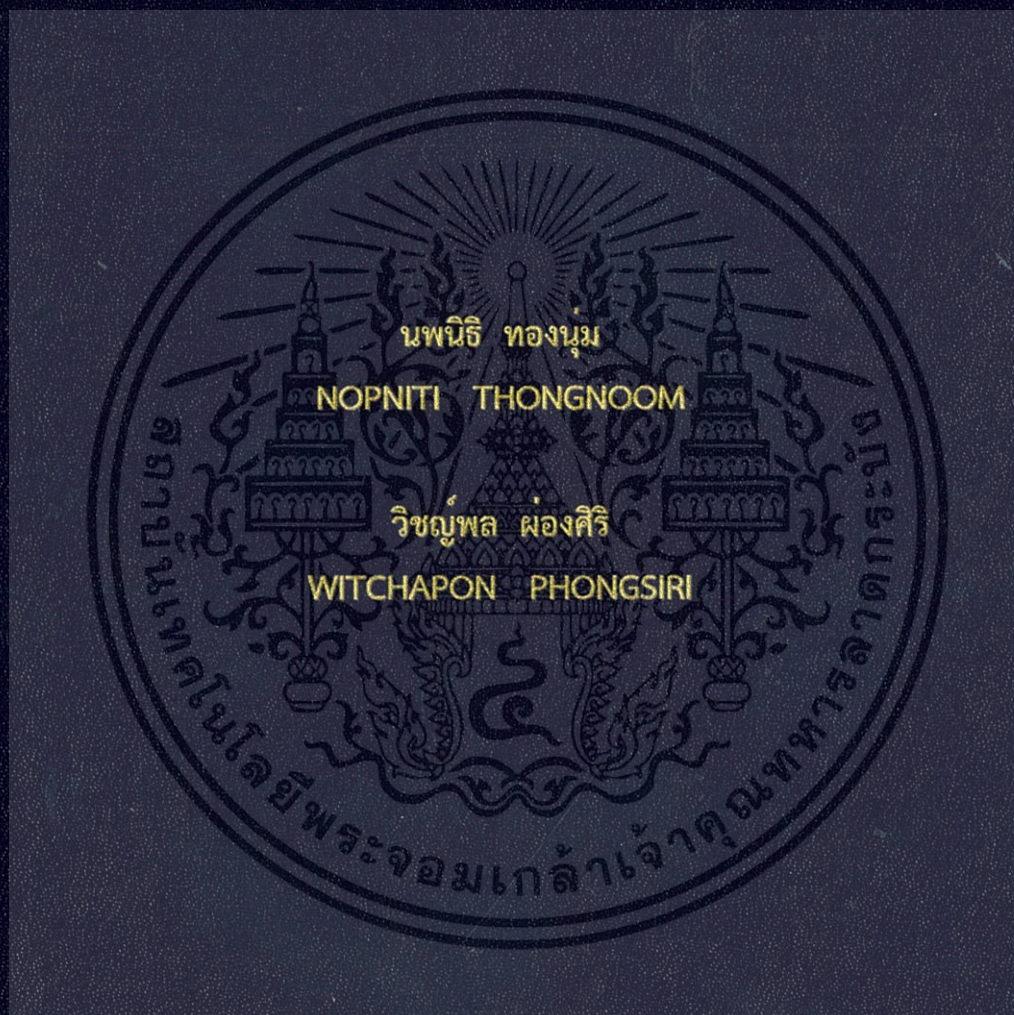


เครื่องวัดความดันโลหิต

BLOOD PRESSURE MEASUREMENT



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2557

เครื่องวัดความดันโลหิต

BLOOD PRESSURE MEASUREMENT

โดย

นายพนนธิ ทองนุ่ม

นายวิษณุพล ผ่องศิริ

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.เทอดศักดิ์ ลีวหาทอง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2557

สาขา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องวัดความดันโลหิต

Blood Pressure Measurement

ผู้จัดทำ

นายพนินิ ทองนุ้ม

รหัสนักศึกษา 54010660

นายวิษณุพล ผ่องศิริ

รหัสนักศึกษา 54011190

ปริญญานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว



(ดร.เทอดศักดิ์ ลีวหาทอง)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์
นักศึกษา

เครื่องวัดความดันโลหิต

นายพนนิ ทงนุ้ม รหัสประจำตัว 54010660

นายวิษณุพล ผ่องศิริ รหัสประจำตัว 54011190

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

ปีการศึกษา

2557

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

ดร.เทอดศักดิ์ ลีวาททอง

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องวัดความดันโลหิต โดยเครื่องนี้ประกอบด้วย ถังผ้าพันแขน มอเตอร์บีบลม เซ็นเซอร์วัดแรงดัน วงจรขยายสัญญาณ วงจรกรองสัญญาณวงจร และส่วนของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยหลักการทำงานของอุปกรณ์นั้นเราจะเริ่มบีบลมเข้าไป แล้วจะใช้เซ็นเซอร์ส่งสัญญาณอนาล็อกไปเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วตัวคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณไปควบคุมมอเตอร์ให้บีบที่แรงดันสูงสุด โดยมีจุดประสงค์เพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ป่วยเพื่อที่จะสามารถใช้งานได้เองที่บ้าน ซึ่งจะช่วยประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย

Thesis Title	Blood Pressure Measurement
Student	Mr.Nopniti Thongnoom Student ID.54010660 Mr.Witchapon Phongsiri Student ID.54011190
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Electronics Engineering
Year	2014
Thesis Advisor	Dr.Thurdsak Leauhatong

Abstract

This thesis is to study about components of blood pressure measurement such as circuit device (DC and AC signal) , sensor of Blood Pressure , DC Motor, Amplifier, Filter and a microcontroller, DC and AC signal from the sensor will be sent to the microcontroller then will be deliver to control the DC Motor to gain a maximum pressure. In addition, it serves patient who cannot afford the Hospital Medical Attention and Charges

กิตติกรรมประกาศ

เครื่องวัดความดันโลหิตนี้ มีความคืบหน้าอย่างต่อเนื่องและสามารถสำเร็จลุล่วงโดยสมบูรณ์
นั้นทางผู้จัดทำได้รับความอนุเคราะห์และความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ดร.เทอดศักดิ์ ลีวาทอง
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ และจากบุคคลหลายท่านด้วยกัน ทางผู้จัดทำจึงขอขอบคุณ อาจารย์เทอด
ศักดิ์ ลีวาทอง และ อาจารย์ทุกท่าน ที่คอยให้ความรู้ คำปรึกษา และคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อ
โครงการนี้ ทำให้โครงการนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณ เพื่อน ทุกๆ คนที่คอยแนะแนวทางในการ
ดำเนินงาน ให้ความช่วยเหลือในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น



นายพนนธิ ทองนุ่ม

นายวิษณุพล ผ่องศิริ

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ.....	i
ABSTRACT.....	ii
กิตติกรรมประกาศ.....	iii
สารบัญ.....	iv
สารบัญรูป.....	vii
สารบัญตาราง.....	ix
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 หลักการและเหตุผล.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	1
1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	1
บทที่ 2 ทฤษฎี.....	2
2.1 ความดันโลหิต.....	2
2.1.1 ความดันโลหิตสูง (Hypertension).....	3
2.1.2 ความดันโลหิตต่ำ (Hypotension).....	3
2.1.3 วิธีการวัดความดันโลหิต.....	5
2.1.4 การวัดความดันโลหิตด้วยวิธีออสซิลอเมตริก.....	7
2.2 วงจรกรองความถี่ (Filter Circuit).....	8
2.2.1 วงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำ (Low Pass Filter: LPF).....	8

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.2.2 วงจรกรองสัญญาณความถี่สูง (High Pass Filter: HPF).....	10
2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller).....	11
2.4 USB (Universal Serial Bus).....	12
2.5 การสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม.....	12
บทที่ 3 การออกแบบวงจรและการทำงาน.....	14
3.1 เครื่องวัดความดันโลหิต.....	15
3.1.1 Pressure sensor และ Instrument amplifier.....	15
3.1.2 Band-pass Filter.....	16
3.1.2.1 วงจรกรองความถี่สูงผ่าน.....	16
3.1.2.2 วงจรขยายสัญญาณ.....	17
3.1.2.3 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน.....	17
3.1.3 AC Coupling Stage.....	19
3.1.4 Adaptive Comparator.....	19
3.1.5 ส่วน Microcontroller.....	19
3.1.5.1 แผนผังการทำงานของเครื่องวัดความดันโลหิต.....	20
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	22
4.1 การวัดความดันโลหิต.....	22
4.1.1 ลำดับขั้นตอนการทดลอง.....	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.1.2 วัตต์สัญญาณออสซิลโลเมตริกที่ผ่านวงจร Band-Pass Filter.....	23
4.1.3 การทดลองเพื่อสังเกตความแม่นยำของอุปกรณ์.....	24
4.1.4 การทดลองส่งผ่าน USB.....	25
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	26
สรุป.....	26
วิจารณ์ผลการทดลอง.....	26
เอกสารอ้างอิง.....	27
ภาคผนวก.....	28

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การทำงานของหัวใจซึ่งเป็นต้นตอของความดันเลือดในร่างกายคน.....	2
2.2 ตำแหน่งการพันผ้ารัดแขน	6
2.3 ตำแหน่งการหาค่าความดัน Systolic, Diastolic และ Mean.....	7
2.4 วงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำ	8
2.5 วงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำอันดับต่างๆ.....	9
2.6 วงจรกรองสัญญาณความถี่สูงอันดับต่างๆ.....	10
2.7 ข้อมูลขนาด 8 บิต บิตเริ่มต้นและบิตหยุดที่ใช้ในการโอนย้ายข้อมูลแบบอนุกรม.....	13
3.1 บล็อกไดอแกรมการทำงานของเครื่องวัดความดันโลหิตระบบดิจิทัล.....	14
3.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Output voltage กับ Differential input pressure.....	15
3.3 วงจรขยายผลต่าง (Differential Amplifier).....	16
3.4 High-Pass-Filter.....	16
3.5 Amplifier.....	17
3.6 Low-Pass-Filter.....	17
3.7 วงจร AC Coupling stage.....	18
3.8 วงจร Adaptive Comparator.....	19
3.9 วงจร Microcontroller.....	19
3.10 แผนผังการทำงานของเครื่องวัดความดัน.....	20

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.1 Pressure signal(Channel1) and Oscillometric signal(Channel2).....	23
4.2 Oscillometric signal (Channel2) and Pulse signal (Channel1).....	23
4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันที่วัดได้กับความดันอ้างอิงที่ต้องการวัด.....	24
4.4 ค่าความดันโลหิตที่วัดได้.....	25
4.5 เมื่อส่งค่าที่วัดได้ไปเก็บไว้ที่ฐานข้อมูล.....	25



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ความดันโลหิตในระดับต่างๆ.....	4
2.2 ความดันโลหิตปกติตามช่วงอายุ.....	4
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันขาออกจากInstrument Amplifier ที่ความดันต่างๆ.....	22
4.2 การเปรียบเทียบความแม่นยำของอุปกรณ์.....	24



บทที่ 1 บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

เนื่องจากในปัจจุบันมีผู้ป่วยที่เจ็บป่วยจากโรคร้ายต่างๆเป็นจำนวนมาก อาทิเช่น โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจ เป็นต้น จำเป็นต้องทำการตรวจวัดร่างกายอยู่เป็นประจำ จึงทำให้ผู้ป่วยต้องเสียเวลาไปทำการตรวจวัดร่างกายตามโรงพยาบาลหรือคลินิก จึงได้จัดทำเครื่องวัดความดันโลหิตขึ้นซึ่งสามารถตรวจวัดค่าได้ด้วยตนเองที่บ้านหรือ ณ สถานที่แห่งใดก็ตาม โดยไม่จำเป็นต้องไปซื้อเครื่องมือราคาแพงที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อศึกษากระบวนการวัดความดัน ด้วยวิธี Oscillometric
- 1.2.2 ออกแบบเครื่องวัดความดันโลหิตและที่ผู้ป่วยสามารถใช้งานได้ด้วยตัวเอง
- 1.2.3 ผู้ป่วยสามารถวัดความดันได้เองที่บ้าน

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.3.1 เข้าใจกระบวนการวัดความดันด้วยวิธี Oscillometric
- 1.3.2 ทำให้ผู้ป่วยสามารถตรวจเช็คสุขภาพได้ที่บ้านหรือที่ทำงานเป็นประจำทุกวัน
- 1.3.3 ผู้ป่วยประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลาในการเดินทางไปตรวจเช็คสุขภาพที่โรงพยาบาล
- 1.3.4 สามารถศึกษาและออกแบบวงจรเครื่องวัดความดันโลหิตได้

บทที่ 2

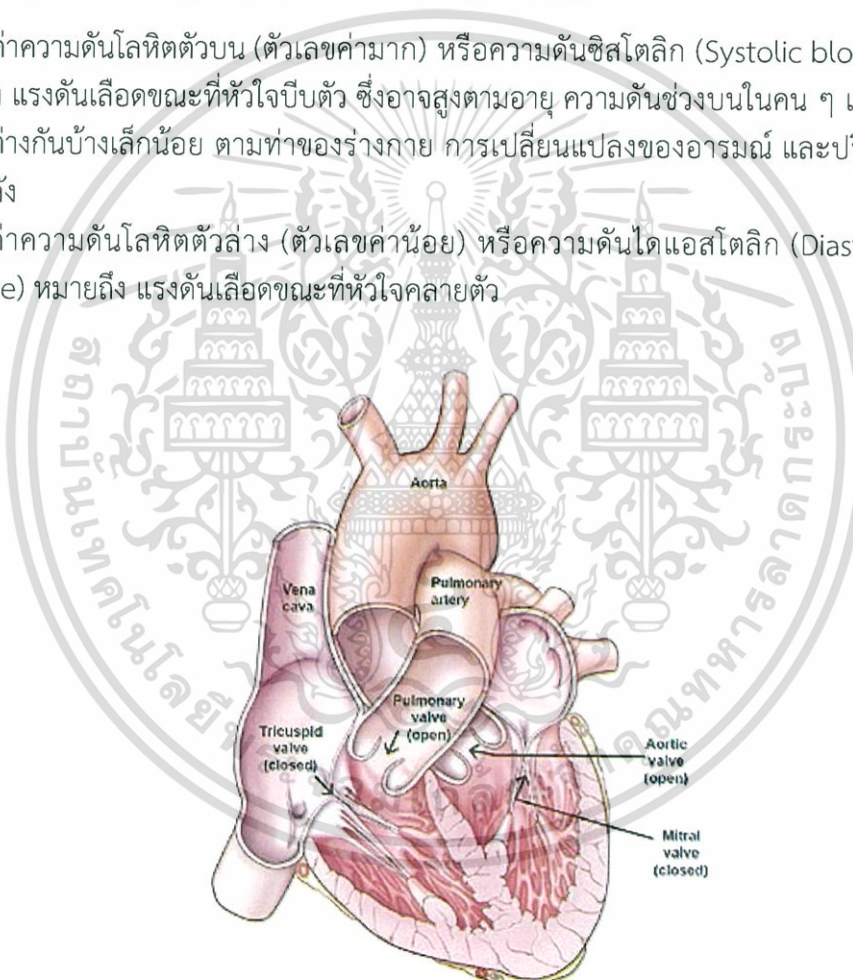
ทฤษฎี

2.1 ความดันโลหิต

ความดันโลหิต คือ แรงดันของกระแสเลือดที่กระทบต่อผนังหลอดเลือด ซึ่งเกิดจากการสูบฉีดของหัวใจ (คล้ายแรงลมที่ดันผนังยางเวลาสูบลมเข้า) ซึ่งสามารถวัดโดยใช้เครื่องวัดความดัน (Sphygmomanometer) วัดที่แขน และมีค่าที่วัดได้ 2 ค่า คือ

ค่าความดันโลหิตตัวบน (ตัวเลขค่ามาก) หรือความดันซิสโตลิก (Systolic blood pressure) หมายถึง แรงดันเลือดขณะที่หัวใจบีบตัว ซึ่งอาจสูงตามอายุ ความดันช่วงบนในคน ๆ เดียวกัน อาจมีค่าแตกต่างกันบ้างเล็กน้อย ตามท่าของร่างกาย การเปลี่ยนแปลงของอารมณ์ และปริมาณของการออกกำลังกาย

