX	371C-02	Side with Port Attached
MPX2100GVSX		MPX2101GVSX		371D-02	Stainless Steel Cap

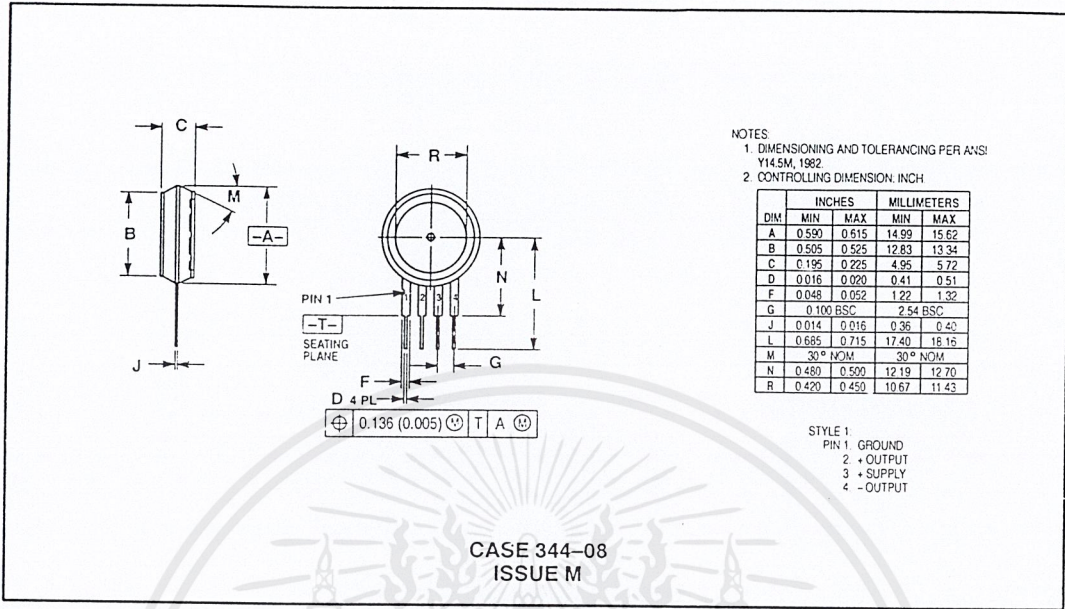
ORDERING INFORMATION

MPX2100 series pressure sensors are available in absolute, 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.

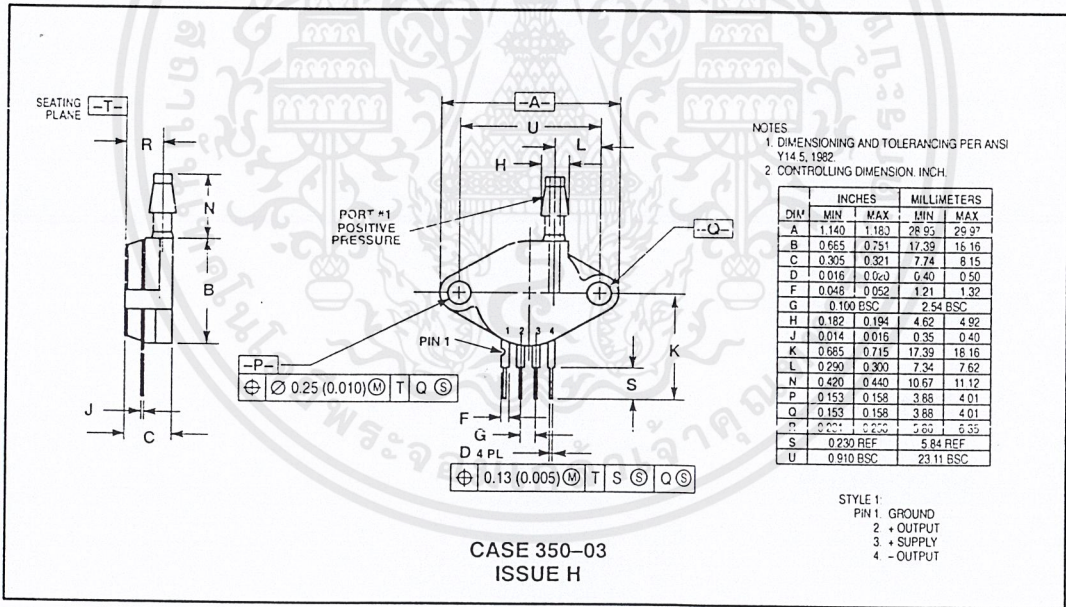
Device Type	Options	Case Type	MPX Series	
			Order Number	Device Marking
Basic Element	Absolute, Differential	Case 344-08	MPX2100A MPX2100D MPX2101A MPX2101D	MPX2100A MPX2100D MPX2101A MPX2101D
Ported Elements	Differential	Case 352-02	MPX2100DP MPX2101DP	MPX2100DP MPX2101DP
	Absolute, Gauge	Case 350-03	MPX2100AP MPX2100GP MPX2101AP MPX2101GP	MPX2100AP MPX2100GP MPX2101AP MPX2101GP
	Gauge Vacuum	Case 350-04	MPX2100GVP MPX2101GVP	MPX2100GVP MPX2101GVP
	Absolute, Gauge Stove Pipe	Case 371-06	MPX2100AS MPX2100GS MPX2101AS MPX2101GS	MPX2100A MPX2100D MPX2101A MPX2101D
	Gauge Vacuum Stove Pipe	Case 371-05	MPX2100GVS MPX2101GVS	MPX2100D MPX2101D
	Absolute, Gauge Axial	Case 371C-02	MPX2100ASX MPX2100GSX MPX2101ASX MPX2101GSX	MPX2100A MPX2100D MPX2101A MPX2101D
	Gauge Vacuum Axial	Case 371D-02	MPX2100GVSX MPX2101GVSX	MPX2100D MPX2101D

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

PACKAGE DIMENSIONS

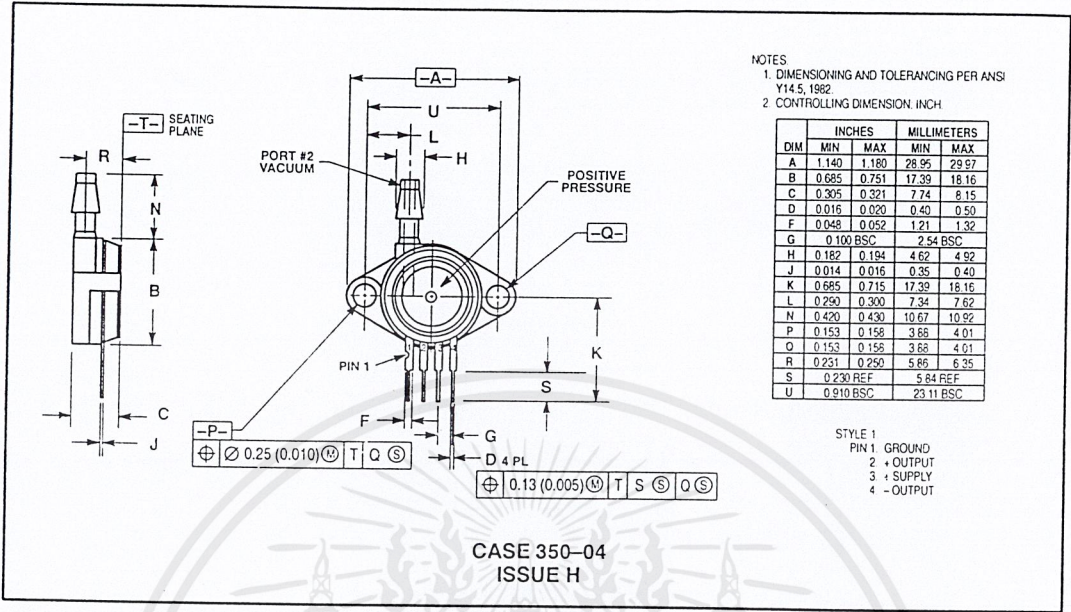


BASIC ELEMENT (A, D)

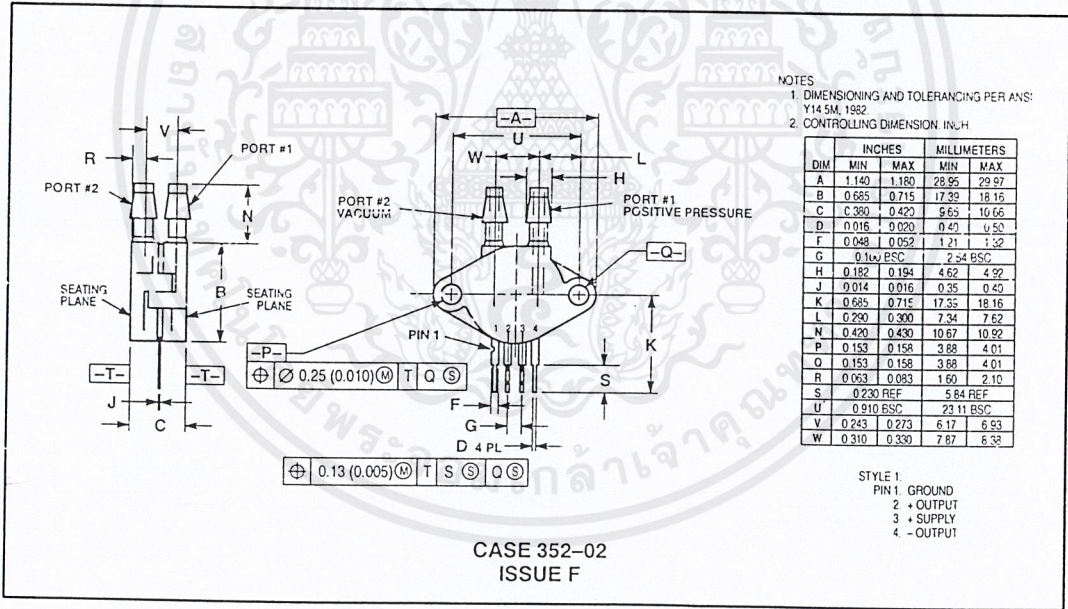


PRESSURE SIDE PORTED (AP, GP)

PACKAGE DIMENSIONS — CONTINUED



VACUUM SIDE PORTED (GVP)



PRESSURE AND VACUUM SIDES PORTED (DP)

DALLAS
 SEMICONDUCTOR

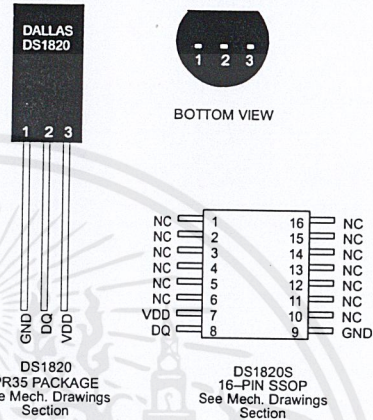
DS1820

1-Wire™ Digital Thermometer

FEATURES

- Unique 1-Wire™ interface requires only one port pin for communication
- Multidrop capability simplifies distributed temperature sensing applications
- Requires no external components
- Can be powered from data line
- Zero standby power required
- Measures temperatures from -55°C to $+125^{\circ}\text{C}$ in 0.5°C increments. Fahrenheit equivalent is -67°F to $+257^{\circ}\text{F}$ in 0.9°F increments
- Temperature is read as a 9-bit digital value.
- Converts temperature to digital word in 200 ms (typ.)
- User-definable, nonvolatile temperature alarm settings
- Alarm search command identifies and addresses devices whose temperature is outside of programmed limits (temperature alarm condition)
- Applications include thermostatic controls, industrial systems, consumer products, thermometers, or any thermally sensitive system

PIN ASSIGNMENT



PIN DESCRIPTION

GND	— Ground
DQ	— Data In/Out
VDD	— Optional V _{DD}
NC	— No Connect

DESCRIPTION

The DS1820 Digital Thermometer provides 9-bit temperature readings which indicate the temperature of the device.

Information is sent to/from the DS1820 over a 1-Wire interface, so that only one wire (and ground) needs to be connected from a central microprocessor to a DS1820. Power for reading, writing, and performing temperature conversions can be derived from the data line itself with no need for an external power source.

Because each DS1820 contains a unique silicon serial number, multiple DS1820s can exist on the same 1-Wire bus. This allows for placing temperature sensors in many different places. Applications where this feature is useful include HVAC environmental controls, sensing temperatures inside buildings, equipment or machinery, and in process monitoring and control.

DETAILED PIN DESCRIPTION

PIN 16-PIN SSOP	PIN PR35	SYMBOL	DESCRIPTION
9	1	GND	Ground.
8	2	DQ	Data Input/Output pin. For 1-Wire operation: Open drain. (See "Parasite Power" section.)
7	3	V _{DD}	Optional V _{DD} pin. See "Parasite Power" section for details of connection.

DS1820S (16-pin SSOP): All pins not specified in this table are not to be connected.

OVERVIEW

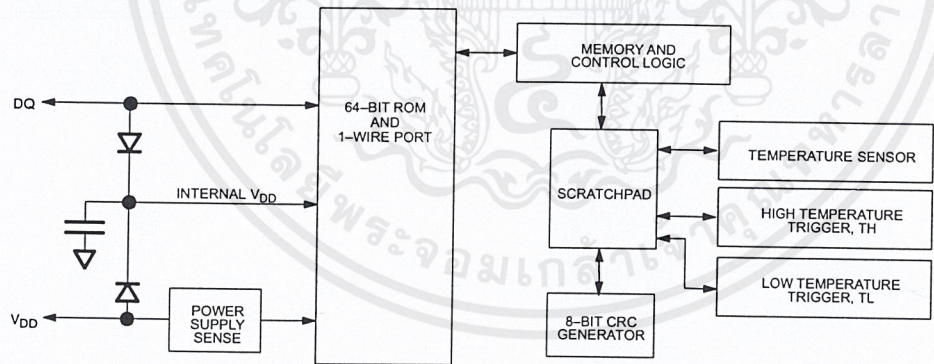
The block diagram of Figure 1 shows the major components of the DS1820. The DS1820 has three main data components: 1) 64-bit lasered ROM, 2) temperature sensor, and 3) nonvolatile temperature alarm triggers TH and TL. The device derives its power from the 1-Wire communication line by storing energy on an internal capacitor during periods of time when the signal line is high and continues to operate off this power source during the low times of the 1-Wire line until it returns high to replenish the parasite (capacitor) supply. As an alternative, the DS1820 may also be powered from an external 5 volts supply.

Communication to the DS1820 is via a 1-Wire port. With the 1-Wire port, the memory and control functions will not be available before the ROM function protocol has been established. The master must first provide one of five ROM function commands: 1) Read ROM, 2) Match ROM, 3) Search ROM, 4) Skip ROM, or 5) Alarm Search. These commands operate on the 64-bit lasered ROM portion of each device and can single out

a specific device if many are present on the 1-Wire line as well as indicate to the Bus Master how many and what types of devices are present. After a ROM function sequence has been successfully executed, the memory and control functions are accessible and the master may then provide any one of the six memory and control function commands.

One control function command instructs the DS1820 to perform a temperature measurement. The result of this measurement will be placed in the DS1820's scratchpad memory, and may be read by issuing a memory function command which reads the contents of the scratchpad memory. The temperature alarm triggers TH and TL consist of one byte EEPROM each. If the alarm search command is not applied to the DS1820, these registers may be used as general purpose user memory. Writing TH and TL is done using a memory function command. Read access to these registers is through the scratchpad. All data is read and written least significant bit first.

DS1820 BLOCK DIAGRAM Figure 1



PARASITE POWER

The block diagram (Figure 1) shows the parasite powered circuitry. This circuitry "steals" power whenever the I/O or V_{DD} pins are high. I/O will provide sufficient power as long as the specified timing and voltage requirements are met (see the section titled "1-Wire Bus System"). The advantages of parasite power are two-fold: 1) by parasiting off this pin, no local power source is needed for remote sensing of temperature, and 2) the ROM may be read in absence of normal power.

In order for the DS1820 to be able to perform accurate temperature conversions, sufficient power must be provided over the I/O line when a temperature conversion is taking place. Since the operating current of the DS1820 is up to 1 mA, the I/O line will not have sufficient drive due to the 5K pull-up resistor. This problem is particularly acute if several DS1820's are on the same I/O and attempting to convert simultaneously.

There are two ways to assure that the DS1820 has sufficient supply current during its active conversion cycle. The first is to provide a strong pull-up on the I/O line whenever temperature conversions or copies to the E^2 memory are taking place. This may be accomplished by using a MOSFET to pull the I/O line directly to the power supply as shown in Figure 2. The I/O line must be switched over to the strong pull-up within 10 μ s maximum after issuing any protocol that involves copying to the E^2 memory or initiates temperature conversions. When using the parasite power mode, the V_{DD} pin must be tied to ground.

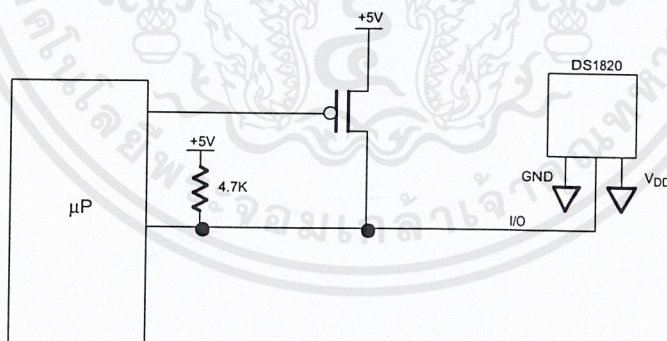
Another method of supplying current to the DS1820 is through the use of an external power supply tied to the

V_{DD} pin, as shown in Figure 3. The advantage to this is that the strong pull-up is not required on the I/O line, and the bus master need not be tied up holding that line high during temperature conversions. This allows other data traffic on the 1-Wire bus during the conversion time. In addition, any number of DS1820's may be placed on the 1-Wire bus, and if they all use external power, they may all simultaneously perform temperature conversions by issuing the Skip ROM command and then issuing the Convert T command. Note that as long as the external power supply is active, the GND pin may not be floating.

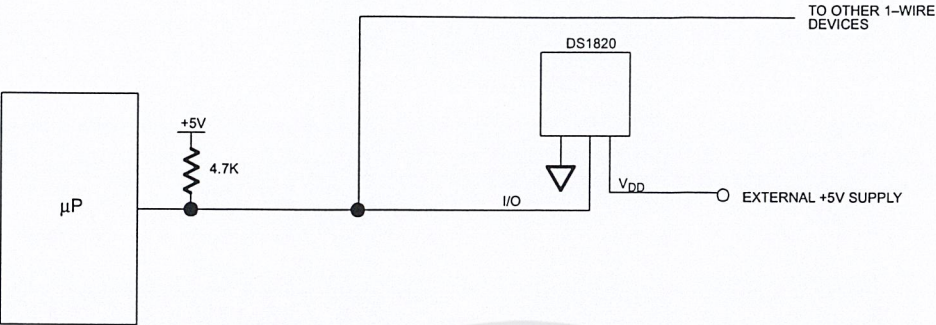
The use of parasite power is not recommended above 100°C, since it may not be able to sustain communications given the higher leakage currents the DS1820 exhibits at these temperatures. For applications in which such temperatures are likely, it is strongly recommended that V_{DD} be applied to the DS1820.

For situations where the bus master does not know whether the DS1820's on the bus are parasite powered or supplied with external V_{DD} , a provision is made in the DS1820 to signal the power supply scheme used. The bus master can determine if any DS1820's are on the bus which require the strong pull-up by sending a Skip ROM protocol, then issuing the read power supply command. After this command is issued, the master then issues read time slots. The DS1820 will send back "0" on the 1-Wire bus if it is parasite powered; it will send back a "1" if it is powered from the V_{DD} pin. If the master receives a "0", it knows that it must supply the strong pull-up on the I/O line during temperature conversions. See "Memory Command Functions" section for more detail on this command protocol.

STRONG PULL-UP FOR SUPPLYING DS1820 DURING TEMPERATURE CONVERSION Figure 2



USING V_{DD} TO SUPPLY TEMPERATURE CONVERSION CURRENT Figure 3



OPERATION – MEASURING TEMPERATURE

The DS1820 measures temperature through the use of an on-board proprietary temperature measurement technique. A block diagram of the temperature measurement circuitry is shown in Figure 4.

The DS1820 measures temperature by counting the number of clock cycles that an oscillator with a low temperature coefficient goes through during a gate period determined by a high temperature coefficient oscillator. The counter is preset with a base count that corresponds to -55°C. If the counter reaches zero before the gate period is over, the temperature register, which is also preset to the -55°C value, is incremented, indicating that the temperature is higher than -55°C.

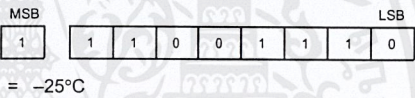
At the same time, the counter is then preset with a value determined by the slope accumulator circuitry. This circuitry is needed to compensate for the parabolic behavior of the oscillators over temperature. The counter is then clocked again until it reaches zero. If the gate period is still not finished, then this process repeats.

The slope accumulator is used to compensate for the non-linear behavior of the oscillators over temperature, yielding a high resolution temperature measurement. This is done by changing the number of counts necessary for the counter to go through for each incremental degree in temperature. To obtain the desired resolution, therefore, both the value of the counter and the number of counts per degree C (the value of the slope accumulator) at a given temperature must be known.

Internally, this calculation is done inside the DS1820 to provide 0.5°C resolution. The temperature reading is

provided in a 16-bit, sign-extended two's complement reading. Table 1 describes the exact relationship of output data to measured temperature. The data is transmitted serially over the 1-Wire interface. The DS1820 can measure temperature over the range of -55°C to +125°C in 0.5°C increments. For Fahrenheit usage, a lookup table or conversion factor must be used.

Note that temperature is represented in the DS1820 in terms of a 1/2°C LSB, yielding the following 9-bit format:

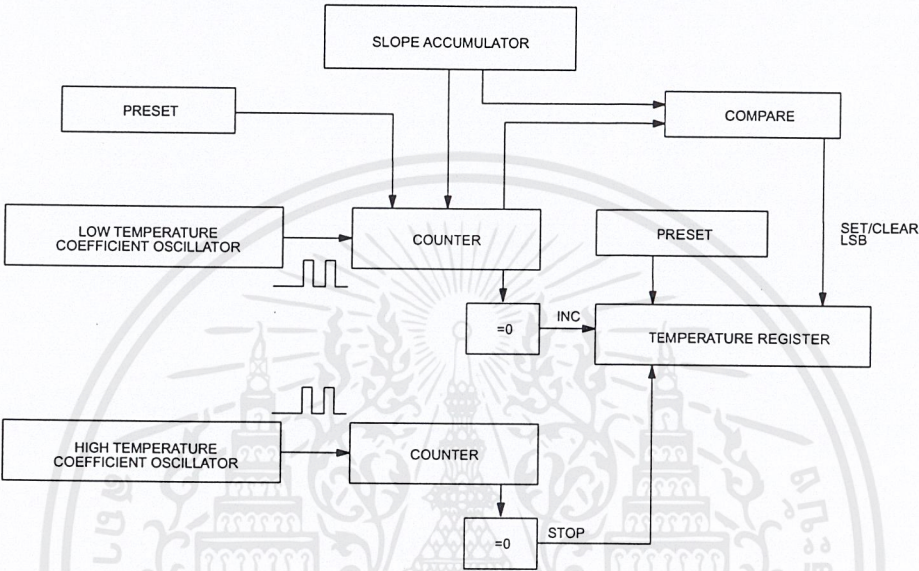


The most significant (sign) bit is duplicated into all of the bits in the upper MSB of the two-byte temperature register in memory. This "sign-extension" yields the 16-bit temperature readings as shown in Table 1.