ค่าความดันโลหิตตัวล่าง (ตัวเลขค่าน้อย) หรือความดันไดแอสโตลิก (Diastolic blood pressure) หมายถึง แรงดันเลือดขณะที่หัวใจคลายตัว



รูปที่ 2.1 แสดงการทำงานของหัวใจซึ่งเป็นต้นตอของความดันเลือดในร่างกายคน

ในปัจจุบันได้มีการกำหนดค่าความดันโลหิต และระดับความรุนแรงของโรคความดันโลหิตสูง สำหรับผู้ที่มีอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป (โดยการวัดในท่านั่ง วัดอย่างน้อย 2 ครั้งขึ้นไป แล้วคิดค่าเฉลี่ย)

1. ปัจจุบันความดันโลหิตที่เรียกว่า "เหมาะสม" ในผู้ใหญ่ที่อายุมากกว่า 18 ปี คือ ตัวบนไม่เกิน 120 มิลลิเมตรปรอท และตัวล่างไม่เกิน 80 มิลลิเมตรปรอท เรียกสั้น ๆ ว่า 120/80
2. ความดันโลหิตที่ "อยู่ในเกณฑ์ปกติ" คือ 120-129/80-84 มิลลิเมตรปรอท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ความดันโลหิตสูงเล็กน้อย แต่ยังอยู่ในเกณฑ์ปกติ คือ 130-139/85-89 มิลลิเมตรปรอท
4. ความดันโลหิตสูง คือ ความดันโลหิตตัวบนมากกว่า (หรือเท่ากับ) 140 และตัวล่างมากกว่า (หรือเท่ากับ) 90 มิลลิเมตรปรอท อย่างไรก็ตามก่อนที่จะเรียกว่าผู้ป่วยมีความดันโลหิตสูงได้นั้น แพทย์จะต้องวัดซ้ำหลาย ๆ ครั้ง หลังจากให้ผู้ป่วยพักแล้ว วัดซ้ำจนกว่าจะแน่ใจว่าสูงจริง และที่สำคัญเทคนิคการวัดต้องถูกต้องด้วย

2.1.1 ความดันโลหิตสูง (Hypertension)

ความดันโลหิตสูง (อังกฤษ: Hypertension) เป็นโรคเรื้อรังชนิดหนึ่งซึ่งผู้ป่วยมีความดันเลือดในหลอดเลือดแดงสูงกว่าปกติทำให้หัวใจต้องบีบตัวมากขึ้นเพื่อสูบฉีดเลือดให้ไหลเวียนไปตามหลอดเลือด ความดันเลือดประกอบด้วยสองค่า ได้แก่ ความดันในหลอดเลือดขณะที่หัวใจบีบตัว และ ความดันในหลอดเลือดขณะที่หัวใจคลายตัว ความดันเลือดปกติขณะพักอยู่ในช่วง 100-140 มิลลิเมตรปรอท ในช่วงหัวใจบีบ และ 60-90 มิลลิเมตรปรอทในช่วงหัวใจคลาย ดังนั้นผู้ที่มีภาวะความดันโลหิตสูงจึงหมายถึงผู้ที่มีความดันเลือดเท่ากับหรือสูงกว่า 140/90 มิลลิเมตรปรอท

ความดันโลหิตสูง แบ่งออกได้เป็นความดันโลหิตสูงปฐมภูมิ (ไม่ทราบสาเหตุ) และความดันโลหิตสูงแบบทุติยภูมิ ผู้ป่วยส่วนใหญ่ราวร้อยละ 90-95 จัดเป็นความดันโลหิตสูงปฐมภูมิ หมายถึงมีความดันโลหิตสูงโดยไม่มีสาเหตุชัดเจน ที่เหลืออีกร้อยละ 5-10 เป็นความดันโลหิตสูงแบบทุติยภูมิ มักจะมีสาเหตุจากภาวะอื่นที่มีผลต่อไต หลอดเลือดแดง หัวใจ หรือระบบต่อมไร้ท่อ

ความดันโลหิตสูงเป็นปัจจัยเสี่ยงสำคัญของโรคหลอดเลือดสมอง กล้ามเนื้อหัวใจตายเหตุขาดเลือด หัวใจวาย หลอดเลือดโป่งพอง (เช่นหลอดเลือดแดงใหญ่เออเออตาร์โป่งพอง) โรคของหลอดเลือดส่วนปลาย และเป็นสาเหตุของโรคไตเรื้อรัง ความดันโลหิตที่สูงในระดับปานกลางก็มีความสัมพันธ์กับอายุขัยที่สั้นลง การปรับเปลี่ยนวิถีชีวิตและพฤติกรรมการกินอาหารสามารถช่วยลดความดันเลือดและลดความเสี่ยงจากภาวะแทรกซ้อนต่างๆ ดังกล่าวได้ แต่สำหรับผู้ป่วยที่รักษาด้วยการปรับเปลี่ยนวิถีชีวิตแล้วไม่ได้ผลหรือไม่เพียงพอจำเป็นต้องรักษาด้วยยา

2.1.2 ความดันโลหิตต่ำ (Hypotension)

โรคความดันโลหิตต่ำพบน้อยกว่าโรคความดันโลหิตสูงผู้ที่มีความดันโลหิตต่ำมีอันตรายน้อยกว่าผู้ที่มีความดันโลหิตสูง และมีการดำเนินชีวิตที่สบายกว่า ผู้ป่วยที่มีความดันโลหิตต่ำจะวัดได้ดังนี้ สำหรับชายและผู้หญิง Systolic Pressure 80-100 มิลลิเมตรปรอท Diastolic Pressure 50-60 มิลลิเมตรปรอท สาเหตุของความดันโลหิตต่ำ ยังไม่มีคำอธิบายที่แน่นอน แต่ส่วนใหญ่เป็นพันธุกรรมหรือเป็นมาแต่กำเนิดหรือไม่ทราบสาเหตุแน่นอนเรียกว่า Idiopathic Hypotension

อาการ ส่วนใหญ่ของผู้ป่วยที่มีความดันโลหิตต่ำ มักไม่มีอาการอะไรมากนัก อาการสำคัญคือจะมีอาการเวียนหัวง่าย เวลาลุกขึ้นยืนเร็วๆ เช่นเวลานั่งยองๆ แล้วลุกขึ้นยืน หรือกำลังนอนอยู่แล้วลุกขึ้นเร็วๆ จะเกิดอาการเวียนหัวเป็นครั้งคราวชั่วระยะหนึ่ง แล้วบางครั้งก็ถูกตื้อแต่ถ้านอนหรือนอนไม่พอก็จะมีอาการเวียนหัวและอ่อนเพลียด้วย เมื่อเปลี่ยนจากท่านอนเป็นลุกขึ้นนั่งหรือยืน จะมีอาการหน้ามืดวิงเวียนจะเป็นลมเนื่องจากเลือดไปเลี้ยง สมองไม่พอ อาจมีคลื่นไส้ อาเจียน ตาพร่า ตาลายร่วมด้วย แต่สักครู่หนึ่งก็หายเป็นปกติ การวัดความดันโลหิต มักพบว่าความดันซิสโตลิก (ช่วง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บน) ที่วัดในทำยีนต่ำกว่า ทำนอนมากกว่า 30 มิลลิเมตรปรอท เช่น ในทำนอนวัดได้ 130/80 แต่ในทำยีนจะวัดได้ 90/60

ตารางที่ 2.1 ความดันโลหิตในระดับต่างๆ

ระดับความดันโลหิต		DIA	คำแนะนำ
ระดับอันตราย	180 ขึ้นไป	110 ขึ้นไป	พบแพทย์ โดยด่วน
สูงมาก และ อันตราย	160-180	100-110	พบแพทย์
สูงมาก	140-160	90-100	พบแพทย์
ค่อนข้างสูง	130-140	85-90	ปรึกษาแพทย์
ปกติ	120-130	80-85	ตรวจเช็คสม่ำเสมอ
เหมาะสม	120	80	ตรวจเช็คสม่ำเสมอ

ตารางที่ 2.2 ความดันโลหิตปกติตามช่วงอายุ

อายุ	ความดัน(มิลลิเมตรปรอท)
3-6 ปี	90/60
7-17 ปี	110/70
18-44 ปี	120/80
45-64 ปี	150/90
64 ปีขึ้นไป	160/90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 วิธีการวัดความดันโลหิต

วิธีการวัดและข้อควรปฏิบัติก่อนการวัดความดันโลหิต

1. การจัดสิ่งแวดล้อม

สถานที่ใช้ตรวจต้องเงียบและเป็นส่วนตัว และต้องไม่มีปัจจัยที่จะทำให้ความดันโลหิตผันแปร

- 1.1 เครื่องวัดต้องอยู่ในแนวสายตา หากสูงหรือต่ำไปจะทำให้การวัดคลาดเคลื่อน
- 1.2 ความสูงของโต๊ะ เมื่อผู้ป่วยนั่งบนเก้าอี้และวางมือบนโต๊ะ แขนควรอยู่ในระดับหัวใจ ควรปรับความสูงของโต๊ะเพื่อให้ได้ตำแหน่งดังกล่าว
- 1.3 ผู้ป่วยนั่งบนเก้าอี้ แขนที่จะวัดอยู่ในระดับหัวใจ

2. การเตรียมการวัดและการพัก

เพื่อจัดการกับสิ่งที่จะทำให้การวัดความดันโลหิตผิดพลาดควรจะแนะนำผู้ป่วยดังนี้

- 2.1 อุณหภูมิห้องต้องไม่ร้อนหรือหนาวเกินไป
- 2.2 ไม่ควรใส่เสื้อแขนยาวขณะวัดความดันโลหิต
- 2.3 ขณะวัดไม่ควรมีความเครียด อาการเจ็บปวด ไม่ปวดปัสสาวะ
- 2.4 ไม่ควรวัดความดันหลังอาหาร
- 2.5 ต้องดื่บหรี่และกาแฟก่อนวัดความดันโลหิต 30 นาที
- 2.6 ให้นั่งพัก 5 นาทีห้ามนั่งไขว่ห้าง หลังพียงพนัก เฝ้าอยู่บนพื้น

3. การเลือกขนาดของผ้าพันรัดแขน

ขนาดของผ้าพันรอบแขนจะมีผลต่อความดันขนาดที่เหมาะสมคือความกว้างต้องประมาณ 40% ของเส้นรอบวงแขน ความยาวต้องอย่างน้อย 80% หากขนาดผ้าเล็กไปจะทำให้ค่าความดันโลหิตสูงเกินไป ปกติจะให้วัดแขนขวาเสมอ

- 3.1 รอบแขน 22–26 cm, ใช้ผ้าขนาด "small adult" ขนาด 12 - 22 cm.
- 3.2 รอบแขน 27–34 cm, ใช้ผ้าขนาด "adult" ขนาด 16 - 30 cm.
- 3.3 รอบแขน 35–44 cm, ใช้ผ้าขนาด "large adult" ขนาด 16 - 36 cm.
- 3.4 รอบแขน 45–52 cm, ใช้ผ้าขนาด "adult thigh" ขนาด 16 - 42 cm.

4. การพันผ้ารัดแขน

- 4.1 ควรจะแนะนำให้ผู้ป่วยใส่เสื้อแขนสั้นเมื่อมาวัดความดัน
- 4.2 หากจะใส่เสื้อแขนยาวให้เป็นเสื้อคลุมที่สามารถถอดออกได้ง่าย
- 4.3 ไม่ควรใช้วิธีรัดแขนเสื้อขึ้นไปเพราะจะทำให้ค่าความดันโลหิตที่วัดได้ไม่ถูกต้อง
- 4.4 ให้คล้องหลอดเลือดแดงที่แขนแล้วพันผ้าโดยให้ศูนย์กลางของผ้ากดทับเส้นเลือด
- 4.5 ขณะพันต้องพันอย่างสม่ำเสมอไม่พันแน่นหรือหลวมเกินไป ปลายผ้าจะอยู่เหนือข้อศอก
- 2.5 ซม
- 4.6 ระหว่างการใช้หูฟังระวังสัมผัสกับผ้าจะทำให้เกิดเสียงหลอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ตำแหน่งการพันผ้ารัดแขน

5. การเพิ่มความดันเข้าในผ้าก่อนที่จะวัดความดันโลหิตเรายังไม่ทราบว่าคุณมีความดันโลหิตสูงหรือต่ำ

- 5.1 เราจะใช้วิธีคลำหลอดเลือดแดงที่แขน
- 5.2 พันผ้าให้ตรงกลางของผ้าตรงกับแนวทางของหลอดเลือดแดง
- 5.3 แล้วบีบจนกระทั่งความดันไปอยู่ที่ 60 มิลลิเมตรปรอท แล้วบีบลมเข้าไปทีละ 10 มิลลิเมตรปรอทจนกระทั่งคลำชีพจรไม่ได้
- 5.4 แล้วจึงปล่อยลมออกด้วยอัตรา 2 มิลลิเมตรปรอท
- 5.5 จดค่าความดันที่เริ่มคลำได้ชีพจร
- 5.6 หลังจากนั้นจึงใช้หูฟังวางบนเส้นเลือดและบีบลมจนความดันสูงกว่าค่าที่จดไว้ 10 มิลลิเมตรปรอทแล้วจึงปล่อยลมด้วยอัตราเร็ว 2 มิลลิเมตรปรอท/วินาที
- 5.7 เสียงแรกที่ได้ยินคือค่าความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (systolic) อีกค่าหนึ่งให้จดค่าความดันที่เสียงการเต้นหายไปเรียก (diastolic)
- 5.8 ให้วัดความดันโลหิตค่า systolic/diastolic
- 5.9 อีก 2 นาทีให้วัดความดันโลหิตซ้ำ ถ้าครั้งแรกและครั้งที่สองห่างกันเกิน 5 มิลลิเมตรปรอทให้วัดครั้งที่ สาม
- 5.10 ระหว่างการวัดความดันโลหิตไม่ควรจะมีการพูดคุย

6. ท่าที่ใช้วัดความดันโลหิตมีผลต่อค่าที่วัดได้ดังนี้

- 6.1 เมื่อวัดความดันท่านั่ง ความดัน diastolic จะสูงกว่าท่านอน 5 มิลลิเมตรปรอท
- 6.2 เมื่อวัดความดันท่านั่ง ความดัน systolic จะสูงกว่าท่านอน 8 มิลลิเมตรปรอท
- 6.3 ความดันท่านั่งโดยที่ไม่ได้ฟังพนักความดัน diastolic จะสูงขึ้น 6 มิลลิเมตรปรอท
- 6.4 การวัดความดันโลหิตเมื่อนั่งไขว่ห้าง ความดัน systolic จะสูงขึ้น 6-8 มิลลิเมตรปรอท
- 6.5 แขนสูงกว่าหัวใจ ค่าความดันโลหิตที่วัดได้จะต่ำกว่าปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควรจะวัดความดันกี่ครั้ง

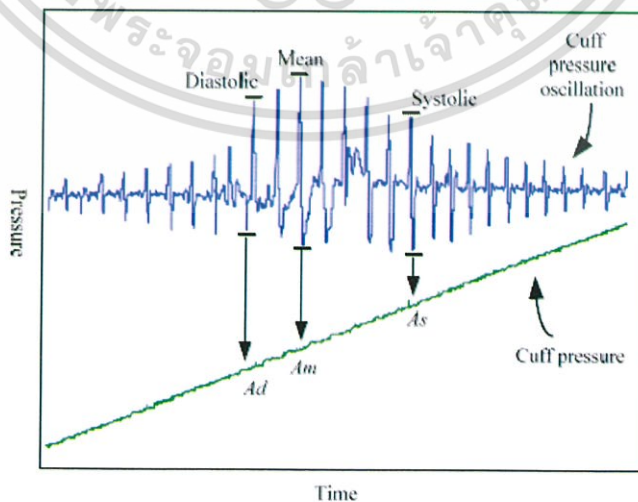
การวัดความดันหลายครั้งจะมีความแม่นยำมากกว่าการวัดความดันเพียงครั้งเดียว ค่าที่วัดได้ครั้งแรกจะสูงสุด ให้วัดซ้ำ อีกหนึ่งนาที่ต่อมา หากทั้งสองค่าห่างกันมากกว่า 5 มิลลิเมตรปรอท ก็ให้วัดครั้งที่ 3 แล้วหาค่าเฉลี่ย