Higher resolutions may be obtained by the following procedure. First, read the temperature, and truncate the 0.5°C bit (the LSB) from the read value. This value is TEMP_READ. The value left in the counter may then be read. This value is the count remaining (COUNT_REMAIN) after the gate period has ceased. The last value needed is the number of counts per degree C (COUNT_PER_C) at that temperature. The actual temperature may be then be calculated by the user using the following:

$$\text{TEMPERATURE} = \text{TEMP_READ} - 0.25 + \frac{(\text{COUNT_PER_C} - \text{COUNT_REMAIN})}{\text{COUNT_PER_C}}$$

TEMPERATURE MEASURING CIRCUITRY Figure 4



TEMPERATURE/DATA RELATIONSHIPS Table 1

TEMPERATURE	DIGITAL OUTPUT (Binary)	DIGITAL OUTPUT (Hex)
+125°C	00000000 11111010	00FA
+25°C	00000000 00110010	0032h
+1/2°C	00000000 00000001	0001h
+0°C	00000000 00000000	0000h
-1/2°C	11111111 11111111	FFFFh
-25°C	11111111 11001110	FFCEh
-55°C	11111111 10010010	FF92h

OPERATION – ALARM SIGNALING

After the DS1820 has performed a temperature conversion, the temperature value is compared to the trigger values stored in TH and TL. Since these registers are 8-bit only, the 0.5°C bit is ignored for comparison. The most significant bit of TH or TL directly corresponds to the sign bit of the 16-bit temperature register. If the result of a temperature measurement is higher than TH or lower than TL, an alarm flag inside the device is set.

This flag is updated with every temperature measurement. As long as the alarm flag is set, the DS1820 will respond to the alarm search command. This allows many DS1820s to be connected in parallel doing simultaneous temperature measurements. If somewhere the temperature exceeds the limits, the alarming device(s) can be identified and read immediately without having to read non-alarming devices.

64-BIT LASERED ROM

Each DS1820 contains a unique ROM code that is 64-bits long. The first eight bits are a 1-Wire family code (DS1820 code is 10h). The next 48 bits are a unique serial number. The last eight bits are a CRC of the first 56 bits. (See Figure 5.) The 64-bit ROM and ROM Function Control section allow the DS1820 to operate as a 1-Wire device and follow the 1-Wire protocol detailed in the section "1-Wire Bus System". The functions required to control sections of the DS1820 are not accessible until the ROM function protocol has been satisfied. This protocol is described in the ROM function protocol flowchart (Figure 6). The 1-Wire bus master must first provide one of five ROM function commands: 1) Read ROM, 2) Match ROM, 3) Search ROM, 4) Skip ROM, or 5) Alarm Search. After a ROM functions sequence has been successfully executed, the functions specific to the DS1820 are accessible and the bus master may then provide one of the six memory and control function commands.

CRC GENERATION

The DS1820 has an 8-bit CRC stored in the most significant byte of the 64-bit ROM. The bus master can compute a CRC value from the first 56-bits of the 64-bit ROM and compare it to the value stored within the DS1820 to determine if the ROM data has been received error-free by the bus master. The equivalent polynomial function of this CRC is:

CRC = X⁸ + X⁵ + X⁴ + 1

The DS1820 also generates an 8-bit CRC value using the same polynomial function shown above and pro-

vides this value to the bus master to validate the transfer of data bytes. In each case where a CRC is used for data transfer validation, the bus master must calculate a CRC value using the polynomial function given above and compare the calculated value to either the 8-bit CRC value stored in the 64-bit ROM portion of the DS1820 (for ROM reads) or the 8-bit CRC value computed within the DS1820 (which is read as a ninth byte when the scratchpad is read). The comparison of CRC values and decision to continue with an operation are determined entirely by the bus master. There is no circuitry inside the DS1820 that prevents a command sequence from proceeding if the CRC stored in or calculated by the DS1820 does not match the value generated by the bus master.

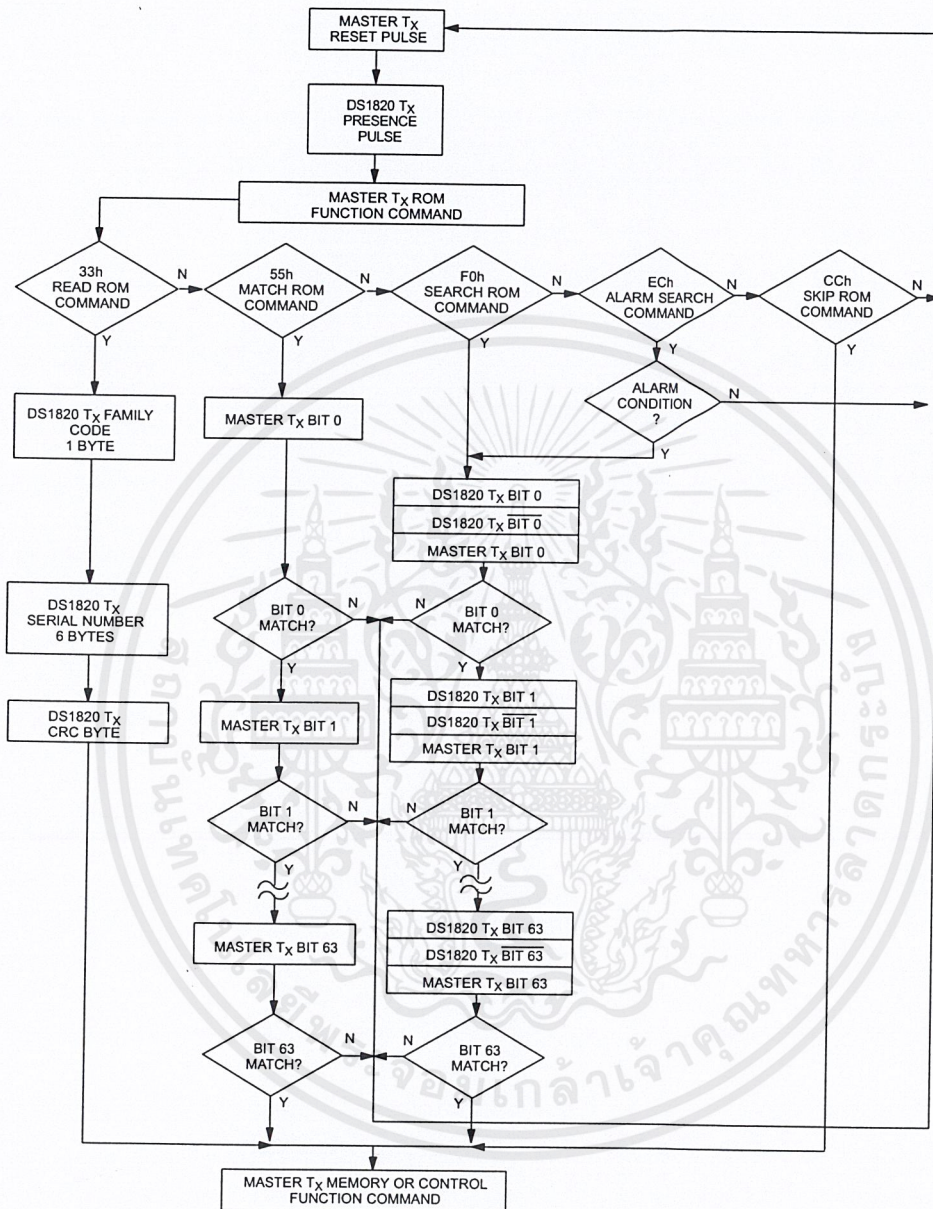
The 1-Wire CRC can be generated using a polynomial generator consisting of a shift register and XOR gates as shown in Figure 7. Additional information about the Dallas 1-Wire Cyclic Redundancy Check is available in Application Note 27 entitled "Understanding and Using Cyclic Redundancy Checks with Dallas Semiconductor Touch Memory Products".

The shift register bits are initialized to zero. Then starting with the least significant bit of the family code, one bit at a time is shifted in. After the 8th bit of the family code has been entered, then the serial number is entered. After the 48th bit of the serial number has been entered, the shift register contains the CRC value. Shifting in the eight bits of CRC should return the shift register to all zeros.

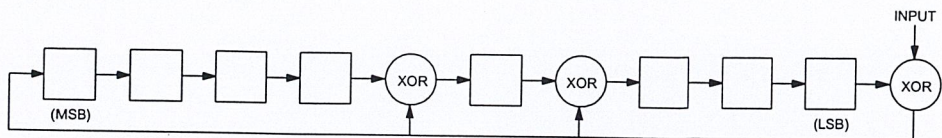
64-BIT LASERED ROM Figure 5

8-BIT CRC CODE		48-BIT SERIAL NUMBER		8-BIT FAMILY CODE (10h)	
MSB	LSB	MSB	LSB	MSB	LSB

ROM FUNCTIONS FLOW CHART Figure 6



1-WIRE CRC CODE Figure 7



MEMORY

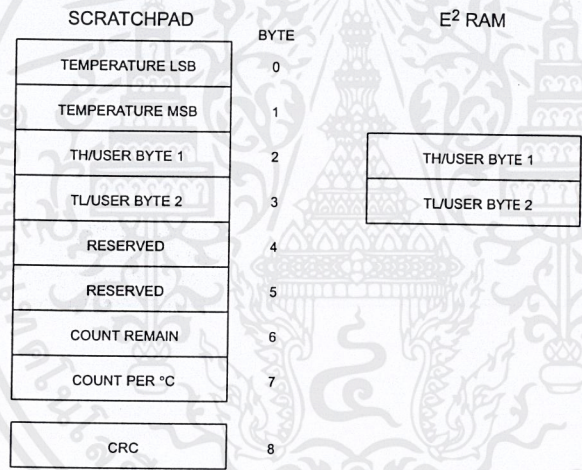
The DS1820's memory is organized as shown in Figure 8. The memory consists of a scratchpad RAM and a nonvolatile, electrically erasable (E²) RAM, which stores the high and low temperature triggers TH and TL. The scratchpad helps insure data integrity when communicating over the 1-Wire bus. Data is first written to the scratchpad where it can be read back. After the data has been verified, a copy scratchpad command will transfer the data to the nonvolatile (E²) RAM. This process insures data integrity when modifying the memory.

The scratchpad is organized as eight bytes of memory. The first two bytes contain the measured temperature

information. The third and fourth bytes are volatile copies of TH and TL and are refreshed with every power-on reset. The next two bytes are not used; upon reading back, however, they will appear as all logic 1's. The seventh and eighth bytes are count registers, which may be used in obtaining higher temperature resolution (see "Operation-measuring Temperature" section).

There is a ninth byte which may be read with a Read Scratchpad command. This byte contains a cyclic redundancy check (CRC) byte which is the CRC over all of the eight previous bytes. This CRC is implemented in the fashion described in the section titled "CRC Generation".

DS1820 MEMORY MAP Figure 8





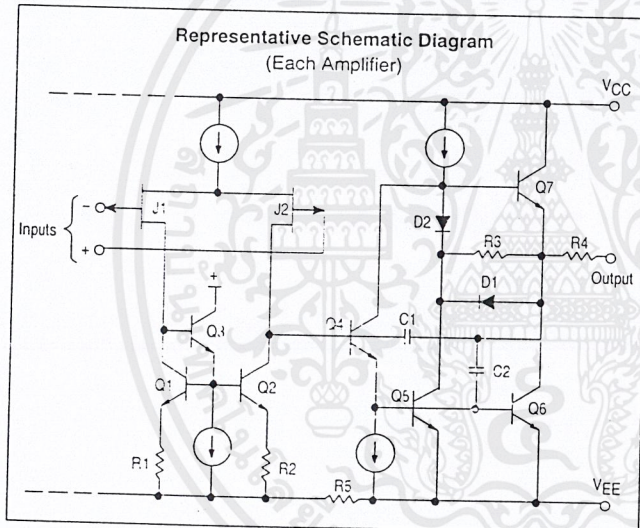
MOTOROLA

Low Power JFET Input Operational Amplifiers

These JFET input operational amplifiers are designed for low power applications. They feature high input impedance, low input bias current and low input offset current. Advanced design techniques allow for higher slew rates, gain bandwidth products and output swing.

The commercial and vehicular devices are available in Plastic dual in-line and SOIC packages.

- Low Supply Current: 200 μ A/Amplifier
- Low Input Bias Current: 5.0 pA
- High Gain Bandwidth: 2.0 MHz
- High Slew Rate: 6.0 V/ μ s
- High Input Impedance: $10^{12} \Omega$
- Large Output Voltage Swing: ± 14 V
- Output Short Circuit Protection



ORDERING INFORMATION

Op Amp Function	Device	Operating Temperature Range	Package
Dual	TL062CD, ACD TL062CP, ACP	$T_A = 0^\circ \text{ to } +70^\circ\text{C}$	SO-8 Plastic DIP
	TL062VD TL062VP	$T_A = -40^\circ \text{ to } +85^\circ\text{C}$	SO-8 Plastic DIP
Quad	TL064CD, ACD TL064CN, ACN	$T_A = 0^\circ \text{ to } +70^\circ\text{C}$	SO-14 Plastic DIP
	TL064VD TL064VN	$T_A = -40^\circ \text{ to } +85^\circ\text{C}$	SO-14 Plastic DIP

TL062 TL064

LOW POWER JFET INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS

SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

DUAL

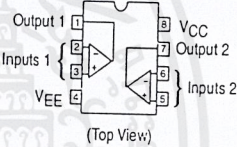


P SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 626



D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751
(SO-8)

PIN CONNECTIONS



QUAD

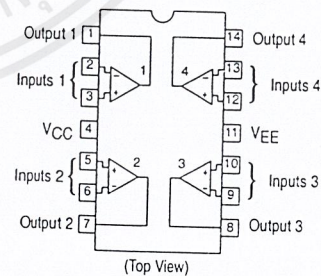


N SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 646



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

PIN CONNECTIONS



MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage (from V_{CC} to V_{EE})	V_S	+36	V
Input Differential Voltage Range (Note 1)	V_{IDR}	± 30	V
Input Voltage Range (Notes 1 and 2)	V_{IR}	± 15	V
Output Short Circuit Duration (Note 3)	t_{SC}	Indefinite	sec
Operating Junction Temperature	T_J	+150	$^{\circ}\text{C}$
Storage Temperature Range	T_{stg}	-60 to +150	$^{\circ}\text{C}$

NOTES: 1. Differential voltages are at the noninverting input terminal with respect to the inverting input terminal.
2. The magnitude of the input voltage must never exceed the magnitude of the supply or 15 V, whichever is less.
3. Power dissipation must be considered to ensure maximum junction temperature (T_J) is not exceeded. (See Figure 1.)

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = +15\text{ V}$, $V_{EE} = -15\text{ V}$, $T_A = 0^{\circ}$ to $+70^{\circ}\text{C}$, unless otherwise noted.)

Characteristics	Symbol	TL062AC TL064AC			TL062C TL064C			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage ($R_S = 50\ \Omega$, $V_O = 0\text{ V}$) $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ $T_A = 0^{\circ}$ to $+70^{\circ}\text{C}$	V_{IO}	— —	3.0 —	6.0 7.5	— —	3.0 —	15 20	mV
Average Temperature Coefficient for Offset Voltage ($R_S = 50\ \Omega$, $V_O = 0\text{ V}$)	$\Delta V_{IO}/\Delta T$	—	10	—	—	10	—	$\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$
Input Offset Current ($V_{CM} = 0\text{ V}$, $V_O = 0\text{ V}$) $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ $T_A = 0^{\circ}$ to $+70^{\circ}\text{C}$	I_{IO}	— —	0.5 —	100 2.0	— —	0.5 —	200 2.0	pA nA
Input Bias Current ($V_{CM} = 0\text{ V}$, $V_O = 0\text{ V}$) $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ $T_A = 0^{\circ}$ to $+70^{\circ}\text{C}$	I_{IB}	— —	3.0 —	200 2.0	— —	3.0 —	200 10	pA nA
Input Common Mode Voltage Range $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	V_{ICR}	— -11.5	+14.5 -12.0	+11.5 —	— -11	+14.5 -12.0	+11 —	V
Large Signal Voltage Gain ($R_L = 10\text{ k}\Omega$, $V_O = \pm 10\text{ V}$) $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ $T_A = 0^{\circ}$ to $+70^{\circ}\text{C}$	A_{VOL}	4.0 4.0	58 —	— —	3.0 3.0	58 —	— —	V/mV
Output Voltage Swing ($R_L = 10\text{ k}\Omega$, $V_{ID} = 1.0\text{ V}$) $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ $T_A = 0^{\circ}$ to $+70^{\circ}\text{C}$	V_{O+} V_{O-} V_{O+} V_{O-}	+10 — +10 —	+14 -14 — —	— -10 — -10	+10 — +10 —	+14 -14 — —	— -10 — -10	V
Common Mode Rejection ($R_S = 50\ \Omega$, $V_{CM} = V_{ICR\text{ min}}$, $V_O = 0\text{ V}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$)	CMR	80	84	—	70	84	—	dB
Power Supply Rejection ($R_S = 50\ \Omega$, $V_{CM} = 0\text{ V}$, $V_O = 0$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$)	PSR	80	86	—	70	86	—	dB
Power Supply Current (each amplifier) (No Load, $V_O = 0\text{ V}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$)	I_D	—	200	250	—	200	250	μA
Total Power Dissipation (each amplifier) (No Load, $V_O = 0\text{ V}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$)	P_D	—	6.0	7.5	—	6.0	7.5	mW

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = +15\text{ V}$, $V_{EE} = -15\text{ V}$, $T_A = T_{\text{low}}$ to T_{high} [Note 4], unless otherwise noted.)

Characteristics	Symbol	TL062V			TL064V			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage ($R_S = 50\ \Omega$, $V_O = 0\text{ V}$) $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{\text{low}}$ to T_{high}	V_{IO}	— —	3.0 —	6.0 9.0	— —	3.0 —	9.0 15	mV
Average Temperature Coefficient for Offset Voltage ($R_S = 50\ \Omega$, $V_O = 0\text{ V}$)	$\Delta V_{IO}/\Delta T$	—	10	—	—	10	—	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Offset Current ($V_{CM} = 0\text{ V}$, $V_O = 0\text{ V}$) $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{\text{low}}$ to T_{high}	I_{IO}	— —	5.0 —	100 20	— —	5.0 —	100 20	pA nA
Input Bias Current ($V_{CM} = 0\text{ V}$, $V_O = 0\text{ V}$) $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{\text{low}}$ to T_{high}	I_{IB}	— —	30 —	200 50	— —	30 —	200 50	pA nA
Input Common Mode Voltage Range ($T_A = 25^\circ\text{C}$)	V_{ICR}	— -11.5	+14.5 -12.0	+11.5 —	— -11.5	+14.5 -12.0	+11.5 —	V
Large Signal Voltage Gain ($R_L = 10\text{ k}\Omega$, $V_O = \pm 10\text{ V}$) $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{\text{low}}$ to T_{high}	A_{VOL}	4.0 4.0	58 —	— —	4.0 4.0	58 —	— —	V/mV
Output Voltage Swing ($R_L = 10\text{ k}\Omega$, $V_{ID} = 1.0\text{ V}$) $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{\text{low}}$ to T_{high}	V_{O+} V_{O-} V_{O+} V_{O-}	+10 — +10 —	+14 -14 — —	— -10 — -10	+10 — +10 —	+14 -14 — —	— -10 — -10	V
Common Mode Rejection ($R_S = 50\ \Omega$, $V_{CM} = V_{ICR}\text{ min.}$, $V_O = 0$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)	CMR	80	84	—	80	84	—	dB
Power Supply Rejection ($R_S = 50\ \Omega$, $V_{CM} = 0\text{ V}$, $V_O = 0$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)	PSR	80	86	—	80	86	—	dB
Power Supply Current (each amplifier) (No Load, $V_O = 0\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)	I_D	—	200	250	—	200	250	μA
Total Power Dissipation (each amplifier) (No Load, $V_O = 0\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)	P_D	—	6.0	7.5	—	6.0	7.5	mW

NOTE: 4. $T_{\text{low}} = -40^\circ\text{C}$ $T_{\text{high}} = -65^\circ\text{C}$ for TL062, 4V

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = +15\text{ V}$, $V_{EE} = -15\text{ V}$, $T_A = +25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)

Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Slew Rate ($V_{in} = -10\text{ V}$ to $+10\text{ V}$, $R_L = 10\text{ k}\Omega$, $C_L = 100\text{ pF}$, $A_V = +1.0$)	SR	2.0	6.0	—	V/ μs
Rise Time ($V_{in} = 20\text{ mV}$, $R_L = 10\text{ k}\Omega$, $C_L = 100\text{ pF}$, $A_V = +1.0$)	t_r	—	0.1	—	μs
Overshoot ($V_{in} = 20\text{ mV}$, $R_L = 10\text{ k}\Omega$, $C_L = 100\text{ pF}$, $A_V = +1.0$)	OS	—	10	—	%
Settling Time ($V_{CC} = +15\text{ V}$, $V_{EE} = -15\text{ V}$, $A_V = -1.0$, $R_L = 10\text{ k}\Omega$, $V_O = 0\text{ V}$ to $+10\text{ V}$ step)	t_S	— —	1.6 2.2	— —	μs
Gain Bandwidth Product ($f = 200\text{ kHz}$)	GBW	—	2.0	—	MHz
Equivalent Input Noise ($R_S = 100\ \Omega$, $f = 1.0\text{ kHz}$)	e_n	—	47	—	$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
Input Resistance	R_i	—	10^{12}	—	Ω
Channel Separation ($f = 10\text{ kHz}$)	CS	—	120	—	dB