การวัดความดันที่บ้านด้วยตัวเอง

การวัดความดันด้วยตัวเองที่บ้านได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นเนื่องจากเครื่องวัดความดันโลหิตได้มาตรฐานเพิ่มขึ้น ราคาไม่แพงมาก การวัดก็สามารถทำได้ง่าย ปัจจุบันเครื่องเหล่านี้เป็นแบบ Oscillometric Device การวัดให้วัด 3 ค่าแล้วหาค่าเฉลี่ย เครื่องที่ดีควรจะมีหน่วยความจำและสามารถพิมพ์รายงานเพื่อป้องกันคนไข้ที่จะ บอกเฉพาะค่าความดันที่ดี ค่าความดันโลหิตที่วัดที่บ้านจะต่ำกว่าค่าที่วัดจากโรงพยาบาล จากการศึกษาพบว่าค่าความดันโลหิตที่วัดจากบ้านมีความสัมพันธ์โรคแทรกซ้อน ประโยชน์ที่ได้รับจากการวัดความดันโลหิตที่บ้าน

2.1.4 การวัดความดันโลหิตด้วยวิธีออสซิลโลเมตริก

การวัดความดันโลหิตด้วยวิธีออสซิลโลเมตริกเป็นวิธีการวัดความดันโลหิตโดยอ้อมที่มีความนิยมมากที่สุดวิธีหนึ่ง มีหลักการคือจะใช้คัพ (Cuff) ทำการปิดกั้นการไหลของหลอดเลือดแดงเป็นการชั่วคราวด้วยความดันที่สูงกว่าแล้วค่อยๆ ลดความดันที่ปิดกั้นลงมาจนถึงบางช่วงขณะที่ความดันในหลอดเลือดสูงกว่าความดันปิดกั้น หลอดโลหิตจะเปิดและโลหิตสามารถไหลผ่านได้ ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับความดัน Systolic และความดัน Diastolic วิธี Oscillometric นี้จะให้ค่า Mean ได้ถูกต้องมากที่สุด แต่มีข้อเสียคือ ให้ค่า Diastolic ที่ถูกต้องน้อยกว่า



รูปที่ 2.3 ตำแหน่งการหาค่าความดัน Systolic, Diastolic และ Mean

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งที่มีแอมพลิจูดสูงสุด (A_m) ซึ่งจะเป็นตำแหน่งเดียวกันกับค่า Mean blood pressure และตำแหน่งที่เกิด Systolic blood pressure (A_s) จะมีแอมพลิจูดเป็น 0.5 เท่า (Systolic ratio) ของตำแหน่งที่มีการสั้นสูงสุด (A_s/A_m) ทำนองเดียวกันตำแหน่งที่เกิด Diastolic blood pressure (A_d) จะมีแอมพลิจูดเป็น 0.8 เท่า (Diastolic ratio) ของตำแหน่งที่มีการสั้นสูงสุด (A_d/A_m) ถึงแม้ว่าวิธีออสซิลโลเมตริกเป็นวิธีที่มีความแม่นยำในการวัดค่า Mean แต่ก็ยังมีข้อเสียคือ ต้องใช้ cuff ที่มีขนาดมาตรฐานและหากมีการเคลื่อนไหวขณะทำการวัดก็จะทำให้ได้ค่าที่ไม่ถูกต้องหรือไม่สามารถวัดได้เลย

2.2 วงจรกรองความถี่ (Filter Circuit)

วงจรกรองความถี่หรือฟิลเตอร์ (Filter) คือวงจรไฟฟ้าที่ยอมให้สัญญาณไฟฟ้าที่ความถี่ใด ๆ ความถี่หนึ่งหรือช่วงความถี่ใดความถี่หนึ่งเท่านั้นผ่านไปได้ ส่วนความถี่อื่นหรือช่วงความถี่อื่น ๆ นอกเหนือจากที่กำหนดจะถูกกลดทอนไปซึ่งจะเป็นช่วงความถี่ใดนั้นจะขึ้นอยู่กับการออกแบบวงจร

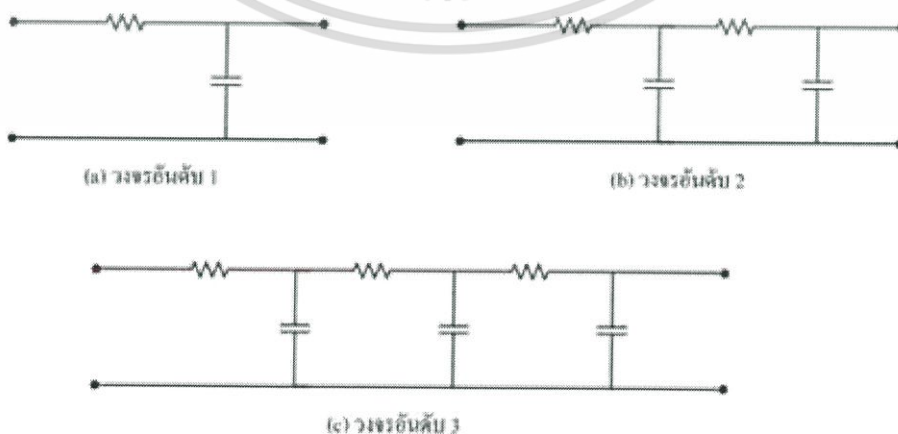
วงจรกรองความถี่มีด้วยกัน 2 แบบ คือ

1. แบบ Passive คือวงจรที่ประกอบขึ้นด้วยอุปกรณ์แบบพาสซีฟ ซึ่งหมายถึงอุปกรณ์ที่สามารถทำงานได้โดยไม่ต้องมีการกระตุ้นด้วยไฟฟ้าเพื่อให้ทำงาน ซึ่งได้แก่ อุปกรณ์ประเภท ตัวต้านทาน (R) ตัวเก็บประจุ (C) และ ขดลวดเหนี่ยวนำ (L)

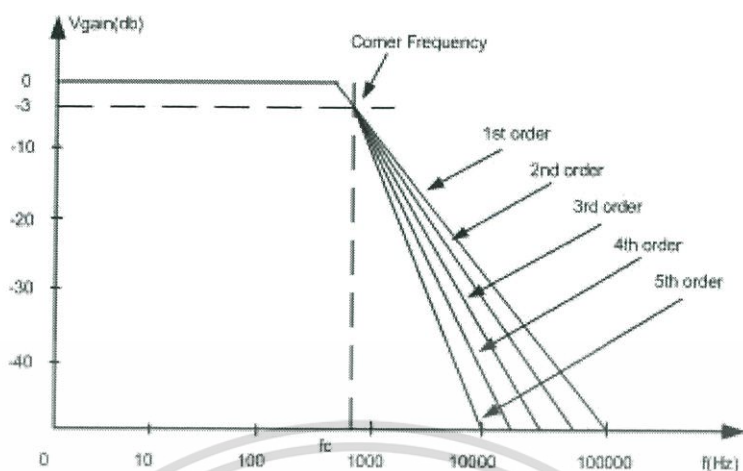
2. แบบ Active คือ วงจรที่ประกอบขึ้นด้วยอุปกรณ์ที่ต้องการไฟฟ้า เพื่อกระตุ้นการทำงานของตัวอุปกรณ์ ซึ่งได้แก่ อุปกรณ์ประเภท ทรานซิสเตอร์ หรือ ไอซี

2.2.1 วงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำ (Low Pass Filter: LPF)

หมายถึง วงจรที่จะยอมให้สัญญาณความถี่ตั้งแต่ 0 Hz ถึงความถี่ที่กำหนดผ่านไปได้ ส่วนความถี่ตั้งแต่ที่กำหนดสูงขึ้นไปเรื่อย ๆ จะลดทอนไปตามลำดับ ลักษณะของวงจรมีตั้งแต่อันดับหนึ่งขึ้นไป ดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 2.4 วงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 วงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำอันดับต่างๆและกราฟแสดงผลการตอบสนองต่ออัตราขยายเชิงความถี่

จากรูปวงจรเมื่อทำการป้อนความถี่ต่ำเข้าวงจร ที่ C จะมีค่า X_C สูง ทำให้ความถี่ต่ำไหลผ่าน R ที่มีค่าความต้านทานน้อยกว่า X_C ได้สะดวก ระดับสัญญาณ Output จึงผ่านได้มาก แต่เมื่อความถี่สูงกว่าจุดที่กำหนด ค่า X_C จะลดลง ทำให้ความถี่ผ่านขดลวดได้ลดลง บางส่วนที่ผ่านไปได้ก็จะถูก C ดึงลงกราวด์ ระดับสัญญาณ Output จึงผ่านได้น้อยมาก

ในทางทฤษฎีวงจรกรองความถี่ต่ำจะยอมให้สัญญาณใดๆ ที่มีความถี่ตั้งแต่ 0 Hz จนถึงความถี่ที่กำหนดซึ่งเรียกว่า ความถี่คัทออฟ หรือ ความถี่ขอบเขต (Cutoff Frequency) ผ่านไปได้โดยไม่มีการลดทอนของสัญญาณ และถ้าความถี่ของสัญญาณเข้ามีค่าเกินที่กำหนดไว้ สัญญาณออกควรจะมีค่าเป็นศูนย์ แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถจะทำได้ เนื่องจากการตอบสนองสัญญาณที่ความถี่ต่างๆ ของอุปกรณ์ประเภทพาสซีฟ จะเป็นแบบค่อยเป็นค่อยไปไม่เปลี่ยนแปลงทันทีทันใด ดังนั้นผลที่ได้จึงเป็นดังรูปที่ 1 คือเมื่อสัญญาณมีความถี่สูงขึ้นวงจรจะลดสัญญาณลงไปเรื่อยๆ จนกระทั่งจะลดลงในอัตราคงที่ค่าหนึ่ง

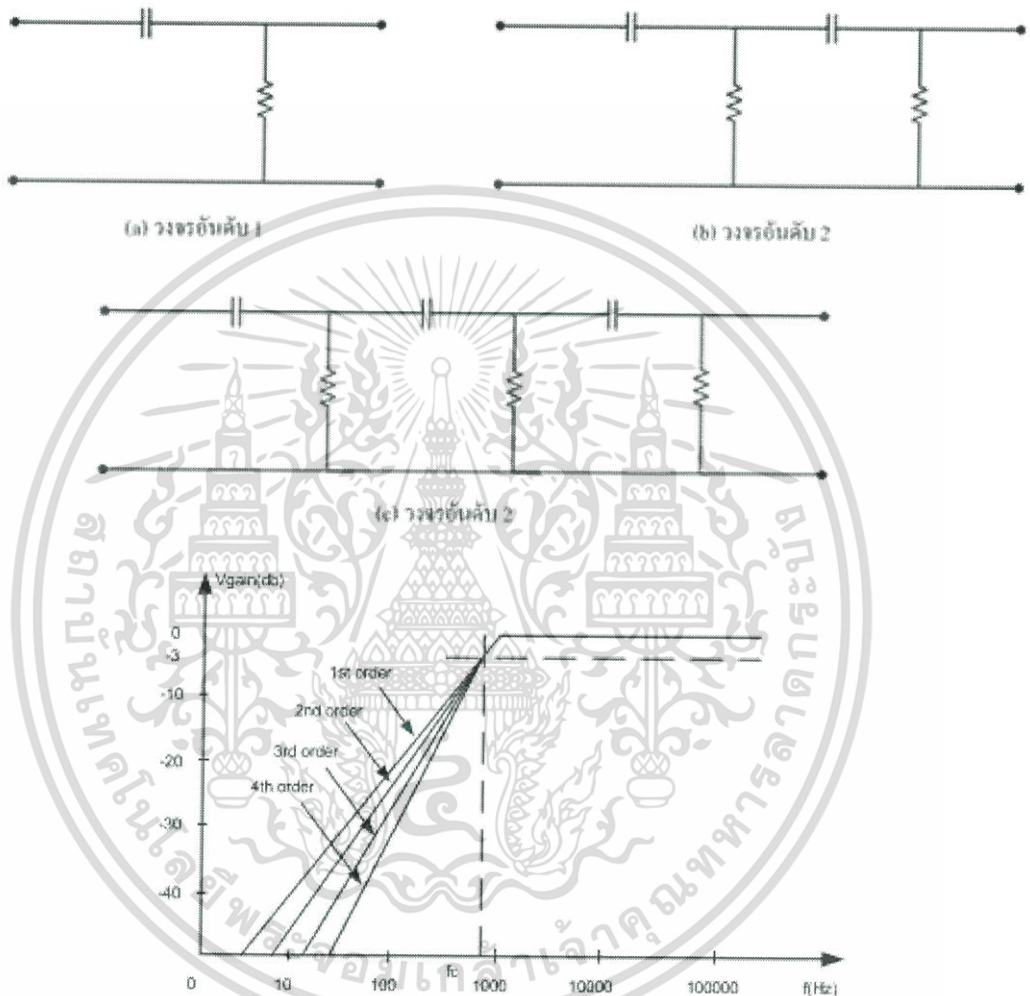
ขั้นตอนการคำนวณวงจรกรองความถี่ต่ำ

สิ่งที่ต้องพิจารณาเป็นพิเศษสำหรับการออกแบบวงจรฟิลเตอร์ชนิดกรองความถี่ต่ำผ่านก็คือ ค่าความถี่คัทออฟ ω_c ที่ต้องการใช้งาน ซึ่งความถี่คัทออฟหาได้จากสมการ

$$\omega_c = \frac{1}{RC} = 2\pi f_c \quad (2.1)$$

2.2.2 วงจรกรองสัญญาณความถี่สูง (High Pass Filter: HPF)

มีคุณสมบัติตรงกันข้ามกับวงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำ คือการตอบสนองต่อสัญญาณของวงจรจะยอมให้สัญญาณความถี่สูงผ่านและลดทอนสัญญาณความถี่ต่ำ ซึ่งแสดงวงจรและกราฟตอบสนองอัตราขยายแรงดันความถี่ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2.6 วงจรกรองสัญญาณความถี่สูงอันดับต่างๆ และกราฟแสดงผลการตอบสนองต่ออัตราขยายเชิงความถี่

จากรูปจะเห็นว่า C ต่ออนุกรมกับวงจร ส่วน R ต่อขนานกับวงจร เมื่อป้อนความถี่ต่ำกว่าเข้ามา C จะมีค่า X_C สูง ทำให้สัญญาณผ่านไปได้น้อย ทำให้สัญญาณที่ผ่านมาจาก C ลงกราวด์ได้หมด แต่เมื่อความถี่สูงขึ้น C จะมีค่า X_C ลดลง สัญญาณจะผ่านได้มากขึ้น สัญญาณก็จะลงกราวด์น้อยลง เพราะมี R กันไว้ สัญญาณที่ออกไปยัง Output จะมีมากขึ้นจนถึงระดับความแรงของสัญญาณประมาณ 70.7 % ของความแรงสูงสุด ระดับนี้เองที่เราเรียกว่า ช่วงความถี่ Cut off เมื่อความถี่สูงกว่า ความถี่ นี้จะยอมให้สัญญาณผ่านได้สะดวกและค่า R จะต้านสัญญาณไม่ให้ลงกราวด์ ความถี่จึงผ่านไปจุด Output ได้ทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

เป็นอุปกรณ์ไอซี (IC: Integrated Circuit) ที่สามารถโปรแกรมการทำงานได้ซับซ้อน สามารถรับข้อมูลในรูปแบบสัญญาณดิจิทัลเข้าไปทำการประมวลผลแล้วส่งผลลัพธ์ข้อมูลดิจิทัลออกมาเพื่อนำไปใช้งานตามต้องการได้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ภายในชิพจะมีหน่วยความจำ, Port อยู่ในชิพเพียงตัวเดียวซึ่งอาจจะเรียกได้ว่าเป็นคอมพิวเตอร์ชิพเดียว ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นไมโครโพรเซสเซอร์ชนิดหนึ่ง เช่นเดียวกับหน่วยประมวลผลกลาง (CPU: Central Processing Unit) ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ แต่ได้รับการพัฒนาแยกออกมาภายหลังเพื่อนำไปใช้ในวงจรทางด้านงานควบคุมคือ แทนที่ในการใช้งานจะต้องต่อวงจรภายนอกต่างๆ เพิ่มเติมเช่นเดียวกับไมโครโพรเซสเซอร์ ก็จะทำการรวมวงจรที่จำเป็น เช่น หน่วยความจำ, ส่วนอินพุต/เอาต์พุต บางส่วนเข้าไปในตัวไอซีเดียวกัน และเพิ่มวงจรบางอย่างเข้าไปด้วยเพื่อให้มีความสามารถเหมาะสมกับการใช้งานควบคุม เช่น วงจรตั้งเวลา วงจรการสื่อสารอนุกรม วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล เป็นต้น

$$\text{Microcontroller} = \text{Microprocessor} + \text{Memory} + \text{I/O}$$

ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวาง โดยมักจะเป็นการนำไปใช้ฝังในระบบของอุปกรณ์อื่นๆ (Embedded Systems) เพื่อใช้ควบคุมการทำงานบางอย่าง เช่น ใช้ในรถยนต์, เต้าอบไมโครเวฟ, เครื่องปรับอากาศ, เครื่องซักผ้าอัตโนมัติ เป็นต้น เพราะไมโครคอนโทรลเลอร์มีข้อดีเหมาะสมต่อการใช้งานควบคุมหลายประการ เช่น