Figure 1. Maximum Power Dissipation versus Temperature for Package Variations

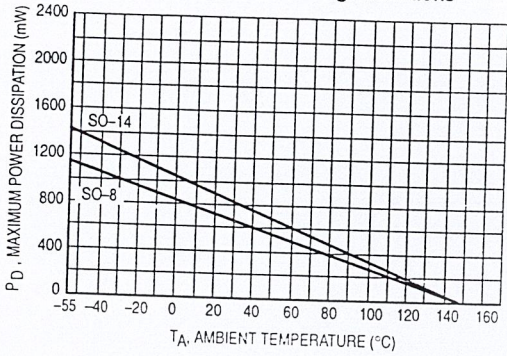


Figure 2. Output Voltage Swing versus Supply Voltage

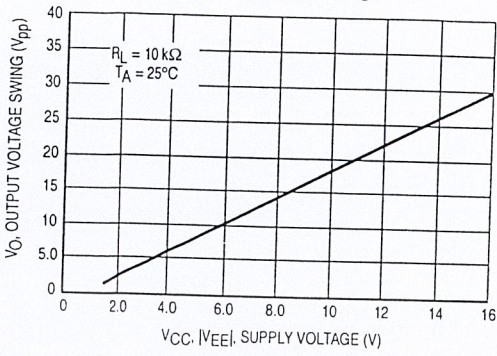


Figure 3. Output Voltage Swing versus Temperature

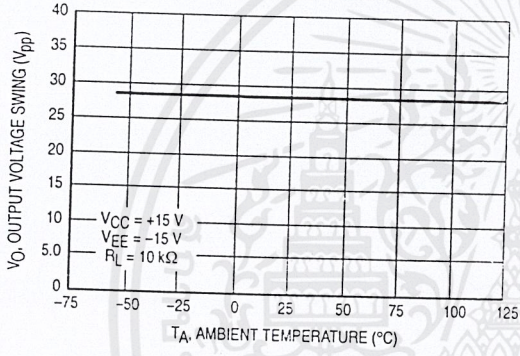


Figure 4. Output Voltage Swing versus Load Resistance

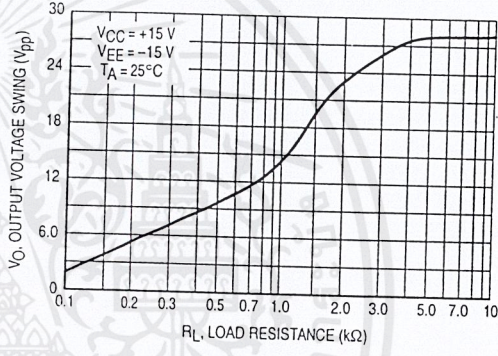


Figure 5. Output Voltage Swing versus Frequency

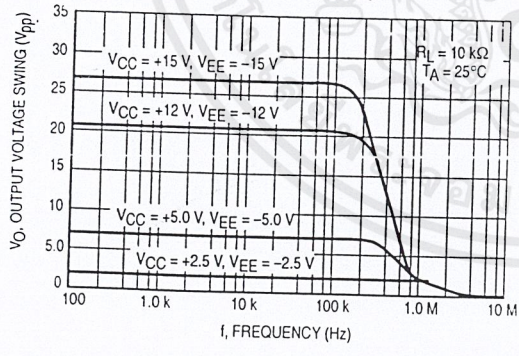


Figure 6. Large Signal Voltage Gain versus Temperature

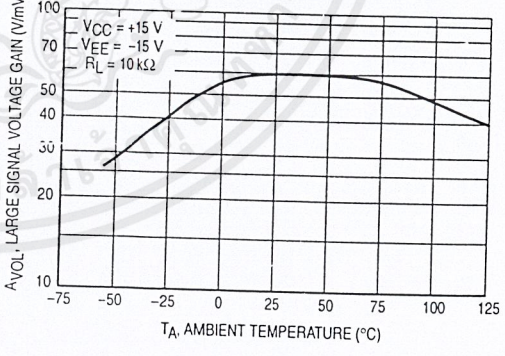


Figure 7. Open Loop Voltage Gain and Phase versus Frequency

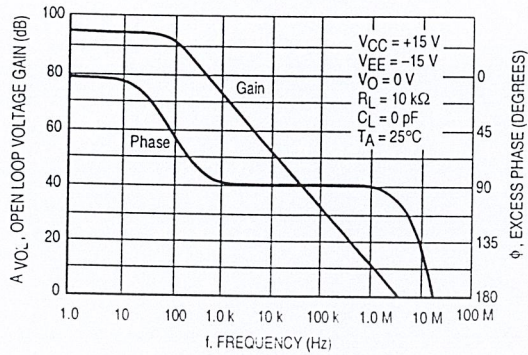


Figure 8. Supply Current per Amplifier versus Supply Voltage

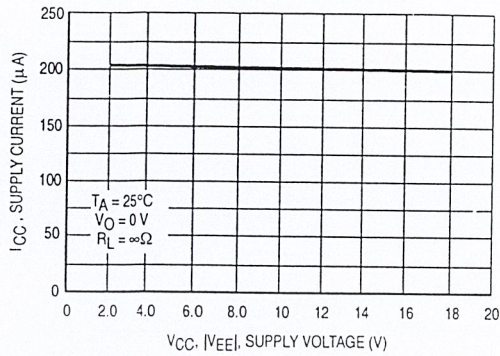


Figure 9. Supply Current per Amplifier versus Temperature

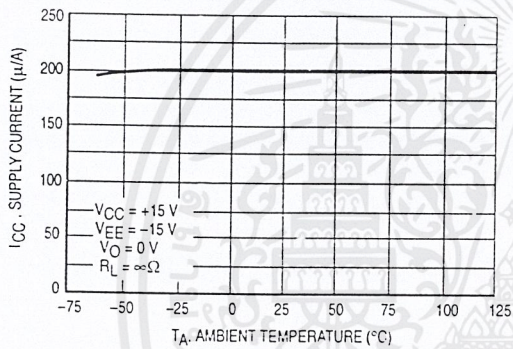


Figure 10. Total Power Dissipation versus Temperature

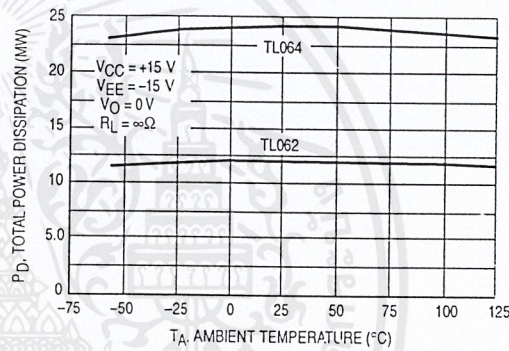


Figure 11. Common Mode Rejection versus Temperature

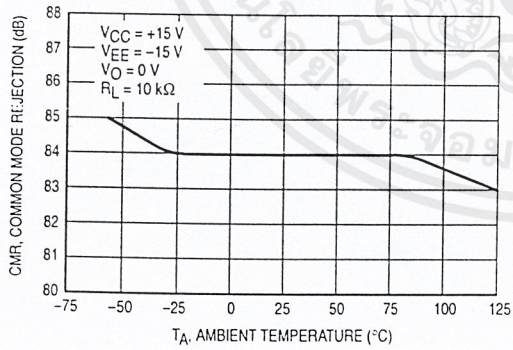


Figure 12. Common Mode Rejection versus Frequency

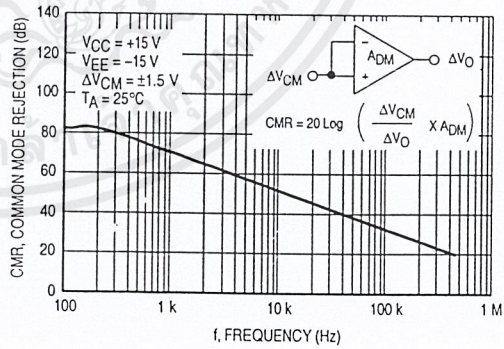


Figure 13. Power Supply Rejection versus Frequency

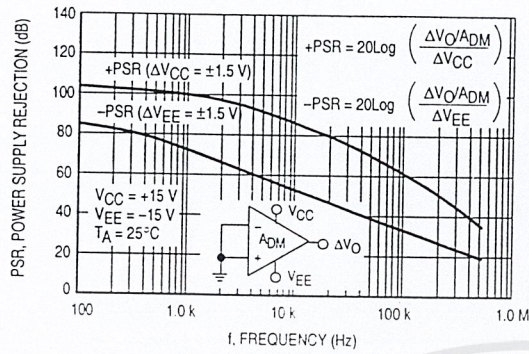


Figure 14. Normalized Gain Bandwidth Product, Slew Rate and Phase Margin versus Temperature

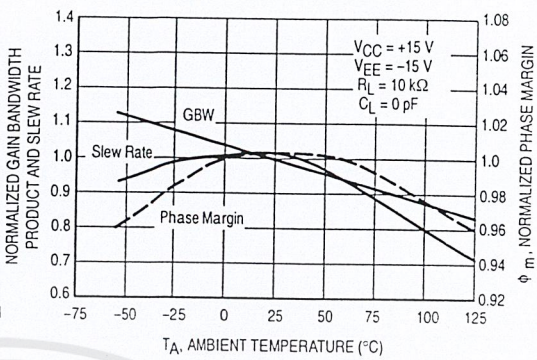


Figure 15. Input Bias Current versus Temperature

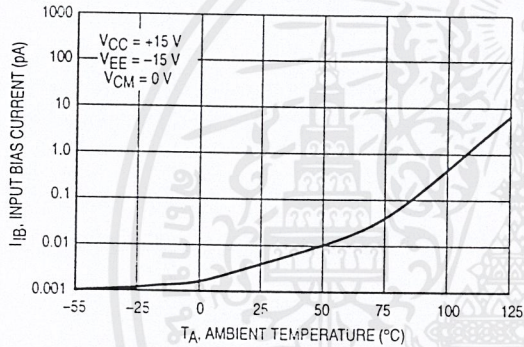


Figure 16. Input Noise Voltage versus Frequency

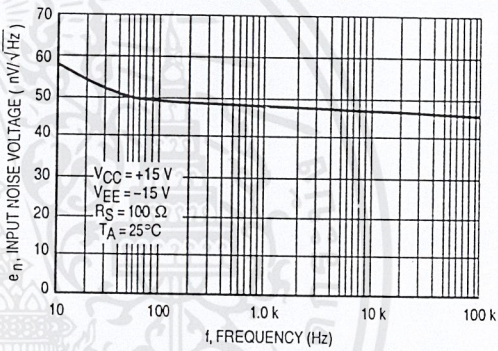


Figure 17. Small Signal Response

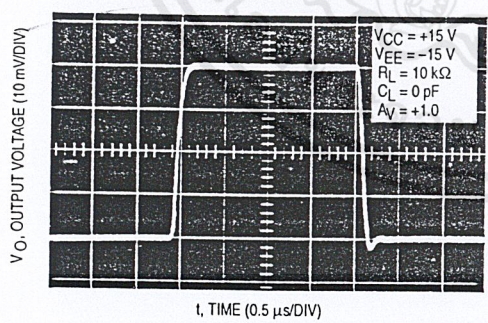


Figure 18. Large Signal Response

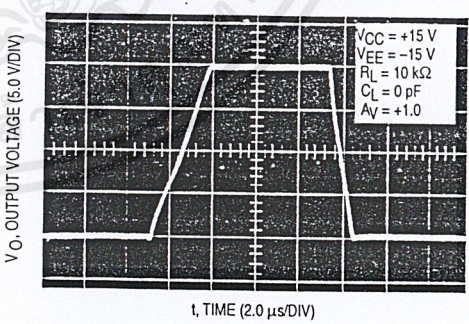


Figure 19. AC Amplifier

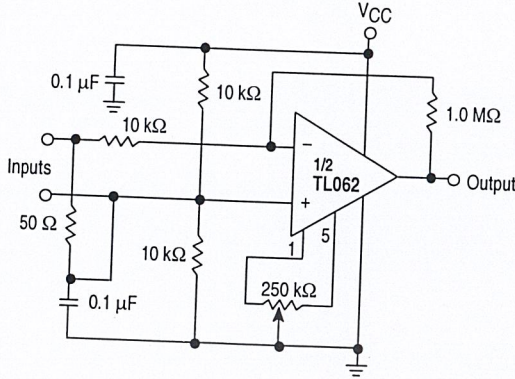


Figure 20. High-Q Notch Filter

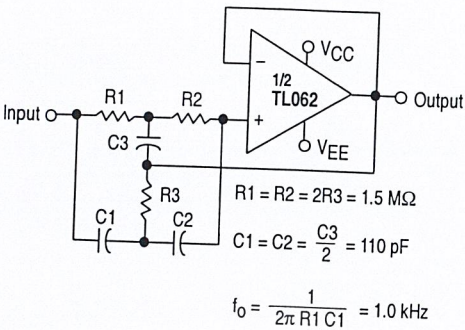


Figure 21. Instrumentation Amplifier

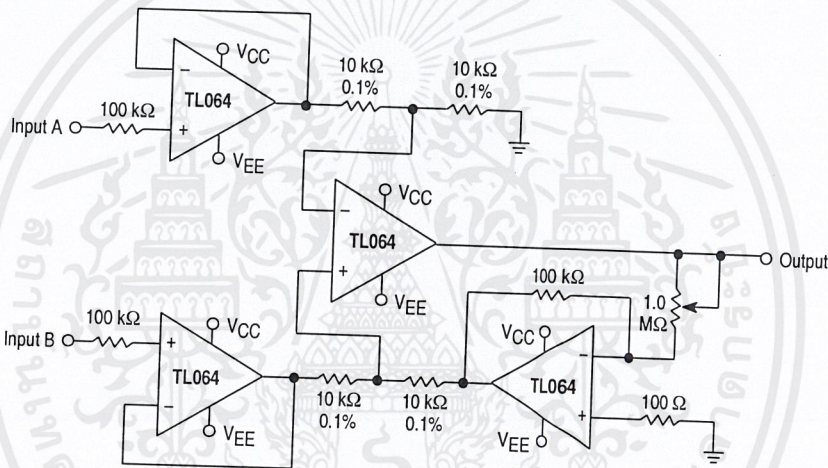


Figure 22. 0.5 Hz Square-Wave Oscillator

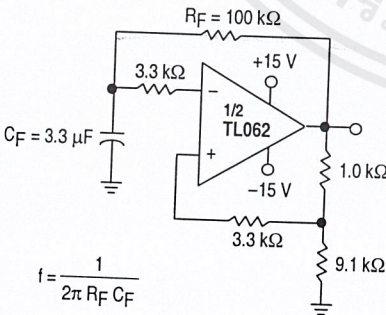
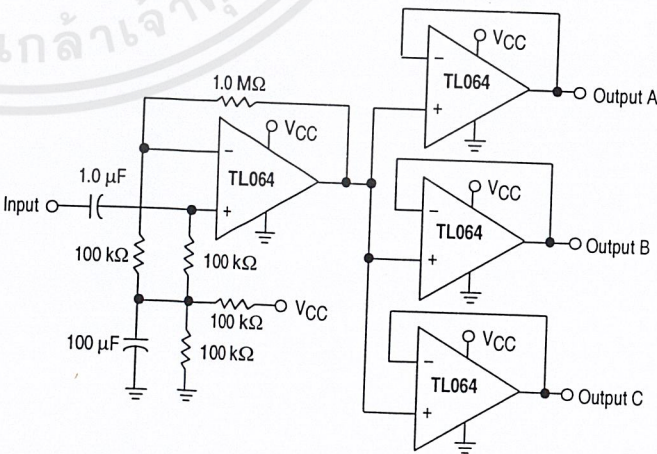
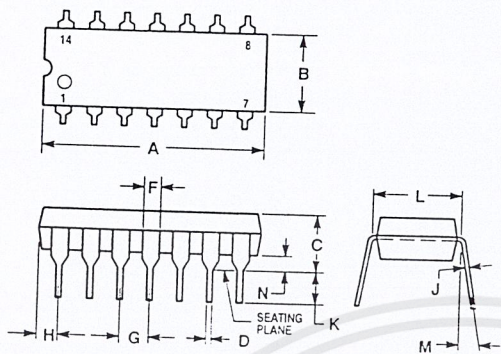


Figure 23. Audio Distribution Amplifier



OUTLINE DIMENSIONS

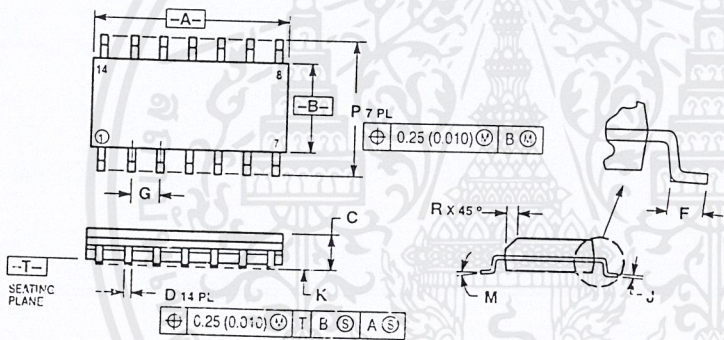
N SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 646-06
ISSUE L



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

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.715	0.770	18.16	19.55
B	0.240	0.260	6.10	6.60
C	0.145	0.165	3.69	4.69
D	0.015	0.021	0.38	0.53
F	0.040	0.070	1.02	1.78
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.052	0.095	1.32	2.41
J	0.006	0.015	0.20	0.38
K	0.115	0.135	2.92	3.43
L	0.300 BSC		7.62 BSC	
M	0°	10°	0°	10°
N	0.015	0.039	0.39	1.01

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



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

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	8.55	8.75	0.337	0.344
B	3.80	4.00	0.150	0.157
C	1.35	1.75	0.054	0.069
D	0.53	0.45	0.014	0.012
F	0.45	1.25	0.018	0.049
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
J	0.19	0.25	0.008	0.009
K	0.10	0.25	0.004	0.009
M	0°	7°	0°	7°
P	5.60	6.20	0.220	0.244
R	0.25	0.50	0.010	0.019



ICL7106, ICL7107, ICL7106S, ICL7107S

January 1998

3¹/₂ Digit,
LCD/LED Display, A/D Converters

Features

- Guaranteed Zero Reading for 0V Input on All Scales
- True Polarity at Zero for Precise Null Detection
- 1pA Typical Input Current
- True Differential Input and Reference, Direct Display Drive
 - LCD ICL7106, LED ICL7107
- Low Noise - Less Than 15µV_{p-p}
- On Chip Clock and Reference
- Low Power Dissipation - Typically Less Than 10mW
- No Additional Active Circuits Required
- Enhanced Display Stability (ICL7106S, ICL7107S)

Ordering Information

PART NO.	TEMP. RANGE (°C)	PACKAGE	PKG. NO.
ICL7106CPL	0 to 70	40 Ld PDIP	E40.6
ICL7106RCPL	0 to 70	40 Ld PDIP (Note)	E40.6
ICL7106CM44	0 to 70	44 Ld MQFP	Q44.10x10
ICL7106SCPL	0 to 70	40 Ld PDIP	E40.6
ICL7107SCPL	0 to 70	40 Ld PDIP	E40.6
ICL7107CPL	0 to 70	40 Ld PDIP	E40.6
ICL7107RCPL	0 to 70	40 Ld PDIP (Note)	E40.6
ICL7107CM44	0 to 70	44 Ld MQFP	Q44.10x10

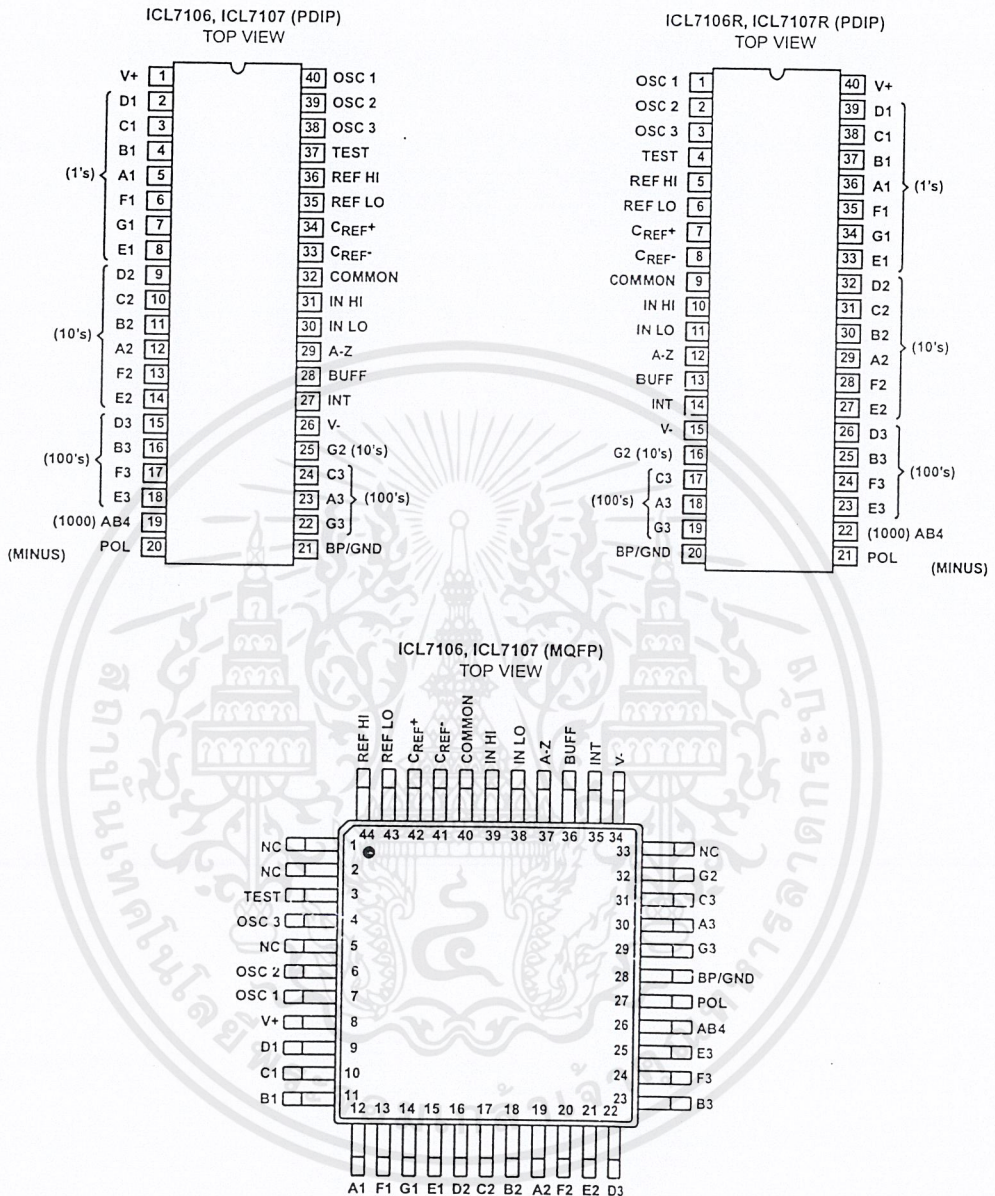
NOTE: "R" indicates device with reversed leads for mounting to PC board underside. "S" indicates enhanced stability.

Description

The Intersil ICL7106 and ICL7107 are high performance, low power, 3¹/₂ digit A/D converters. Included are seven segment decoders, display drivers, a reference, and a clock. The ICL7106 is designed to interface with a liquid crystal display (LCD) and includes a multiplexed backplane drive; the ICL7107 will directly drive an instrument size light emitting diode (LED) display.

The ICL7106 and ICL7107 bring together a combination of high accuracy, versatility, and true economy. It features auto-zero to less than 10µV, zero drift of less than 1µV/°C, input bias current of 10pA (Max), and rollover error of less than one count. True differential inputs and reference are useful in all systems, but give the designer an uncommon advantage when measuring load cells, strain gauges and other bridge type transducers. Finally, the true economy of single power supply operation (ICL7106), enables a high performance panel meter to be built with the addition of only 10 passive components and a display.

Pinouts



Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage	
ICL7106, V+ to V-	15V
ICL7107, V+ to GND	6V
ICL7107, V- to GND	-9V
Analog Input Voltage (Either Input) (Note 1)	V+ to V-
Reference Input Voltage (Either Input)	V+ to V-
Clock Input	
ICL7106	TEST to V+
ICL7107	GND to V+

Thermal Information

Thermal Resistance (Typical, Note 2)	θ_{JA} (°C/W)
PDIP Package	50
MQFP Package	80
Maximum Junction Temperature	150°C
Maximum Storage Temperature Range	-65°C to 150°C
Maximum Lead Temperature (Soldering 10s)	300°C
(MQFP - Lead Tips Only)	

Operating Conditions

Temperature Range	0°C to 70°C
-----------------------------	-------------

CAUTION: Stresses above those listed in "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress only rating and operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

NOTES:

- 1. Input voltages may exceed the supply voltages provided the input current is limited to $\pm 100\mu A$.
- 2. θ_{JA} is measured with the component mounted on an evaluation PC board in free air.