- ชิพไอซีและระบบที่ได้มีขนาดเล็ก
- ระบบที่ได้มีราคาถูกกว่าการใช้ชิพไมโครโพรเซสเซอร์
- วงจรที่ได้จะมีความซับซ้อนน้อย ช่วยลดข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในการต่อวงจร
- มีคุณสมบัติเพิ่มเติมสำหรับงานควบคุมโดยเฉพาะซึ่งใช้งานได้ง่าย
- ช่วยลดระยะเวลาในการพัฒนาระบบได้

ไมโครคอนโทรลเลอร์มีหลายยี่ห้อ หลายตระกูล และหลายเบอร์ด้วยกัน ซึ่งแต่ละเบอร์ก็จะมีโครงสร้างภายในและความสามารถในการทำงานที่แตกต่างกันทำให้เลือกใช้กับงานได้อย่างเหมาะสม

2.4 USB (Universal Serial Bus)

USB ย่อมาจาก Universal Serial Bus คือ พอร์ต หรือช่องทางในการเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์อื่นๆ เช่น เครื่องพิมพ์ (Printer) เมาส์ (Mouse) แป้นพิมพ์ (Keyboard) กล้องดิจิทัล สมาร์ทโฟนและแท็บเล็ต แอร์การ์ด (Air card) โมเด็ม (Modem) เครื่องสแกน (Scanner) ชนิดต่างๆ รวมถึงอุปกรณ์และเครื่องมือเครื่องจักรสมัยใหม่แทบทุกชนิด จึงถือได้ว่า USB port คือช่องทางสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกที่สำคัญที่สุดและได้รับความนิยมสูงที่สุด

ข้อดีของพอร์ต USB

- เป็น Hot Plug และ Plug & Play ports หมายถึงสามารถต่อพ่วงอุปกรณ์แล้วใช้งานได้ทันที ไม่ต้องปิด-เปิดเครื่องใหม่
- สามารถต่อพ่วงอุปกรณ์ภายนอกได้ถึง 127 ชิ้นต่อคอมพิวเตอร์หนึ่งเครื่อง
- สามารถต่อพ่วงอุปกรณ์สมัยใหม่ได้แทบทุกชนิด โดยไม่ต้องปรับแต่งค่าอะไรของพอร์ต USB เลย
- สามารถจ่ายไฟให้อุปกรณ์ขนาด 5V (USB 2.0) และ 10V (USB 3.0) ให้กับอุปกรณ์ต่างๆได้ เราจึงสามารถชาร์จไฟให้กับสมาร์ทโฟนและแท็บเล็ตผ่าน USB Port ของเครื่องคอมพิวเตอร์ได้
- ช่องมีขนาดเฉพาะ ไม่ต้องกังวลการเสียบผิดพอร์ตหรือผิดด้าน
- รองรับการส่งสัญญาณผ่านสายเคเบิลได้ถึง 5 เมตร
- สามารถกำหนดค่าตำแหน่งแอดเดรสของอุปกรณ์ต่างๆได้โดยอัตโนมัติ

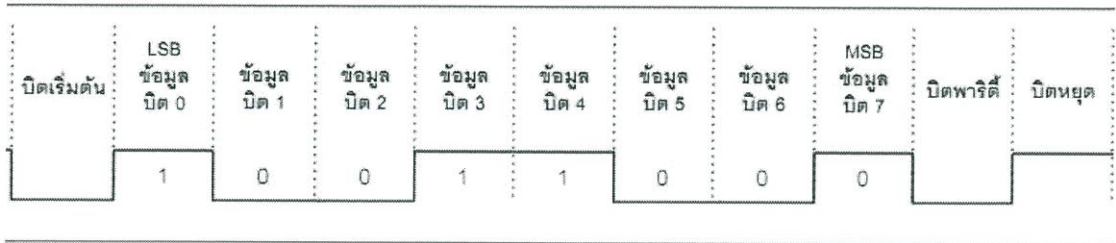
2.5 การสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม

การสื่อสารแบบพอร์ตอนุกรมมีอยู่ 2 ประเภทคือ พอร์ตสื่อสารอนุกรม MSSP และพอร์ตสื่อสารอนุกรม UART โดยพอร์ต UART จะมีการสื่อสารข้อมูลตามแบบมาตรฐาน RS-232 ด้วยความเร็ว 9600 bits/second ซึ่งรูปแบบของข้อมูลอนุกรมประกอบไปด้วยบิต start ตามด้วยข้อมูล 8 บิต จากนั้นตามด้วยบิต parity และสุดท้ายคือบิต stop โดยการสื่อสารข้อมูลบิตที่มีลำดับความสำคัญต่ำสุด (LSB) จะถูกส่งออกไปเป็นบิตแรก และข้อมูลบิตที่สำคัญสูงสุด (MSB) จะถูกส่งออกเป็นบิตสุดท้าย

UART ย่อมาจากคำว่า Universal Asynchronous Receiver Transmitter ซึ่งหมายถึงอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสนั่นเอง สำหรับการสื่อสารอนุกรมบนคอมพิวเตอร์แล้ว UART ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของการสื่อสารแบบอนุกรม

หน้าที่หลักของ UART คือทำหน้าที่แปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบขนานจากคอมพิวเตอร์ให้อยู่ในรูปแบบอนุกรมแบบอะซิงโครนัสแล้วส่งออกไปและทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนุกรมแบบอะซิงโครนัสที่ป้อนเข้ามายัง UART ให้เป็นแบบขนานก่อนที่จะส่งเข้าคอมพิวเตอร์ ซึ่งนอกจาก UART จะส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์แล้ว ยังทำการแจ้งข้อมูลอื่นๆให้คอมพิวเตอร์ทราบด้วย เช่น อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูล (บอดเรต), รูปแบบการส่งข้อมูล, ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการถ่ายทอดข้อมูล (ผิดพลาดจากพาริตี, เพรมข้อมูล, โอเวอร์รัน) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้จัดทำให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ข้อมูลขนาด 8 บิต บิตเริ่มต้นและบิตหยุดที่ใช้ในการโอนย้ายข้อมูลแบบอนุกรม

UART เป็นระบบการเชื่อมโยงที่เก่าแก่และเป็นวิธีสามัญที่สุดข้อมูลจะถูกส่งออกจาก ขาส่งสัญญาณ TXD ของ UART เป็นลำดับไปด้วยความเร็วที่กำหนดค่าไว้ล่วงหน้าสัญญาณที่ส่งเสียบออกไปจะมีค่าเป็นศูนย์หรือหนึ่ง ขารับสัญญาณ RXD จะมีหน้าที่คอยตรวจสอบว่ามีสัญญาณส่งมาให้ที่ความเร็วเดียวกับขาส่งสัญญาณข้อมูลจะถูกส่งออกไปหนึ่งไบต์ในแต่ละครั้ง อันนี้เป็นการส่งสัญญาณทางเดียวในการส่งสัญญาณทางคู่ เราจะต้องติดตั้งวงจรแบบเดียวกันที่จุดตรงข้ามการส่งและรับสัญญาณจะต้องทำบนวงจรที่แยกจากกันและเชื่อมโยงทำงานติดต่อกันโดยอิสระไม่ขึ้นต่อกันในแต่ละฟากจะสามารถรับหรือส่งสัญญาณไปให้อีกฝ่ายได้พร้อมในเวลาเดียวกันเราเรียกว่าความเร็วสำหรับรับ/ส่งข้อมูลที่ตั้งไว้ล่วงหน้าว่า baud rate ค่าความเร็ว baud rate นี้คือตัวบ่งบอกว่าเราจะส่งข้อมูลมากได้เท่าไรในเวลาหนึ่งวินาทีสำหรับค่ามาตรฐานของ baud rate มีหลายค่าด้วยกันดังเช่น 9600, 19200, 115200 และอื่นๆ เราสามารถเชื่อมโยงหน่วยประมวลผลสองตัวเข้าด้วยกันโดยตรงและใช้การติดต่อแบบ UART ทำได้โดยต่อขาสัญญาณส่งข้อมูล TXD จากหน่วยประมวลผลที่หนึ่งไปสู่ขารับสัญญาณข้อมูล RXD ของหน่วยประมวลผลที่สองและทำการต่อขารับ/ส่งข้อมูลสลับกับที่ทำมาแล้วเนื่องจากขาต่อรับส่งสัญญาณข้อมูลเป็นดิจิทัลระดับค่าความต่างศักย์บนขารับส่งสัญญาณ TXD/RXD ของ UART จะวัดค่าเป็น 0V (ต่ำ) และ 3.3V หรือ 5V (สูง)

ระบบเชื่อมโยงที่ใช้ในอุตสาหกรรมทั้งหลายหรือการต่อสายสัญญาณที่ยาวมากค่าความต่างศักย์ 3.3V หรือแม้แต่ 5V จะไม่ทำให้การทำงานเป็นไปโดยราบรื่นมากนักมีมาตรฐานที่ระบุวิธีการที่เราสามารถใช้สัญญาณมาตรฐาน UART มาทำการแปลงค่าความต่างศักย์ให้สูงขึ้นหรือเปลี่ยนค่าของสัญญาณเพื่อให้การตอบรับสัญญาณมีความเชื่อถือได้มากขึ้นสังเกตว่าการตั้งชื่อพอร์ตอนุกรมของพีซี และของ NETMF นั้นเหมือนกันคือ COM และมีหมายเลขลำดับเริ่มต้นที่ COM1 ในระบบคอมพิวเตอร์จะไม่มี COM0 อันนี้อาจจะทำให้เกิดความสับสนเล็กน้อยในการเขียนโปรแกรมเพื่อเทียบเคียงพอร์ต COM ไปเป็นพอร์ต UART บนหน่วยประมวลผลเนื่องจากว่าในหน่วยประมวลผลจะใช้หมายเลขลำดับเริ่มต้นที่ UART0 ไม่ใช่ UART1 ซึ่งการเทียบเคียงที่ถูกก็คือ COM1 เท่ากับ UART0 และ COM2 เท่ากับ UART1 เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

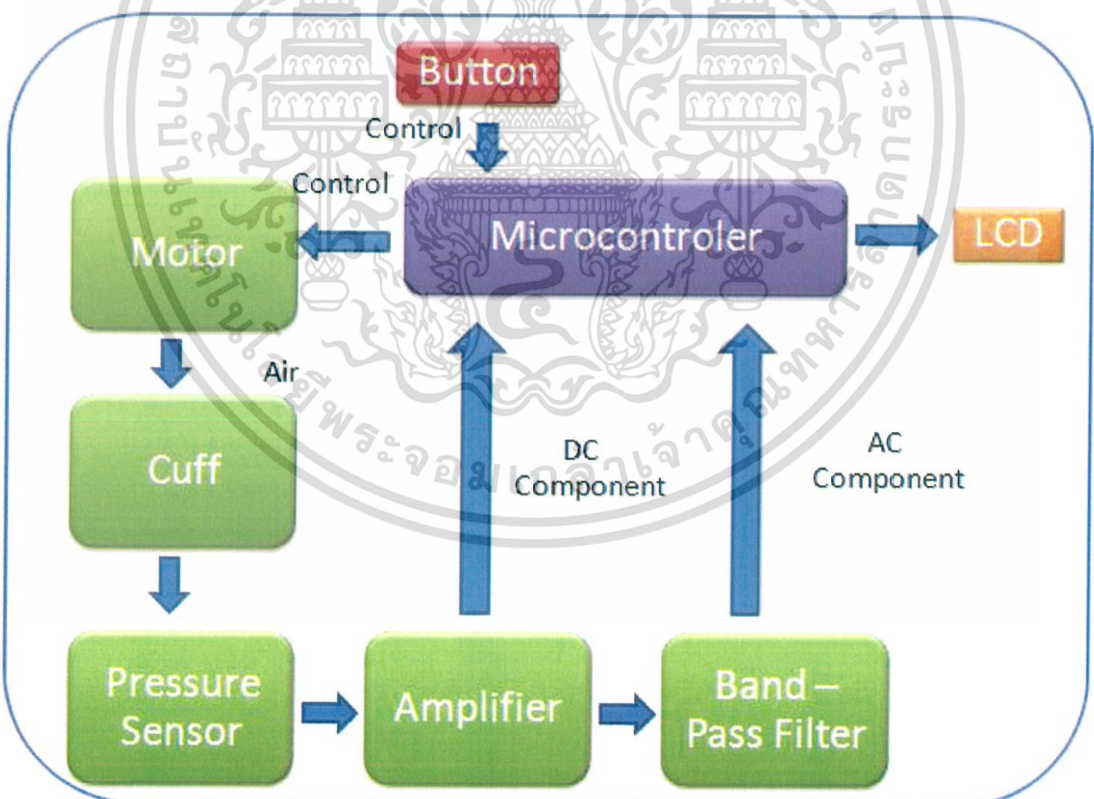
บทที่ 3

การออกแบบวงจรและการทำงาน

3.1 เครื่องวัดความดันโลหิต

คุณสมบัติและลักษณะการทำงาน

เครื่องวัดความดันโลหิตระบบดิจิทัลที่ได้ออกแบบนั้น ค่าที่ได้จากการวัดจะแสดงผลที่จอ LCD และอีกส่วนจะถูกส่งผ่าน Bluetooth เพื่อนำค่าที่ได้ไปประมวลผลตรวจสอบความผิดปกติของผู้ป่วย เครื่องวัดความดันโลหิตนี้มีการใช้หลักการของ Oscillometric การทำงานของระบบคือ ระบบจะเพิ่มค่าความดันภายในคัพให้สูงขึ้น จนค่าความดันภายในคัพสูงกว่าความดันโลหิตในเส้นเลือด ทำให้เส้นเลือดตีบลงจนเลือดไม่สามารถไหลผ่านไปได้ จากนั้นระบบจะค่อยๆลดค่าความดันภายในคัพลง ทำให้สามารถตรวจสอบค่าความดัน systolic และ ค่าความดัน diastolic ได้



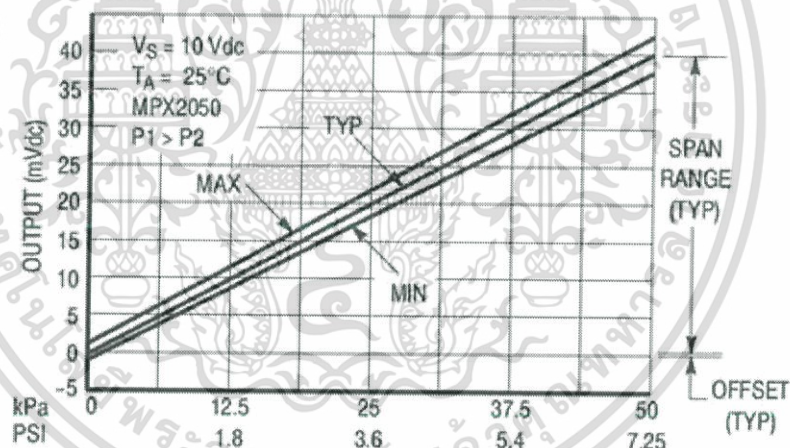
รูปที่ 3.1 แสดงบล็อกไอแกมการทำงาน of เครื่องวัดความดันโลหิตระบบดิจิทัล

สำหรับผังการทำงานของเครื่องวัดความดันโลหิตระบบดิจิทัล สามารถอธิบายถึงหลักการทำงานในแต่ละส่วนของวงจร ได้ดังนี้

เครื่องวัดความดันที่ออกแบบนั้น เมื่อได้รับการสั่งจากโทรศัพท์มือถือให้เริ่มต้นการทำงาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ จะไปควบคุมการทำงานของมอเตอร์เพื่อเพิ่มความดันภายในคัพ จากนั้นเซ็นเซอร์ความดันจะส่งสัญญาณที่ได้ไปยังวงจรขยายแรงดัน และวงจร Band-pass Filter เพื่อส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ประมวลผล เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลเรียบร้อยแล้ว จะโชว์ค่าที่วัดได้ออกมาแสดงทางหน้าจอแอลซีดี

3.1.1 Pressure Sensor และ Instrument Amplifier

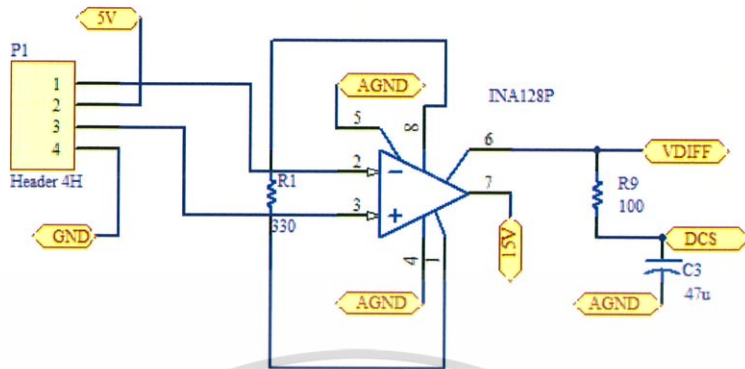
Pressure sensor ที่ใช้คือ MPX2050 ซึ่งทำหน้าที่ในการแปลงค่าความดันให้อยู่ในรูปของแรงดัน สาเหตุที่เลือกใช้ MPX2050 เนื่องจากเราต้องการวัดค่าความดันที่อยู่ในช่วงระหว่าง 0-240 mmHg ซึ่ง MPX2050 นั้นสามารถวัดความดันได้ในช่วงระหว่าง 0-375 mmHg โดยค่าคุณสมบัติของ MPX2050 นั้น แสดงดังรูป



รูปที่ 3.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Output voltage กับ Differential input pressure

เนื่องจากค่าแรงดันที่ออกจาก Pressure sensor มีขนาดเล็กมากจึงจำเป็นต้องมีการขยายสัญญาณ โดยใช้ Instrument amplifier ซึ่งเราสามารถปรับอัตราขยายได้จากความสัมพันธ์

$$R_G = \frac{49.4K\Omega}{G-1} \quad (3.1)$$



รูปที่ 3.3 วงจรขยายผลต่าง (Differential Amplifier)

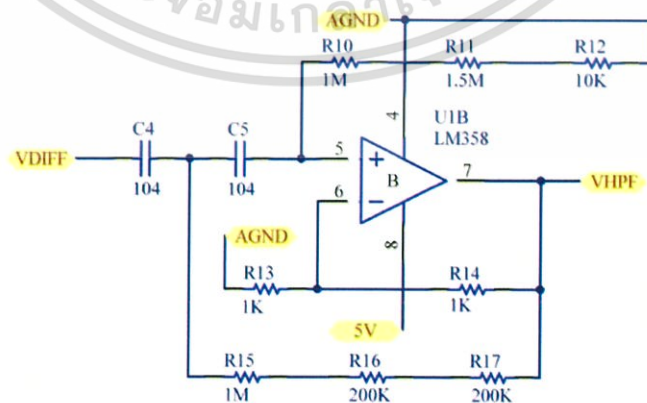
ค่าแรงดันที่ออกจาก Pressure sensor มีค่าประมาณ 0-25 mV ช่วงแรงดันที่ใช้งานอยู่ประมาณ 0-5 V ดังนั้น จึงต้องออกแบบให้ Instrument amplifier มีอัตราขยายประมาณ 200 เท่า

3.1.2 Band pass Filter

ส่วนที่เป็นวงจรกรองความถี่ปานกลางจะประกอบด้วยวงจร 3 stage คือส่วนที่กรองความถี่สูงผ่าน (HPF), ส่วนที่กรองความถี่ต่ำผ่าน (LPF), วงจรขยาย (Amplifier) เราจะกำหนดความถี่คัทออฟให้อยู่ในช่วง 0.8Hz – 38Hz ในการคำนวณหาความถี่คัทออฟเราจะใช้สูตร

$$W_c = \frac{1}{RC} = 2\pi f_c \tag{3.2}$$

3.1.2.1 วงจรกรองความถี่สูงผ่าน



รูปที่ 3.4 High-Pass-Filter

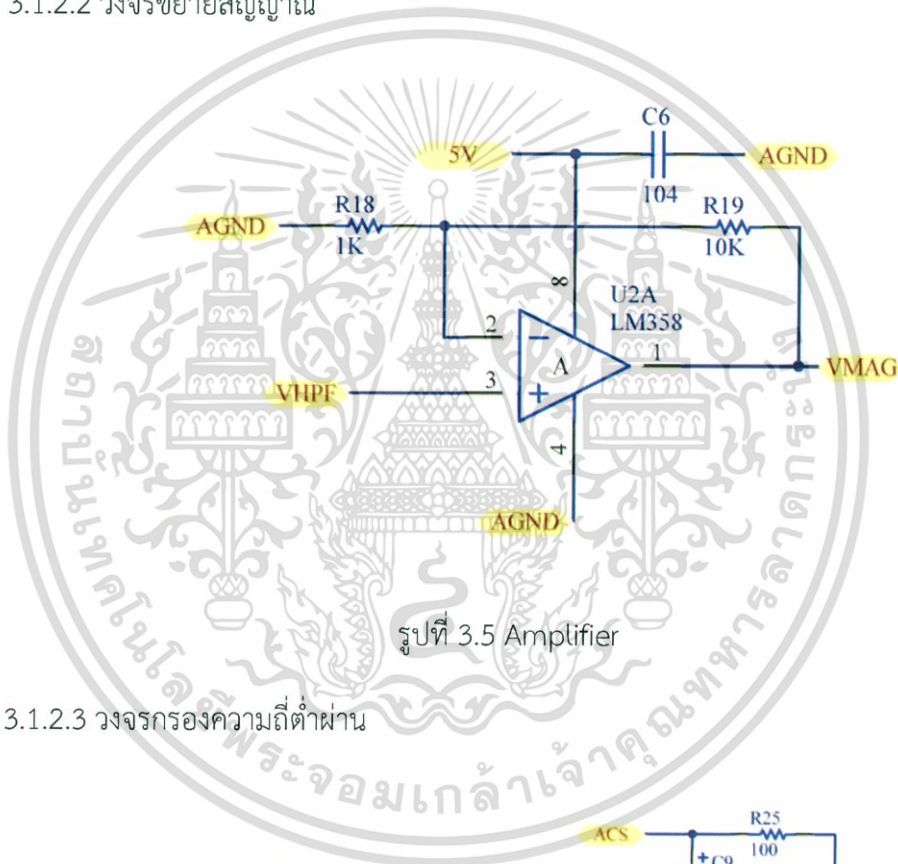
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_{10} + R_{11} + R_{12} = \frac{C_4 + C_5}{C_4 C_5 \alpha_{11} \omega_c} \tag{3.3}$$

$$R_{15} + R_{16} + R_{17} = \frac{1}{(R_{10} + R_{11} + R_{12}) C_4 C_5 \omega^2} \tag{3.4}$$

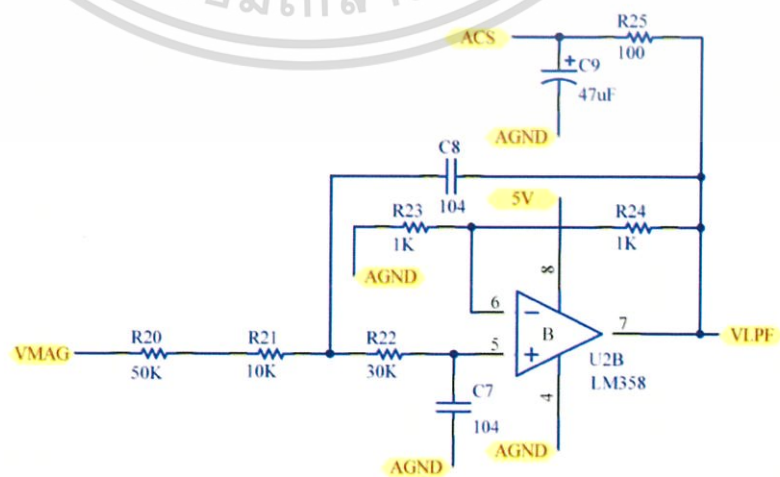
ในการออกแบบฟิลเตอร์จะออกแบบให้มีความถี่ต่ำคัทออฟอยู่ที่ 0.8 Hz และมีค่าอัตรา
การขยายอยู่ที่ 2 เท่า

3.1.2.2 วงจรขยายสัญญาณ



รูปที่ 3.5 Amplifier

3.1.2.3 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน



รูปที่ 3.6 Low-Pass Filter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

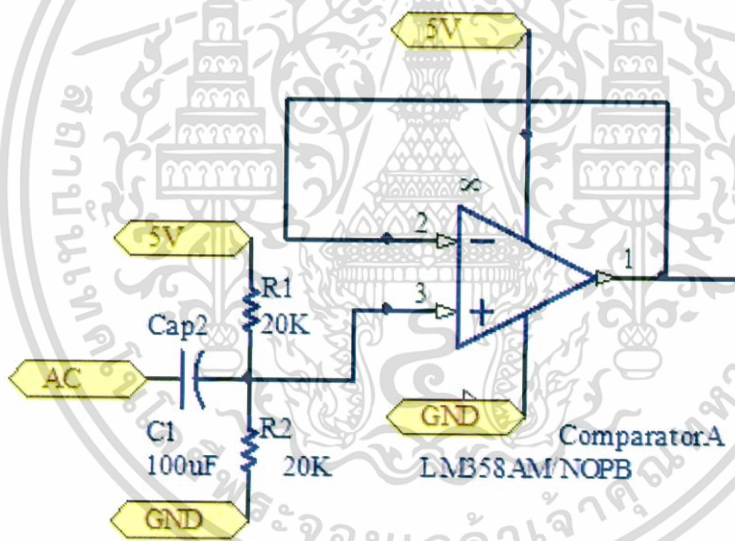
$$R_{20} + R_{21} = \frac{\alpha_{11}}{\omega_c + C_8} \quad (3.5)$$

$$R_{29} = \frac{1}{(R_{20} + R_{21})R_{22}C_7C_8} \quad (3.6)$$

ในการออกแบบฟิลเตอร์จะออกแบบให้มีความถี่สูงคutoff อยู่ที่ 38 Hz และมีค่าอัตราการขยายอยู่ที่ 2 เท่า

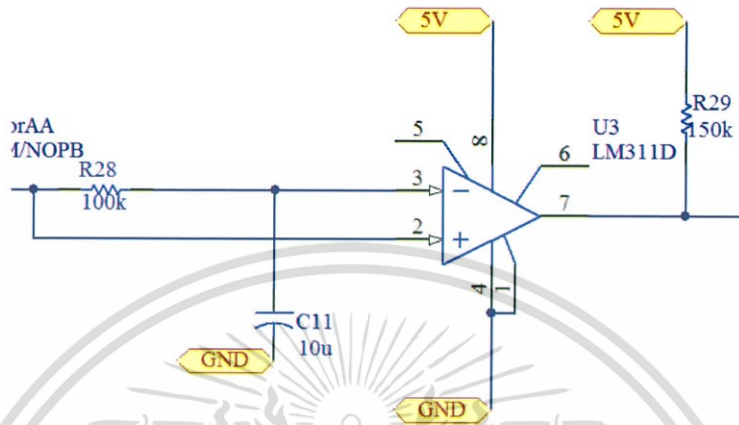
3.1.3 AC Coupling Stage

สัญญาณ Output ที่ออกจาก Band-pass Filter นั้นจะมีการแกว่ง (Swing) อยู่ระหว่างค่า -2.5V จนถึง +2.5V จึงออกแบบให้มี offset = 2.5V เพื่อให้สัญญาณมีการแกว่งอยู่ระหว่าง 0 - 5 V เพื่อส่งสัญญาณให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผลต่อไป



รูปที่ 3.7 แสดงวงจร AC Coupling Stage

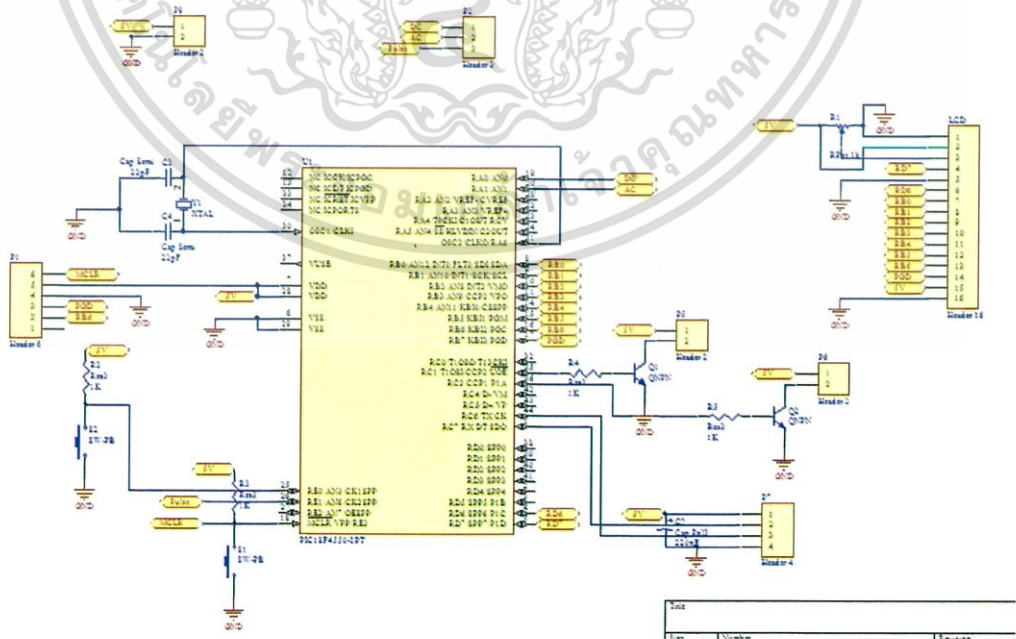
3.1.4 Adaptive Comparator



รูปที่ 3.8 วงจร Adaptive Comparator

เป็นวงจรที่ทำหน้าที่ในการเปรียบเทียบแรงดันของสัญญาณ ก่อนเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อช่วยให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถแยกแยะสถานะของสัญญาณที่ได้จากการเปรียบเทียบแรงดันว่าเป็น Logic Low หรือ Logic High ได้ดียิ่งขึ้น