Electrical Specifications (Note 3)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
SYSTEM PERFORMANCE					
Zero Input Reading	$V_{IN} = 0.0V$, Full Scale = 200mV	-000.0	± 000.0	+000.0	Digital Reading
Stability (Last Digit) (ICL7106S, ICL7107S Only)	Fixed Input Voltage (Note 7)	-000.0	± 000.0	+000.0	Digital Reading
Ratiometric Reading	$V_{IN} = V_{REF}$, $V_{REF} = 100mV$	999	999/1000	1000	Digital Reading
Rollover Error	$-V_{IN} = +V_{IN} \cong 200mV$ Difference in Reading for Equal Positive and Negative Inputs Near Full Scale	-	± 0.2	± 1	Counts
Linearity	Full Scale = 200mV or Full Scale = 2V Maximum Deviation from Best Straight Line Fit (Note 6)	-	± 0.2	± 1	Counts
Common Mode Rejection Ratio	$V_{CM} = 1V$, $V_{IN} = 0V$, Full Scale = 200mV (Note 6)	-	50	-	$\mu V/V$
Noise	$V_{IN} = 0V$, Full Scale = 200mV (Peak-To-Peak Value Not Exceeded 95% of Time)	-	15	-	μV
Leakage Current Input	$V_{IN} = 0$ (Note 6)	-	1	10	pA
Zero Reading Drift	$V_{IN} = 0$, 0°C To 70°C (Note 6)	-	0.2	1	$\mu V/^\circ C$
Scale Factor Temperature Coefficient	$V_{IN} = 199mV$, 0°C To 70°C, (Ext. Ref. 0ppm/°C) (Note 6)	-	1	5	ppm/°C
End Power Supply Character V+ Supply Current	$V_{IN} = 0$ (Does Not Include LED Current for ICL7107)	-	1.0	1.8	mA
End Power Supply Character V- Supply Current	ICL7107 Only	-	0.6	1.8	mA
COMMON Pin Analog Common Voltage	25k Ω Between Common and Positive Supply (With Respect to + Supply)	2.4	3.0	3.2	V
Temperature Coefficient of Analog Common	25k Ω Between Common and Positive Supply (With Respect to + Supply)	-	80	-	ppm/°C
DISPLAY DRIVER ICL7106 ONLY					
Peak-To-Peak Segment Drive Voltage	V+ = to V- = 9V (Note 5)	4	5.5	6	V
Peak-To-Peak Backplane Drive Voltage					

Electrical Specifications (Note 3) (Continued)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
DISPLAY DRIVER ICL7107 ONLY					
Segment Sinking Current (Except Pins 19 and 20)	V+ = 5V, Segment Voltage = 3V	5	8	-	mA
Pin 19 Only		10	16	-	mA
Pin 20 Only		4	7	-	mA

- NOTES:
- 3. Dissipation rating assumes device is mounted with all leads soldered to printed circuit board.
 - 4. Unless otherwise noted, specifications apply to both the ICL7106 and ICL7107 at $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, $f_{\text{CLOCK}} = 48\text{kHz}$. ICL7106 is tested in the circuit of Figure 1. ICL7107 is tested in the circuit of Figure 2.
 - 5. Back plane drive is in phase with segment drive for 'off' segment, 180 degrees out of phase for 'on' segment. Frequency is 20 times conversion rate. Average DC component is less than 50mV.
 - 6. Not tested, guaranteed by design.
 - 7. Sample Tested.

Typical Applications and Test Circuits

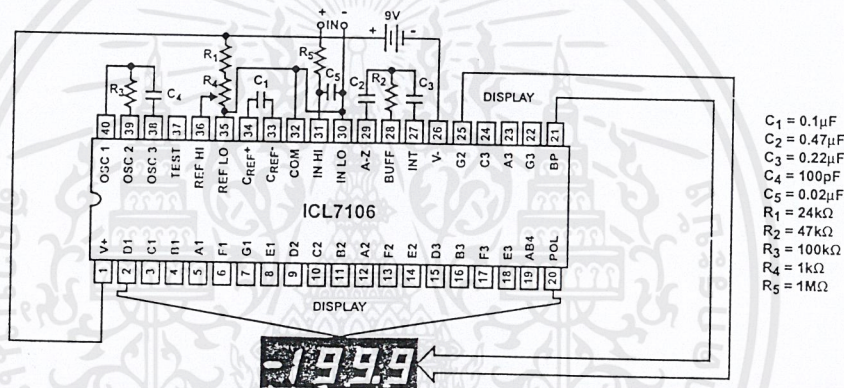


FIGURE 1. ICL7106 TEST CIRCUIT AND TYPICAL APPLICATION WITH LCD DISPLAY COMPONENTS SELECTED FOR 200mV FULL SCALE

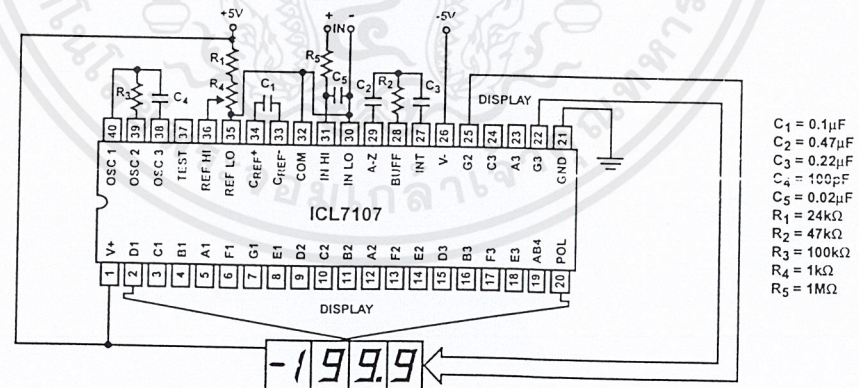
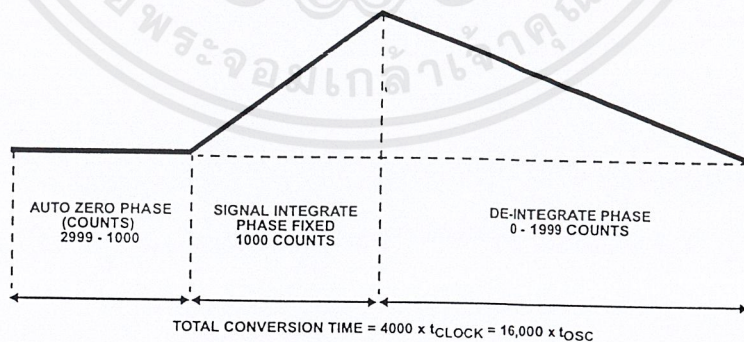


FIGURE 2. ICL7107 TEST CIRCUIT AND TYPICAL APPLICATION WITH LED DISPLAY COMPONENTS SELECTED FOR 200mV FULL SCALE

Design Information Summary Sheet

- **OSCILLATOR FREQUENCY**
 $f_{OSC} = 0.45/RC$
 $C_{OSC} > 50pF$; $R_{OSC} > 50k\Omega$
 $f_{OSC} (Typ) = 48kHz$
- **OSCILLATOR PERIOD**
 $t_{OSC} = RC/0.45$
- **INTEGRATION CLOCK FREQUENCY**
 $f_{CLOCK} = f_{OSC}/4$
- **INTEGRATION PERIOD**
 $t_{INT} = 1000 \times (4/f_{OSC})$
- **60/50Hz REJECTION CRITERION**
 t_{INT}/t_{60Hz} or $t_{INT}/t_{50Hz} = \text{Integer}$
- **OPTIMUM INTEGRATION CURRENT**
 $I_{INT} = 4\mu A$
- **FULL SCALE ANALOG INPUT VOLTAGE**
 $V_{INFS} (Typ) = 200mV$ or $2V$
- **INTEGRATE RESISTOR**
 $R_{INT} = \frac{V_{INFS}}{I_{INT}}$
- **INTEGRATE CAPACITOR**
 $C_{INT} = \frac{(t_{INT})(I_{INT})}{V_{INT}}$
- **INTEGRATOR OUTPUT VOLTAGE SWING**
 $V_{INT} = \frac{(t_{INT})(I_{INT})}{C_{INT}}$
- **V_{INT} MAXIMUM SWING:**
 $(V_- + 0.5V) < V_{INT} < (V_+ - 0.5V)$ $V_{INT} (Typ) = 2V$
- **DISPLAY COUNT**
 $COUNT = 1000 \times \frac{V_{IN}}{V_{REF}}$
- **CONVERSION CYCLE**
 $t_{CYC} = t_{CLOCK} \times 4000$
 $t_{CYC} = t_{OSC} \times 16,000$
 when $f_{OSC} = 48kHz$; $t_{CYC} = 333ms$
- **COMMON MODE INPUT VOLTAGE**
 $(V_- + 1V) < V_{IN} < (V_+ - 0.5V)$
- **AUTO-ZERO CAPACITOR**
 $0.01\mu F < C_{AZ} < 1\mu F$
- **REFERENCE CAPACITOR**
 $0.1\mu F < C_{REF} < 1\mu F$
- **V_{COM}**
 Biased between V_i and V_- .
- **$V_{COM} \approx V_+ - 2.8V$**
 Regulation lost when V_+ to $V_- < \approx 6.8V$
 If V_{COM} is externally pulled down to $(V_+ + V_-)/2$, the V_{COM} circuit will turn off.
- **ICL7106 POWER SUPPLY: SINGLE 9V**
 $V_+ - V_- = 9V$
 Digital supply is generated internally
 $V_{GND} \approx V_+ - 4.5V$
- **ICL7106 DISPLAY: LCD**
 Type: Direct drive with digital logic supply amplitude.
- **ICL7107 POWER SUPPLY: DUAL $\pm 5.0V$**
 $V_+ = +5V$ to GND
 $V_- = -5V$ to GND
 Digital Logic and LED driver supply V_+ to GND
- **ICL7107 DISPLAY: LED**
 Type: Non-Multiplexed Common Anode

Typical Integrator Amplifier Output Waveform (INT Pin)



Typical Applications

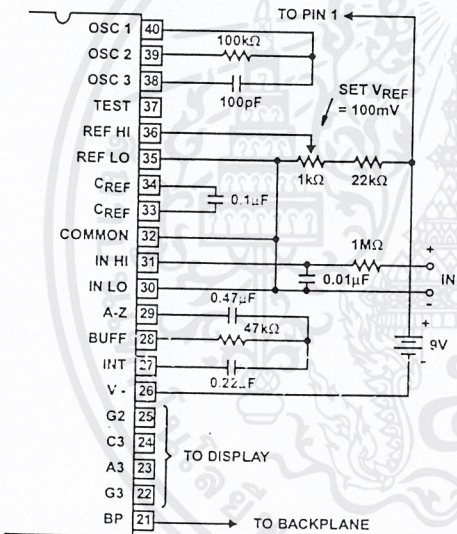
The ICL7106 and ICL7107 may be used in a wide variety of configurations. The circuits which follow show some of the possibilities, and serve to illustrate the exceptional versatility of these A/D converters.

The following application notes contain very useful information on understanding and applying this part and are available from Intersil Corporation.

Application Notes

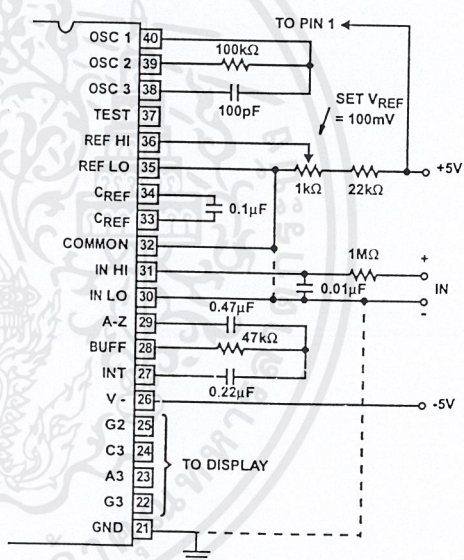
NOTE #	DESCRIPTION	AnswerFAX DOC. #
AN016	"Selecting A/D Converters"	9016
AN017	"The Integrating A/D Converter"	9017
AN018	"Do's and Don'ts of Applying A/D Converters"	9018
AN023	"Low Cost Digital Panel Meter Designs"	9023
AN032	"Understanding the Auto-Zero and Common Mode Performance of the ICL7136/7/9 Family"	9032
AN046	"Building a Battery-Operated Auto Ranging DVM with the ICL7106"	9046
AN052	"Tips for Using Single Chip 3 ¹ / ₂ Digit A/D Converters"	9052

Typical Applications



Values shown are for 200mV full scale, 3 readings/sec., floating supply voltage (9V battery).