3.1.5 ส่วน Microcontroller

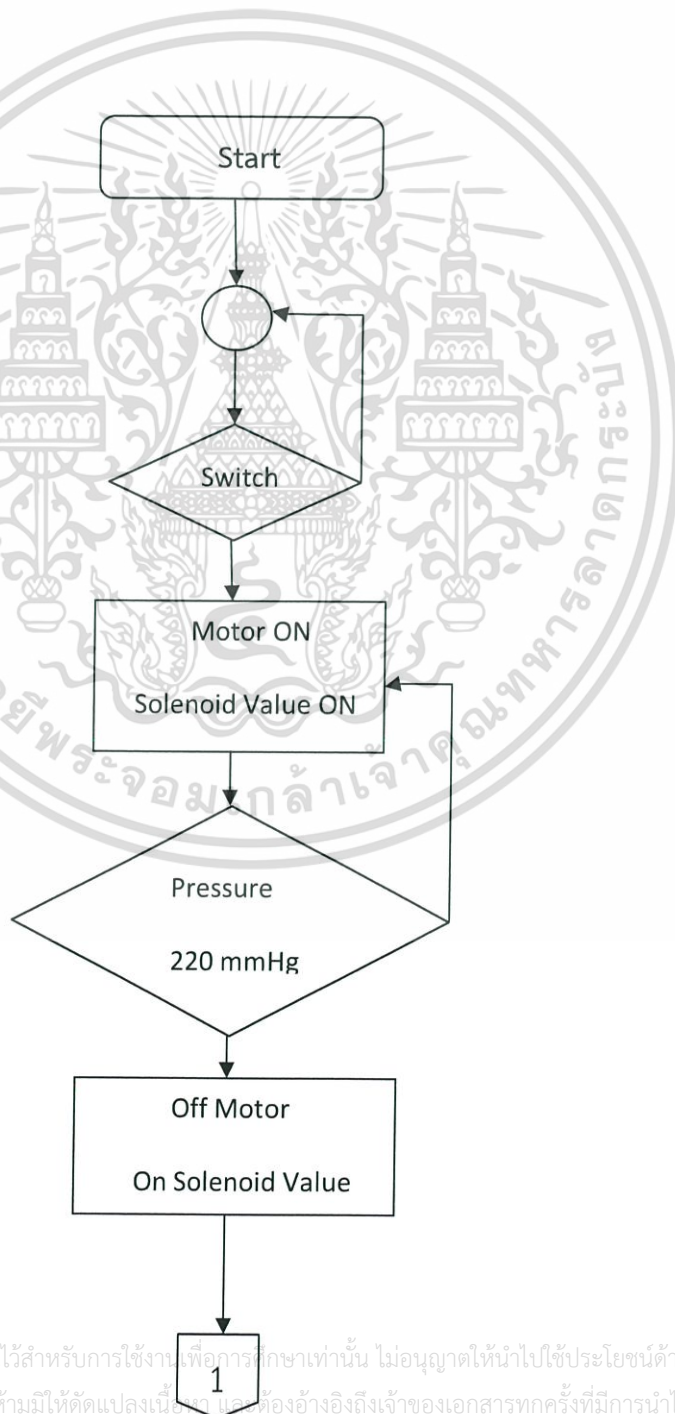


รูปที่ 3.9 วงจร Microcontroller

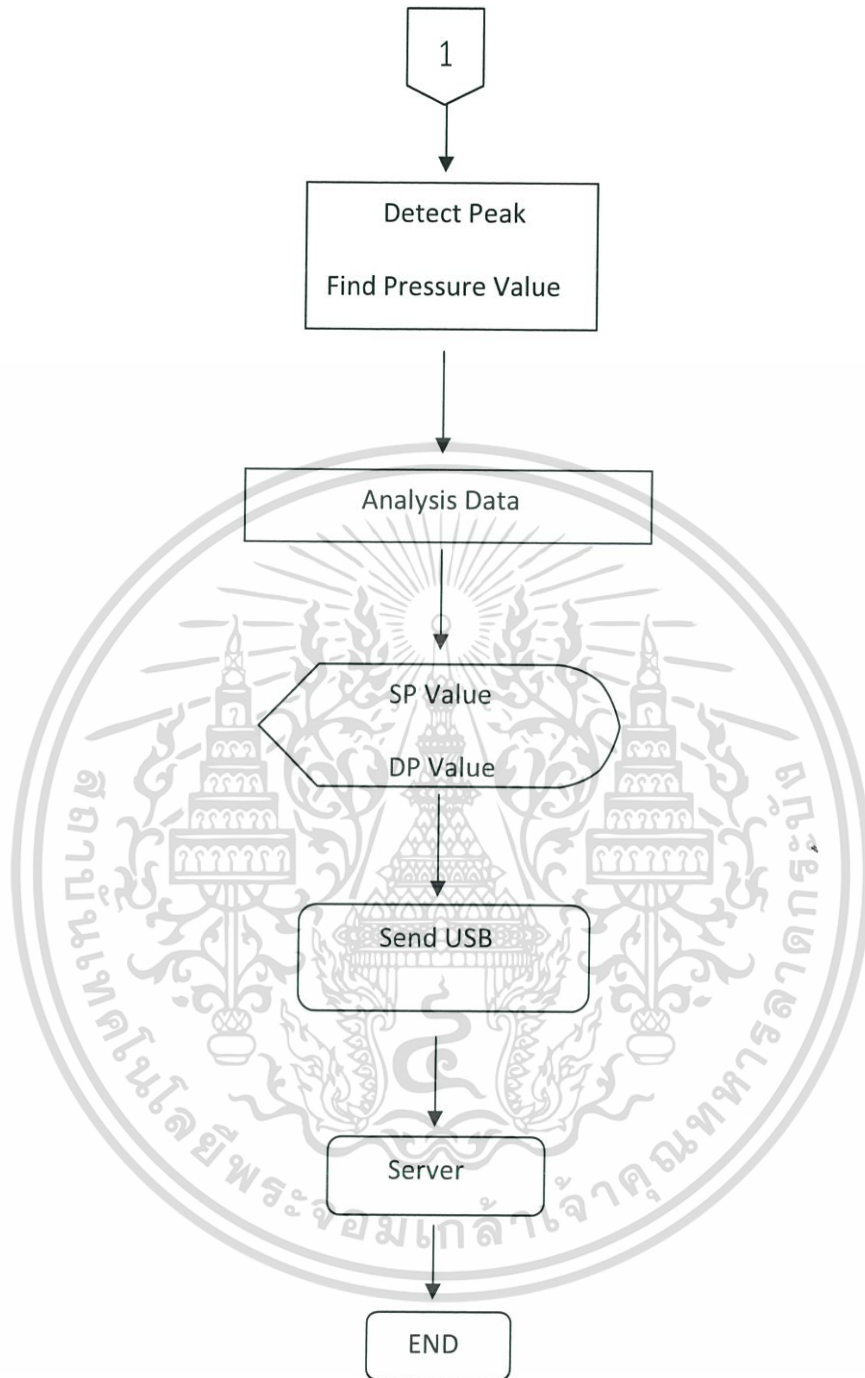
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ Microcontroller แบบ PIC เบอร์ 18F4550 ในการคำนวณค่าความดันโลหิต โดยสัญญาณที่ได้จากวงจรจะเข้าสู่ขา RA1 ซึ่งเป็นสัญญาณออสซิลโลสโคป โดยมีการต่อสวิทช์ไว้ที่ MCLR เป็นสวิทช์ที่ใช้เริ่มการนับค่าความดัน โดยค่าความดันสูงสุดในคัพ ซึ่งหมายถึงค่าความดันเฉลี่ย จะนำมาใช้ในการคำนวณค่าความดันซิสโตลิก (Systolic blood pressure) และความดันไดแอสโตลิก (Diastolic blood pressure) โดยค่าความดันซิสโตลิกจะมีค่าเท่ากับ 0.50 เท่าของค่าความดันเฉลี่ย และค่าความดันไดแอสโตลิกจะมีค่าเท่ากับ 0.70 เท่าของค่าความดันเฉลี่ย

3.1.5.1 แผนผังการทำงานของเครื่องวัดความดันโลหิต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 แผนผังการทำงานของเครื่องวัดความดัน

เมื่อกดปุ่ม เครื่องวัดความดันจะทำการปั๊มลมเข้าไปในCuff ชั้นตอนนี้มอเตอร์และโซลินอยด์ วาล์วจะอยู่ในสถานะ ON จนถึงระดับความดันที่ 220 mmHg มอเตอร์จะอยู่ในสถานะ OFF หลังจากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับค่าจาก Pressure Sensor และทำการบันทึกค่าในช่วงข้อมูลที่ต้องการ และนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์เพื่อหาค่าความดันโลหิตและแสดงผลทางหน้าจอ LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การวัดความดันโลหิต

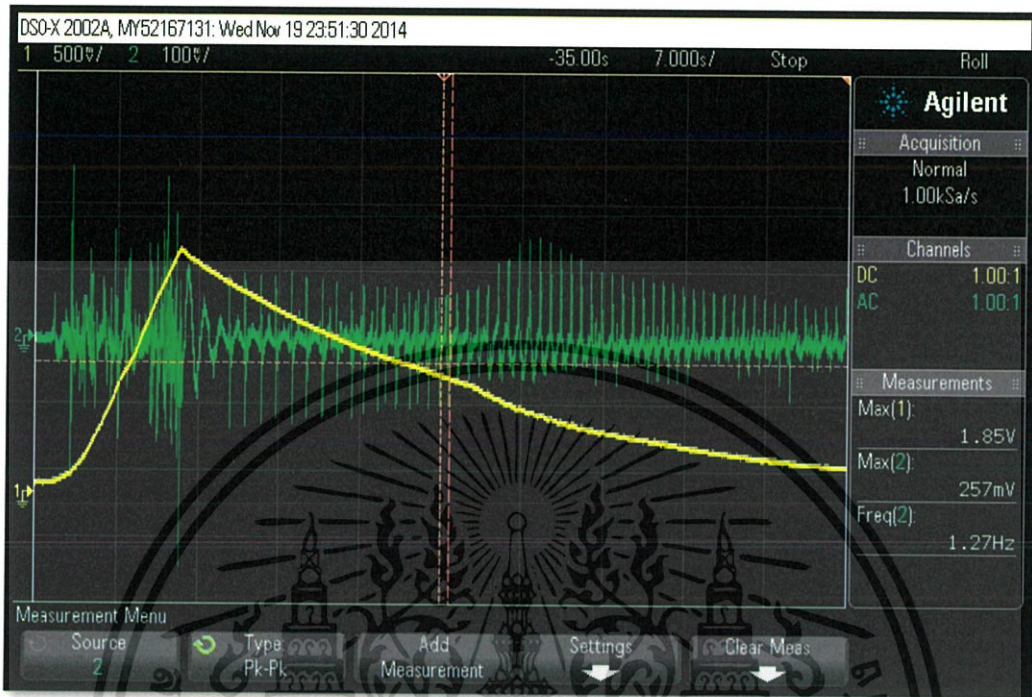
4.1.1 ลำดับขั้นตอนการทดลอง

- 1.1 นำป้อนลมต่อกับสายท่อลมของ cuff พันแขนและนำเกจวัดความดันต่อเข้ากับท่อลมของคัพ
- 1.2 จ่ายแรงดันจาก Power Supply ให้กับวงจร
- 1.3 นำ DVM (Digital Volt Meter) ตั้งย่านวัดที่แรงดันไฟตรงวัดค่าเอาท์พุทที่ออกจาก Instrument Amplifier
- 1.4 เพิ่มความดันให้กับ cuff โดยป้อนลมเข้าไปเพิ่ม แล้วอ่านค่าความดันที่เกจวัดความดันและอ่านค่าแรงไฟตรงที่มีลติมิเตอร์ บันทึกผลลงในตารางที่ 4.1
- 1.5 นำ Oscilloscope วัดสัญญาณออสซิลเลตที่ออกมาจาก Band-Pass Filter

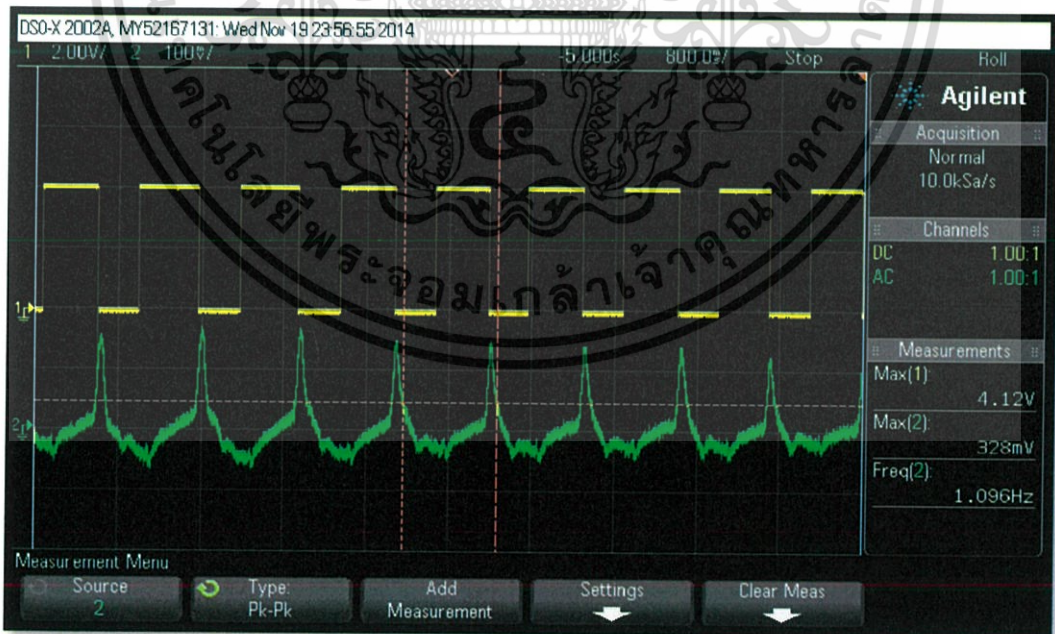
ตาราง 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันขาออกจาก Instrument Amplifier ที่ความดันต่างๆ

ความดันเลือด (Pressure) mmHg	แรงดันที่วัดได้จากขาออก (Voltage)Volt
20	0.22
40	0.43
60	0.64
80	0.82
100	1.01
120	1.20
140	1.39
160	1.57
180	1.77
200	1.94
220	2.13

4.1.2 วัดสัญญาณออสซิลเลตที่ผ่านวงจร Band-Pass Filter

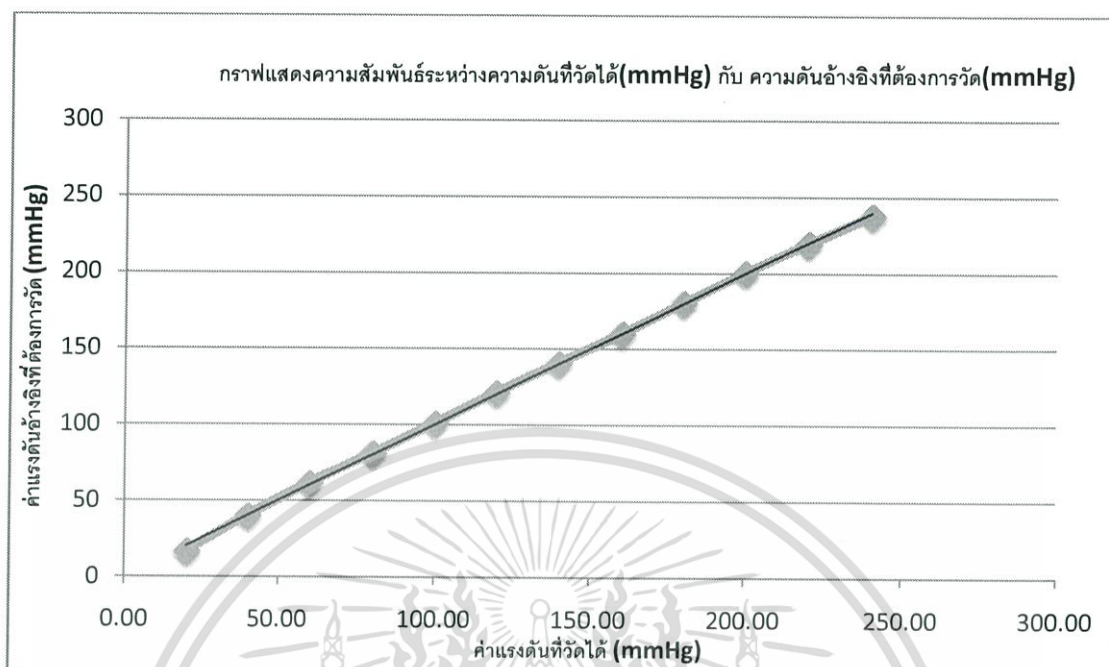


รูปที่ 4.1 Pressure signal(Channel1) and Oscillometric signal(Channel2)



รูปที่ 4.2 Oscillometric signal(Channel2) และ Pulse signal(Channel1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันที่วัดได้(mmHg)กับความดันอ้างอิงที่ต้องการวัด (mmHg)

4.1.3 การทดสอบเพื่อสังเกตความแม่นยำของอุปกรณ์

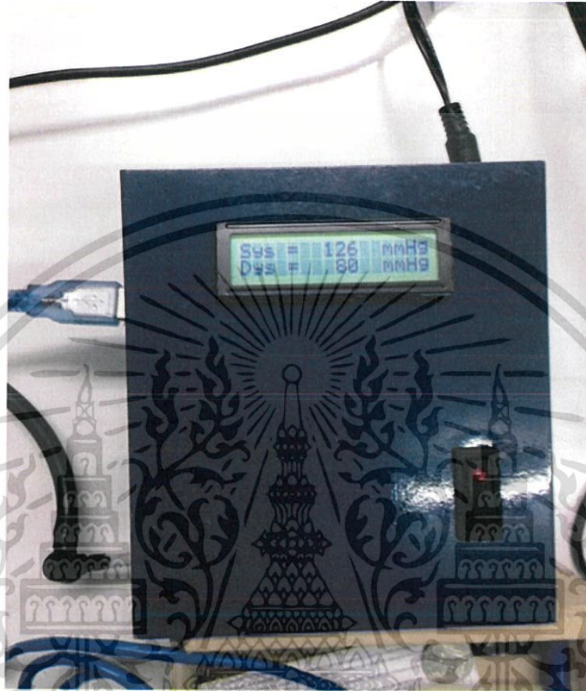
ตาราง 4.2 การเปรียบเทียบความแม่นยำของอุปกรณ์

คนที่	เครื่องที่ประดิษฐ์(mmHg)		เครื่อง Omron(mmHg)		ความคลาดเคลื่อน(%)	
	SYS	DYS	SYS	DYS	SYS	DYS
1	109	69	113	72	3.5398	4.1667
2	123	78	120	84	2.5000	7.1429
3	112	71	110	67	1.8182	5.9701
4	92	65	97	69	5.1546	5.7971
5	106	70	101	78	4.9505	10.2564
6	101	67	94	65	7.4468	3.0769
7	130	83	127	94	2.3622	11.7021
8	90	58	96	63	6.2500	7.9365
9	116	73	122	86	4.9180	15.1163
10	98	68	107	71	8.4112	4.2254

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 การทดลองส่งผ่าน USB

เมื่อทำการวัดค่าความดันโลหิตแล้ว จะได้ค่าความดันซิสโตลิกและค่าไดแอสโตลิก ซึ่งแสดงผ่านหน้าจอแอลซีดีดังรูป



รูปที่ 4.4 ค่าความดันโลหิตที่วัดได้

จากนั้น Microcontroller จะทำการส่งข้อมูลค่าความดันที่วัดได้ผ่าน USB จากนั้นจะเข้าสู่ Raspberry pi เพื่อจัดเก็บค่าไว้ในฐานข้อมูล

userID	name	email	userName	passWord	ip	created	Sys Dys
3	Ammy	amp_5_jumbo@hotmail.com	ammybravo	123456	169.254.0.27	0000-00-00 00 00 00	0
2	Thanakorn Somnochai	Thanakorn.phai@	Thanakorn	0852439479	169.254.0.27	0000-00-00 00 00 00	0
4	kawin	four_u_na@hotmail.com	four_u_na	123456	169.254.0.27	0000-00-00 00 00 00	126 88

รูปที่ 4.5 เมื่อส่งค่าที่วัดได้ไปเก็บไว้ในฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

สรุป

1. เข้าใจหลักการวัดความดันโลหิต เพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาด เช่น ควรนั่งให้สบายในขณะที่วัด ไม่ควรขยับขณะที่ทำการวัด การวัดไม่ควรวัดในที่เย็นหรือร้อนมากเกินไป เป็นต้น
2. สามารถสร้างตารางการเปรียบเทียบการวัดค่าแรงดันเอาท์พุทของตัว Sensor MPX2050 เทียบกับค่าความดันโลหิตเพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อในการหาค่าความดันโลหิตที่เราต้องการต่อไปได้
3. เมื่อวัดค่าความดันโลหิตได้นั้น เครื่องสามารถส่งข้อมูลออกผ่านทาง USB เพื่อนำค่าไปเก็บไว้ในฐานข้อมูล
4. สามารถสร้างอุปกรณ์เครื่องวัดค่าความดันโลหิตที่สามารถใช้งานเองได้ที่บ้านหรือสถานที่ต่างๆ
5. เข้าใจระบบการวัดความดันเลือด ด้วยวิธี Oscillometric

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. จากการทดลองวัดความดันด้วย Blood Pressure Measurement (BPM) กราฟที่ได้จากการทดลอง นั้นมีความคลาดเคลื่อนเมื่อเปรียบเทียบกับกราฟทางทฤษฎี อาจเกิดจากการรัดคัพ (Cuff) ที่ใช้แน่นเกินไป ทำให้ลมที่ปล่อยออกมามีแรงบีบสูงจึงทำให้กราฟในช่วงที่เลือดเริ่มไหลเวียนปกติมีค่าสูงกว่ากราฟทางทฤษฎี
2. ค่าความดัน Systolic กับ Diastolic ที่ได้จากการทดลองมีค่าคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง เนื่องจาก การเก็บค่าที่ได้จากกราฟ blood pressure กับ oscilometric มีความคลาดเคลื่อน
3. ควรระวัง ขณะทำการวัดด้วย Blood Pressure Measurement (BPM) ไม่ควรขยับแขน เนื่องจาก Pressure Sensor มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของความดันภายในคัพมาก ซึ่งจะส่งผลให้กราฟที่ได้มีความคลาดเคลื่อนได้
4. ขนาดของคัพที่ใช้ในการวัดก็มีผลต่อค่าที่ได้ ขนาดของการใช้จะขึ้นอยู่กับขนาดของต้นแขนของผู้ใช้ ถ้าผู้ใช้มีขนาดต้นแขนที่ใหญ่ แต่ใช้คัพขนาดเล็กก็มีการรัดแน่นของคัพมากขึ้น ซึ่งอาจทำให้ค่าที่วัดมีความคลาดเคลื่อน

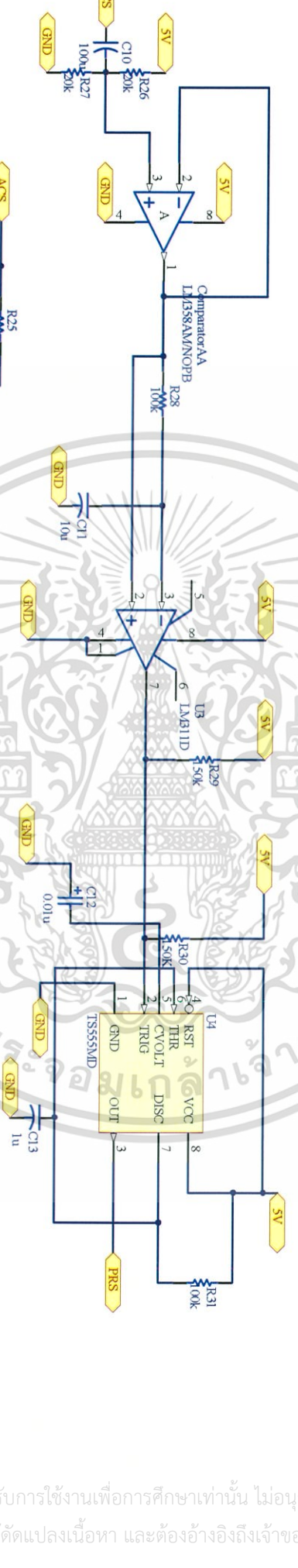
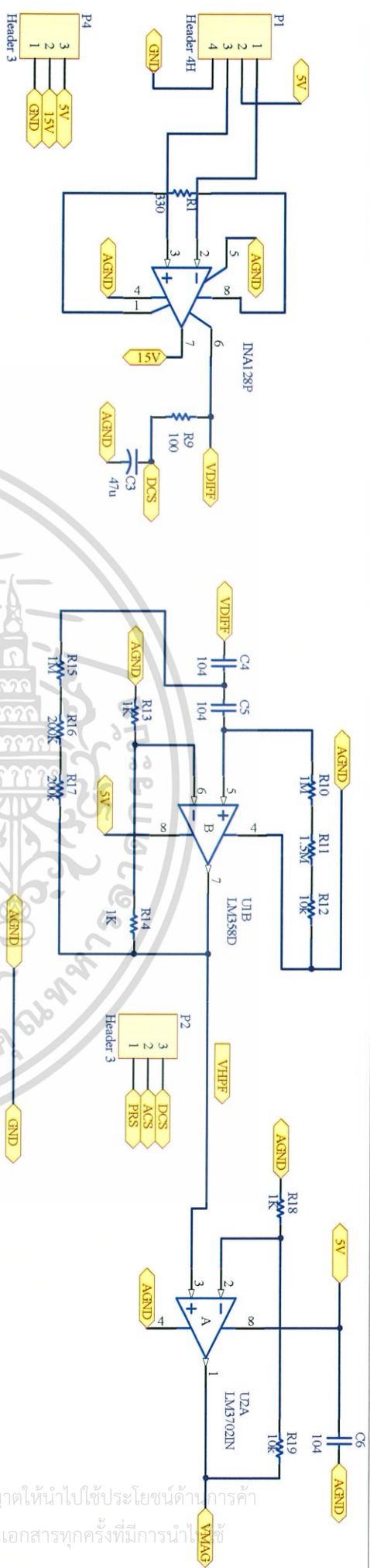
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. Electronic Component's Datasheet Search (ออนไลน์). (2546). สืบค้นจาก :
www.alldatasheet.com [20 ธันวาคม 2557]
2. Portable Digital Blood Pressure Monitor (ออนไลน์). (2548). สืบค้นจาก :
http://people.ece.cornell.edu/land/courses/ece4760/FinalProjects/s2005/ww56_ws62/Final%20Project%20Web/index.html [8 มกราคม 2558]
3. 50 kPa On-Chip Temperature Compensated and Calibrated Silicon Pressure Sensors (ออนไลน์). (2551). สืบค้นจาก :
http://www.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MPX2050.pdf
4. ARM Blood Pressure Monitor (ออนไลน์). (2554). สืบค้นจาก :
http://www.samsung.com/global/business/semiconductor/file/product/S3P8245_ARM_Blood_Pressure_Monitor_AN_REV000-0.pdf
5. การวัดความดันโลหิต (ออนไลน์). สืบค้นจาก :
http://www.siamhealth.net/public_html/Disease/heart_disease/Hypertension/measure.htm



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำ
ไปใช้

Title		Revision	
Size	Number		
A4			
Date:	17/11/2014	Sheet of	
File:	C:\Users\... \Analog4-1.SchDoc	Drawn By:	



MICROCHIP

PIC18F2455/2550/4455/4550 **Data Sheet**

**28/40/44-Pin, High-Performance,
Enhanced Flash, USB Microcontrollers
with nanoWatt Technology**



MICROCHIP PIC18F2455/2550/4455/4550

28/40/44-Pin, High-Performance, Enhanced Flash, USB Microcontrollers with nanoWatt Technology

Universal Serial Bus Features:

- USB V2.0 Compliant
- Low Speed (1.5 Mb/s) and Full Speed (12 Mb/s)
- Supports Control, Interrupt, Isochronous and Bulk Transfers
- Supports up to 32 Endpoints (16 bidirectional)
- 1 Kbyte Dual Access RAM for USB
- On-Chip USB Transceiver with On-Chip Voltage Regulator
- Interface for Off-Chip USB Transceiver
- Streaming Parallel Port (SPP) for USB streaming transfers (40/44-pin devices only)

Power-Managed Modes:

- Run: CPU on, Peripherals on
- Idle: CPU off, Peripherals on
- Sleep: CPU off, Peripherals off
- Idle mode Currents Down to 5.8 μ A Typical
- Sleep mode Currents Down to 0.1 μ A Typical
- Timer1 Oscillator: 1.1 μ A Typical, 32 kHz, 2V
- Watchdog Timer: 2.1 μ A Typical
- Two-Speed Oscillator Start-up

Flexible Oscillator Structure:

- Four Crystal modes, including High-Precision PLL for USB
- Two External Clock modes, Up to 48 MHz
- Internal Oscillator Block:
 - 8 user-selectable frequencies, from 31 kHz to 8 MHz
 - User-tunable to compensate for frequency drift
- Secondary Oscillator using Timer1 @ 32 kHz
- Dual Oscillator Options allow Microcontroller and USB module to Run at Different Clock Speeds
- Fail-Safe Clock Monitor:
 - Allows for safe shutdown if any clock stops

Peripheral Highlights:

- High-Current Sink/Source: 25 mA/25 mA
- Three External Interrupts
- Four Timer modules (Timer0 to Timer3)
- Up to 2 Capture/Compare/PWM (CCP) modules:
 - Capture is 16-bit, max. resolution 5.2 ns ($T_{CY}/16$)
 - Compare is 16-bit, max. resolution 83.3 ns (T_{CY})
 - PWM output: PWM resolution is 1 to 10-bit
- Enhanced Capture/Compare/PWM (ECCP) module:
 - Multiple output modes
 - Selectable polarity
 - Programmable dead time
 - Auto-shutdown and auto-restart
- Enhanced USART module:
 - LIN bus support
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module Supporting 3-Wire SPI (all 4 modes) and I²C™ Master and Slave modes
- 10-Bit, Up to 13-Channel Analog-to-Digital Converter (A/D) module with Programmable Acquisition Time
- Dual Analog Comparators with Input Multiplexing

Special Microcontroller Features:

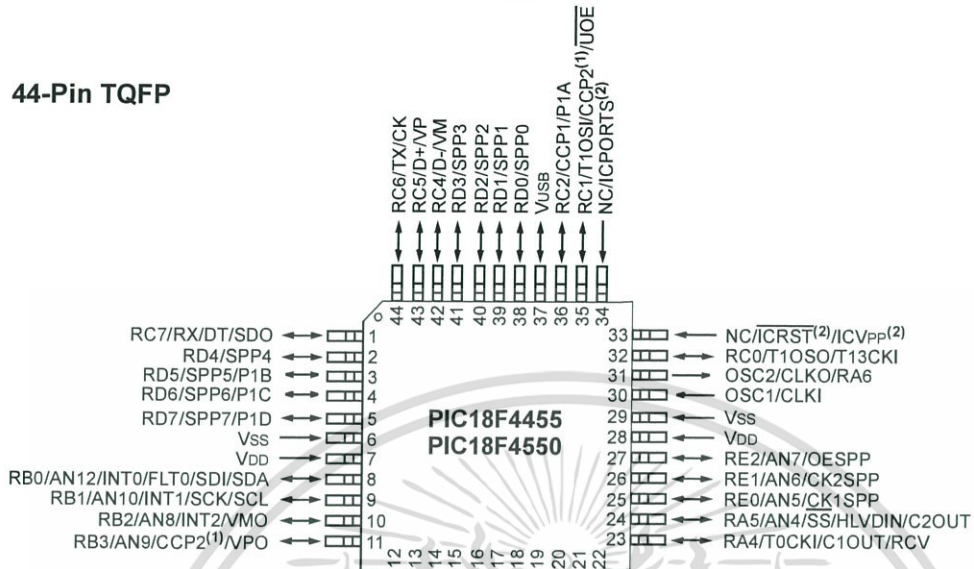
- C Compiler Optimized Architecture with Optional Extended Instruction Set
- 100,000 Erase/Write Cycle Enhanced Flash Program Memory Typical
- 1,000,000 Erase/Write Cycle Data EEPROM Memory Typical
- Flash/Data EEPROM Retention: > 40 Years
- Self-Programmable under Software Control
- Priority Levels for Interrupts
- 8 x 8 Single-Cycle Hardware Multiplier
- Extended Watchdog Timer (WDT):
 - Programmable period from 41 ms to 131s
- Programmable Code Protection
- Single-Supply 5V In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via Two Pins
- In-Circuit Debug (ICD) via Two Pins
- Optional Dedicated ICD/ICSP Port (44-pin, TQFP package only)
- Wide Operating Voltage Range (2.0V to 5.5V)

Device	Program Memory		Data Memory		I/O	10-Bit A/D (ch)	CCP/ECCP (PWM)	SPP	MSSP		EUSART	Comparators	Timers 8/16-Bit
	Flash (bytes)	# Single-Word Instructions	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)					SPI	Master I ² C™			
PIC18F2455	24K	12288	2048	256	24	10	2/0	No	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F2550	32K	16384	2048	256	24	10	2/0	No	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4455	24K	12288	2048	256	35	13	1/1	Yes	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4550	32K	16384	2048	256	35	13	1/1	Yes	Y	Y	1	2	1/3

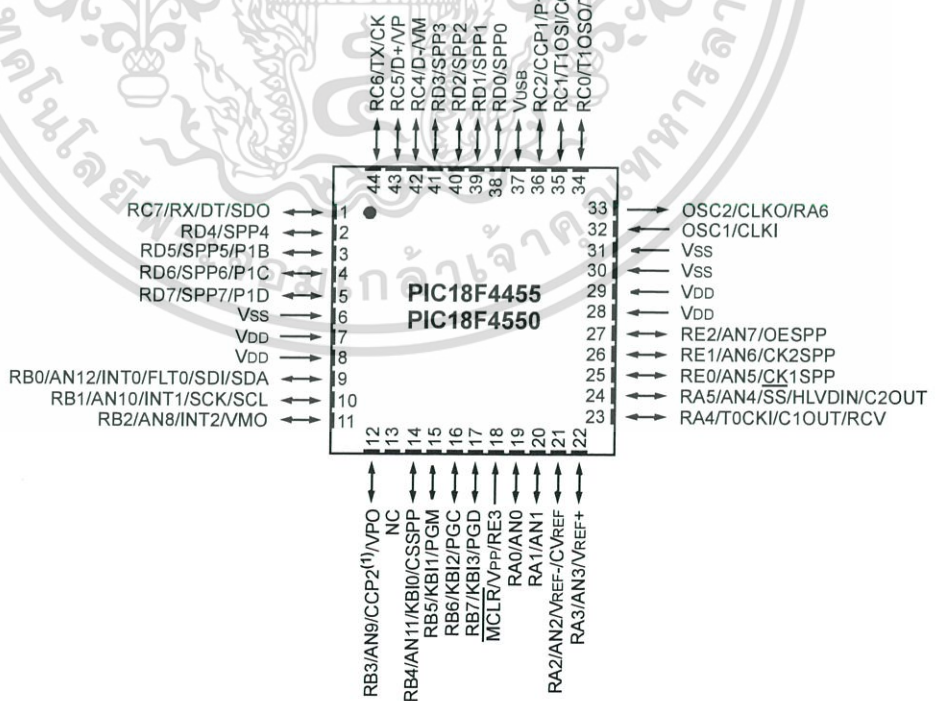
PIC18F2455/2550/4455/4550

Pin Diagrams (Continued)

44-Pin TQFP



44-Pin QFN



Note 1: RB3 is the alternate pin for CCP2 multiplexing.