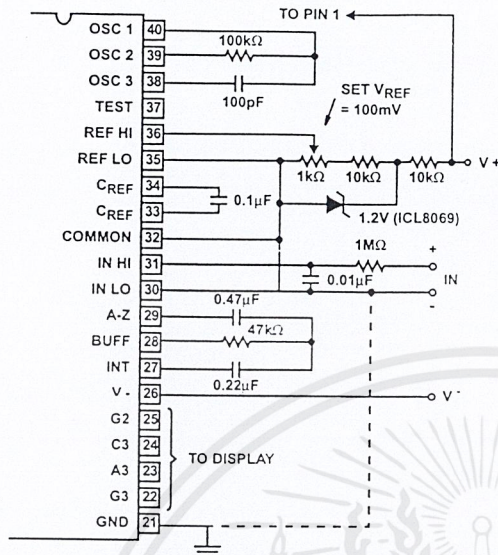
FIGURE 11. ICL7106 USING THE INTERNAL REFERENCE



Values shown are for 200mV full scale, 3 readings/sec. IN LO may be tied to either COMMON for inputs floating with respect to supplies, or GND for single ended inputs. (See discussion under Analog COMMON.)

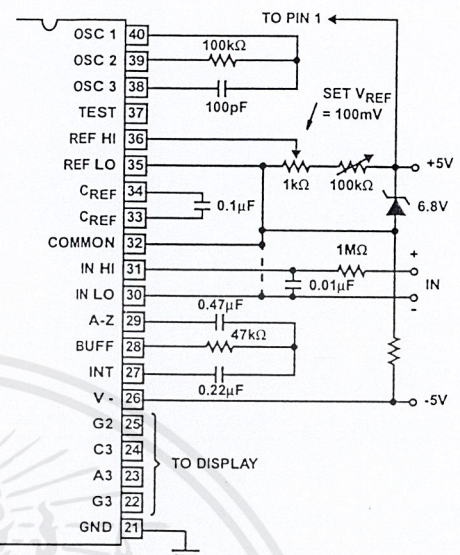
FIGURE 12. ICL7107 USING THE INTERNAL REFERENCE

Typical Applications (Continued)



IN LO is tied to supply COMMON establishing the correct common mode voltage. If COMMON is not shorted to GND, the input voltage may float with respect to the power supply and COMMON acts as a pre-regulator for the reference. If COMMON is shorted to GND, the input is single ended (referred to supply GND) and the pre-regulator is overridden.

FIGURE 13. ICL7107 WITH AN EXTERNAL BAND-GAP REFERENCE (1.2V TYPE)



Since low TC zeners have breakdown voltages ~ 6.8V, diode must be placed across the total supply (10V). As in the case of Figure 14, IN LO may be tied to either COMMON or GND.

FIGURE 14. ICL7107 WITH ZENER DIODE REFERENCE

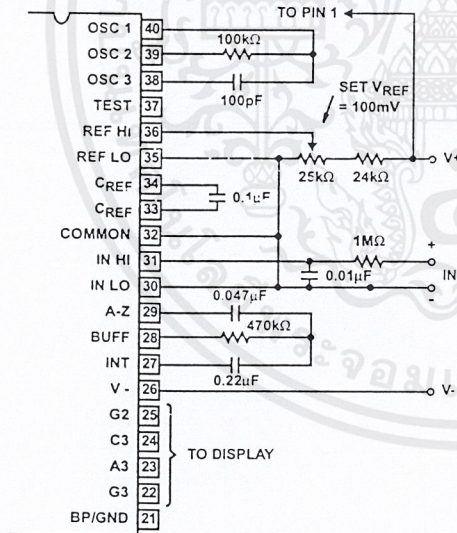
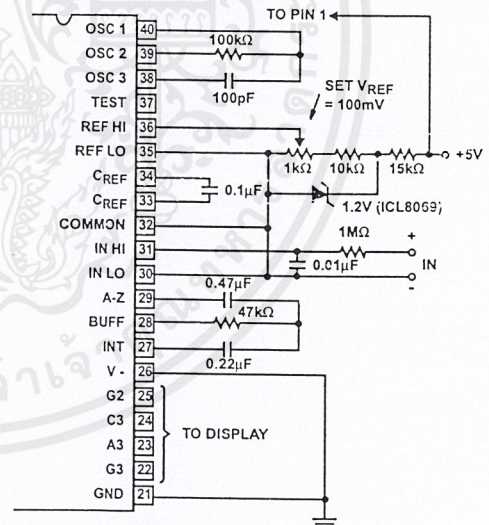


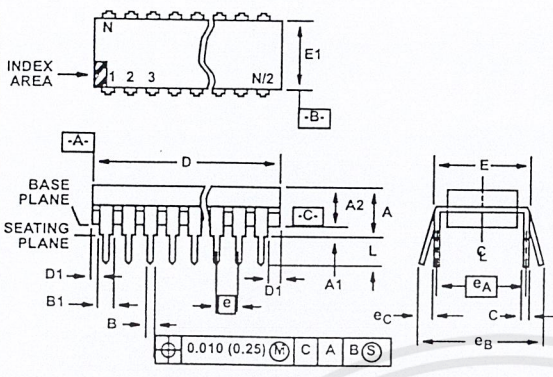
FIGURE 15. ICL7106 AND ICL7107: RECOMMENDED COMPONENT VALUES FOR 2V FULL SCALE



An external reference must be used in this application, since the voltage between V+ and V- is insufficient for correct operation of the internal reference.

FIGURE 16. ICL7107 OPERATED FROM SINGLE +5V

Dual-In-Line Plastic Packages (PDIP)



E40.6 (JEDEC MS-011-AC ISSUE B)
40 LEAD DUAL-IN-LINE PLASTIC PACKAGE

SYMBOL	INCHES		MILLIMETERS		NOTES
	MIN	MAX	MIN	MAX	
A	-	0.250	-	6.35	4
A1	0.015	-	0.39	-	4
A2	0.125	0.195	3.18	4.95	-
B	0.014	0.022	0.356	0.558	-
B1	0.030	0.070	0.77	1.77	8
C	0.008	0.015	0.204	0.381	-
D	1.980	2.095	50.3	53.2	5
D1	0.005	-	0.13	-	5
E	0.600	0.625	15.24	15.87	6
E1	0.485	0.580	12.32	14.73	5
e	0.100 BSC		2.54 BSC		-
eA	0.600 BSC		15.24 BSC		6
eB	-	0.700	-	17.78	7
L	0.115	0.200	2.93	5.08	4
N	40		40		9

- NOTES:
1. Controlling Dimensions: INCH. In case of conflict between English and Metric dimensions, the inch dimensions control.
 2. Dimensioning and tolerancing per ANSI Y14.5M-1982.
 3. Symbols are defined in the "MO Series Symbol List" in Section 2.2 of Publication No. 95.
 4. Dimensions A, A1 and L are measured with the package seated in JEDEC seating plane gauge GS-3.
 5. D, D1, and E1 dimensions do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed 0.010 inch (0.25mm).
 6. E and eA are measured with the leads constrained to be perpendicular to datum -C-.
 7. eB and eC are measured at the lead tips with the leads unconstrained. eC must be zero or greater.
 8. B1 maximum dimensions do not include dambar protrusions. Dambar protrusions shall not exceed 0.010 inch (0.25mm).
 9. N is the maximum number of terminal positions.
 10. Corner leads (1, N, N/2 and N/2 + 1) for E8.3, E16.3, E18.3, E28.3, E42.6 will have a B1 dimension of 0.030 - 0.045 inch (0.76 - 1.14mm).

Rev. 0 12/93

บรรณานุกรม

กลุ่ม NCS. **ออฟแอมป์**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์. 2535

กิตติพงศ์ มะโน. **เอกสารประกอบการเรียน วิชาการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์**. ภาควิชาครุศาสตร์
วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาด
กระบัง.

เจน สงสมพันธุ์. **เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ 1**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สถาบันอิเล็กทรอนิกส์กรุงเทพ
รังสิต. 2538

พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ และวัฒนา โพธิ์เจริญ. **เอกสารประกอบการเรียนวิชา อิเล็กทรอนิกส์ทาง
การแพทย์**. ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอม-
เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อนันต์ คัมภีรานนท์. **อิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม 1**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์บริษัทสยาม สปอร์ต ชิน-
ดิเคต จำกัด. 2538

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายจักรกฤษณ์ แร่ทอง
วันเดือนปีเกิด	วันที่ 17 กันยายน พ.ศ. 2522
สถานที่เกิด	จังหวัดนครศรีธรรมราช
ภูมิลำเนาเดิม	บ้านเลขที่ 52 หมู่ 3 ตำบลนาไม้ไผ่ อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 52 หมู่ 3 ตำบลนาไม้ไผ่ อำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช
โทรศัพท์	075 – 420505
ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านหนองหว้า
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนทุ่งสง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคตรัง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตเทคนิค กรุงเทพฯ
ปริญญาตรี	สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	ทำวันนี้ให้ดีที่สุด

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายณัฐพงศ์ แซ่หรือ
วันเดือนปีเกิด	วันที่ 24 สิงหาคม พ.ศ. 2522
สถานที่เกิด	จังหวัดระยอง
ภูมิลำเนาเดิม	บ้านเลขที่ 63 ถนนตากวน-หาดทรายทอง ตำบลมาบตาพุด อำเภอเมือง จังหวัดระยอง
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 63 ถนนตากวน-หาดทรายทอง ตำบลมาบตาพุด อำเภอเมือง จังหวัดระยอง
โทรศัพท์	038-608407

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านมาบตาพุด
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนมาบตาพุดพันพิทยาคาร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคระยอง
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคระยอง
ปริญญาตรี	สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คดีพจน์	เพื่อลูก

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายมารุต การสมเจตน์
วันเดือนปีเกิด	วันที่ 8 พฤศจิกายน พ.ศ. 2522
สถานที่เกิด	จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
ภูมิลำเนาเดิม	บ้านเลขที่ 3 หมู่ 1 ตำบลบ้านคลัง
	อำเภอบางบาล จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 64 หมู่ 3 ตำบลกบเจา
	อำเภอบางบาล จังหวัดพระนครศรีอยุธยา
โทรศัพท์	035 - 307658

ประวัติการศึกษา	
ประถมศึกษา	โรงเรียนลุมพลีชนูปถัมภ์
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนอิสลามศรีอยุธยามูลนิธิ
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคพระนครศรีอยุธยา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคพระนครศรีอยุธยา
ปริญญาตรี	สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
ทุนการศึกษา	-
คติพจน์	ลำบากในวันนี้ ดีกว่าลำบากในวันหน้า

ประวัติผู้แต่ง



ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์

นายสว่าง วงษ์ชะวะ

วันเดือนปีเกิด

วันที่ 8 ตุลาคม พ.ศ. 2522

สถานที่เกิด

จังหวัดลำปาง

ภูมิลำเนาเดิม

บ้านเลขที่ 36/1 หมู่ 4 ตำบลแม่ถอด

ที่อยู่ปัจจุบัน

อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง

บ้านเลขที่ 36/1 หมู่ 4 ตำบลแม่ถอด

อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง

โทรศัพท์

-

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา

โรงเรียนบ้านแม่แก้ว

มัธยมศึกษาตอนต้น

โรงเรียนเถินวิทยา

ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)

วิทยาลัยเทคนิคลำปาง

ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)

วิทยาลัยเทคนิคลำปาง

ปริญญาตรี

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

ผลงานที่ได้รับรางวัล

-

ทุนการศึกษา

-

คติพจน์

ความยุติธรรมอยู่ที่ไหน ระบบประชาธิปไตย

ต้องไปถึงที่นั่น