2: Special ICPORT features available in select circumstances. See Section 25.9 "Special ICPORT Features (44-Pin TQFP Package Only)" for more information.

PIC18F2455/2550/4455/4550

TABLE 1-3: PIC18F4455/4550 PINOUT I/O DESCRIPTIONS

Pin Name	Pin Number			Pin Type	Buffer Type	Description
	PDIP	QFN	TQFP			
MCLR/VPP/RE3 MCLR	1	18	18	I	ST	Master Clear (input) or programming voltage (input). Master Clear (Reset) input. This pin is an active-low Reset to the device.
VPP RE3				P I	ST	Programming voltage input. Digital input.
OSC1/CLKI OSC1 CLKI	13	32	30	I I	Analog Analog	Oscillator crystal or external clock input. Oscillator crystal input or external clock source input. External clock source input. Always associated with pin function OSC1. (See OSC2/CLKO pin.)
OSC2/CLKO/RA6 OSC2				O	—	Oscillator crystal or clock output. Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in Crystal Oscillator mode.
CLKO				O	—	In RC mode, OSC2 pin outputs CLKO which has 1/4 the frequency of OSC1 and denotes the instruction cycle rate.
RA6				I/O	TTL	General purpose I/O pin.

Legend: TTL = TTL compatible input CMOS = CMOS compatible input or output
 ST = Schmitt Trigger input with CMOS levels I = Input
 O = Output P = Power

- Note 1:** Alternate assignment for CCP2 when CCP2MX Configuration bit is cleared.
2: Default assignment for CCP2 when CCP2MX Configuration bit is set.
3: These pins are No Connect unless the ICPRT Configuration bit is set. For NC/ICPORTS, the pin is No Connect unless ICPRT is set and the DEBUG Configuration bit is cleared.

PIC18F2455/2550/4455/4550

TABLE 1-3: PIC18F4455/4550 PINOUT I/O DESCRIPTIONS (CONTINUED)

Pin Name	Pin Number			Pin Type	Buffer Type	Description
	PDIP	QFN	TQFP			
RA0/AN0	2	19	19	I/O	TTL	PORTA is a bidirectional I/O port. Digital I/O.
RA0 AN0				I	Analog	
RA1/AN1	3	20	20	I/O	TTL	Digital I/O.
RA1 AN1				I	Analog	
RA2/AN2/VREF-/ CVREF	4	21	21	I/O	TTL	Digital I/O.
RA2 AN2				I	Analog	
VREF- CVREF				I	Analog	A/D reference voltage (low) input.
				O	Analog	Analog comparator reference output.
RA3/AN3/VREF+ RA3	5	22	22	I/O	TTL	Digital I/O.
AN3				I	Analog	
VREF+				I	Analog	A/D reference voltage (high) input.
RA4/T0CKI/C1OUT/ RCV	6	23	23	I/O	ST	Digital I/O.
RA4 T0CKI				I	ST	
C1OUT				O	—	Comparator 1 output.
RCV				I	TTL	External USB transceiver RCV input.
RA5/AN4/SS/ HLVDIN/C2OUT	7	24	24	I/O	TTL	Digital I/O.
RA5 AN4				I	Analog	
SS				I	TTL	SPI slave select input.
HLVDIN				I	Analog	High/Low-Voltage Detect input.
C2OUT				O	—	Comparator 2 output.
RA6	—	—	—	—	—	See the OSC2/CLKO/RA6 pin.

Legend: TTL = TTL compatible input CMOS = CMOS compatible input or output
 ST = Schmitt Trigger input with CMOS levels I = Input
 O = Output P = Power

- Note 1:** Alternate assignment for CCP2 when CCP2MX Configuration bit is cleared.
2: Default assignment for CCP2 when CCP2MX Configuration bit is set.
3: These pins are No Connect unless the ICPRT Configuration bit is set. For NC/ICPORTS, the pin is No Connect unless ICPRT is set and the DEBUG Configuration bit is cleared.

PIC18F2455/2550/4455/4550

TABLE 1-3: PIC18F4455/4550 PINOUT I/O DESCRIPTIONS (CONTINUED)

Pin Name	Pin Number			Pin Type	Buffer Type	Description
	PDIP	QFN	TQFP			
RC0/T1OSO/T13CKI RC0 T1OSO T13CKI	15	34	32	I/O O I	ST — ST	PORTC is a bidirectional I/O port. Digital I/O. Timer1 oscillator output. Timer1/Timer3 external clock input.
RC1/T1OSI/CCP2/ UOE RC1 T1OSI CCP2(2) UOE	16	35	35	I/O I I/O O	ST — ST —	Digital I/O. Timer1 oscillator input. Capture 2 input/Compare 2 output/PWM2 output. External USB transceiver OE output.
RC2/CCP1/P1A RC2 CCP1 P1A	17	36	36	I/O I/O O	ST ST TTL	Digital I/O. Capture 1 input/Compare 1 output/PWM1 output. Enhanced CCP1 PWM output, channel A.
RC4/D-/VM RC4 D- VM	23	42	42	I I/O I	TTL — TTL	Digital input. USB differential minus line (input/output). External USB transceiver VM input.
RC5/D+/VP RC5 D+ VP	24	43	43	I I/O I	TTL — TTL	Digital input. USB differential plus line (input/output). External USB transceiver VP input.
RC6/TX/CK RC6 TX CK	25	44	44	I/O O I/O	ST — ST	Digital I/O. EUSART asynchronous transmit. EUSART synchronous clock (see RX/DT).
RC7/RX/DT/SDO RC7 RX DT SDO	26	1	1	I/O I I/O O	ST ST ST —	Digital I/O. EUSART asynchronous receive. EUSART synchronous data (see TX/CK). SPI data out.

Legend: TTL = TTL compatible input CMOS = CMOS compatible input or output
 ST = Schmitt Trigger input with CMOS levels I = Input
 O = Output P = Power

- Note 1:** Alternate assignment for CCP2 when CCP2MX Configuration bit is cleared.
2: Default assignment for CCP2 when CCP2MX Configuration bit is set.
3: These pins are No Connect unless the ICPRT Configuration bit is set. For NC/ICPORTS, the pin is No Connect unless ICPRT is set and the DEBUG Configuration bit is cleared.

PIC18F2455/2550/4455/4550

TABLE 1-3: PIC18F4455/4550 PINOUT I/O DESCRIPTIONS (CONTINUED)

Pin Name	Pin Number			Pin Type	Buffer Type	Description
	PDIP	QFN	TQFP			
RD0/SPP0 RD0 SPP0	19	38	38	I/O I/O	ST TTL	PORTD is a bidirectional I/O port or a Streaming Parallel Port (SPP). These pins have TTL input buffers when the SPP module is enabled. Digital I/O. Streaming Parallel Port data.
RD1/SPP1 RD1 SPP1	20	39	39	I/O I/O	ST TTL	Digital I/O. Streaming Parallel Port data.
RD2/SPP2 RD2 SPP2	21	40	40	I/O I/O	ST TTL	Digital I/O. Streaming Parallel Port data.
RD3/SPP3 RD3 SPP3	22	41	41	I/O I/O	ST TTL	Digital I/O. Streaming Parallel Port data.
RD4/SPP4 RD4 SPP4	27	2	2	I/O I/O	ST TTL	Digital I/O. Streaming Parallel Port data.
RD5/SPP5/P1B RD5 SPP5 P1B	28	3	3	I/O I/O O	ST TTL —	Digital I/O. Streaming Parallel Port data. Enhanced CCP1 PWM output, channel B.
RD6/SPP6/P1C RD6 SPP6 P1C	29	4	4	I/O I/O O	ST TTL —	Digital I/O. Streaming Parallel Port data. Enhanced CCP1 PWM output, channel C.
RD7/SPP7/P1D RD7 SPP7 P1D	30	5	5	I/O I/O O	ST TTL —	Digital I/O. Streaming Parallel Port data. Enhanced CCP1 PWM output, channel D.

Legend: TTL = TTL compatible input CMOS = CMOS compatible input or output
 ST = Schmitt Trigger input with CMOS levels I = Input
 O = Output P = Power

Note 1: Alternate assignment for CCP2 when CCP2MX Configuration bit is cleared.
2: Default assignment for CCP2 when CCP2MX Configuration bit is set.
3: These pins are No Connect unless the ICPRT Configuration bit is set. For NC/ICPORTS, the pin is No Connect unless ICPRT is set and the DEBUG Configuration bit is cleared.

PIC18F2455/2550/4455/4550

TABLE 1-3: PIC18F4455/4550 PINOUT I/O DESCRIPTIONS (CONTINUED)

Pin Name	Pin Number			Pin Type	Buffer Type	Description
	PDIP	QFN	TQFP			
RE0/AN5/CK1SPP RE0 AN5 CK1SPP	8	25	25	I/O I O	ST Analog —	PORTE is a bidirectional I/O port. Digital I/O. Analog input 5. SPP clock 1 output.
RE1/AN6/CK2SPP RE1 AN6 CK2SPP	9	26	26	I/O I O	ST Analog —	Digital I/O. Analog input 6. SPP clock 2 output.
RE2/AN7/OESPP RE2 AN7 OESPP	10	27	27	I/O I O	ST Analog —	Digital I/O. Analog input 7. SPP output enable output.
RE3	—	—	—	—	—	See $\overline{\text{MCLR}}/\text{VPP}/\text{RE3}$ pin.
Vss	12, 31	6, 30, 31	6, 29	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
VDD	11, 32	7, 8, 28, 29	7, 28	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.
VUSB	18	37	37	P	—	Internal USB 3.3V voltage regulator output, positive supply for the USB transceiver.
NC/ICCK/ICPGC ⁽³⁾ ICCK ICPGC	—	—	12	I/O I/O	ST ST	No Connect or dedicated ICD/ICSP™ port clock. In-Circuit Debugger clock. ICSP programming clock.
NC/ICDT/ICPGD ⁽³⁾ ICDT ICPGD	—	—	13	I/O I/O	ST ST	No Connect or dedicated ICD/ICSP port clock. In-Circuit Debugger data. ICSP programming data.
NC/ICRST/ICVPP ⁽³⁾ ICRST ICVPP	—	—	33	I P	— —	No Connect or dedicated ICD/ICSP port Reset. Master Clear (Reset) input. Programming voltage input.
NC/ICPORTS ⁽³⁾ ICPORTS	—	—	34	P	—	No Connect or 28-pin device emulation. Enable 28-pin device emulation when connected to Vss.
NC	—	13	—	—	—	No Connect.

Legend: TTL = TTL compatible input CMOS = CMOS compatible input or output
 ST = Schmitt Trigger input with CMOS levels I = Input
 O = Output P = Power

- Note 1:** Alternate assignment for CCP2 when CCP2MX Configuration bit is cleared.
2: Default assignment for CCP2 when CCP2MX Configuration bit is set.
3: These pins are No Connect unless the ICPRT Configuration bit is set. For NC/ICPORTS, the pin is No Connect unless ICPRT is set and the DEBUG Configuration bit is cleared.

Freescale Semiconductor

MPX2050
Rev 9, 10/2008

50 kPa On-Chip Temperature Compensated and Calibrated Silicon Pressure Sensors

The MPX2050 series devices are 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.

MPX2050 Series
0 to 50 kPa (0 to 7.25 psi)
40 mV Full Scale Span
(Typical)

Features

- Temperature Compensated Over 0°C to +85°C
- Unique Silicon Shear Stress Strain Gauge
- Easy to Use Chip Carrier Package Options
- Ratiometric to Supply Voltage
- Differential and Gauge Options
- ±0.25% Linearity

Application Examples

- Pump/Motor Controllers
- Robotics
- Level Indicators
- Medical Diagnostics
- Pressure Switching
- Non-Invasive Blood Pressure

ORDERING INFORMATION

Device Name	Package Options	Case No.	# of Ports				Pressure Type		Device Marking
			None	Single	Dual	Gauge	Differential	Absolute	
Unibody Package (MPX2050 Series)									
MPX2050D	Tray	344	•					•	MPX2050D
MPX2050GP	Tray	344B		•		•			MPX2050GP
MPX2050DP	Tray	344C			•		•		MPX2050DP
MPX2050GSX	Tray	344F		•		•			MPX2050D

PACKAGES



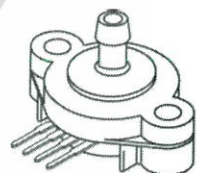
MPX2050D
CASE 344-15



MPX2050GP
CASE 344B-01



MPX2050DP
CASE 344C-01



MPX2050GSX
CASE 344F-01

Operating Characteristics

Table 1. Operating Characteristics
 $(V_S = 10 \text{ Vdc}, T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted, $P_1 > P_2$)

Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Pressure Range ⁽¹⁾	P_{OP}	0	—	50	kPa
Supply Voltage ⁽²⁾	V_S	—	10	16	Vdc
Supply Current	I_o	—	6.0	—	mAdc
Full Scale Span ⁽³⁾	V_{FSS}	38.5	40	41.5	mV
Offset ⁽⁴⁾	V_{off}	-1.0	—	1.0	mV
Sensitivity	$\Delta V/\Delta P$	—	0.8	—	mV/kPa
Linearity ⁽⁵⁾	—	-0.25	—	0.25	% V_{FSS}
Pressure Hysteresis ⁽⁵⁾ (0 to 50 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
Warm-Up	—	—	20	—	ms
Offset Stability ⁽⁷⁾	—	—	± 0.5	—	% V_{FSS}

- 1.0 kPa (kiloPascal) equals 0.145 psi.
- Device is ratiometric within this specified excitation range. Operating the device above the specified excitation range may induce additional error due to device self-heating.
- Full Scale Span (V_{FSS}) is defined as the algebraic difference between the output voltage at full rated pressure and the output voltage at the minimum rated pressure.
- Offset (V_{off}) is defined as the output voltage at the minimum rated pressure.
- Accuracy (error budget) consists of the following:
 - Linearity: Output deviation from a straight line relationship with pressure, using end point method, over the specified pressure range.
 - Temperature Hysteresis: Output deviation at any temperature within the operating temperature range, after the temperature is cycled to and from the minimum or maximum operating temperature points, with zero differential pressure applied.
 - Pressure Hysteresis: Output deviation at any pressure within the specified range, when this pressure is cycled to and from the minimum or maximum rated pressure, at 25°C.
 - TcSpan: Output deviation at full rated pressure over the temperature range of 0 to 85°C, relative to 25°C.
 - TcOffset: Output deviation with minimum rated pressure applied, over the temperature range of 0 to 85°C, relative to 25°C.
- 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.
- Offset stability is the product's output deviation when subjected to 1000 hours of Pulsed Pressure, Temperature Cycling with Bias Test.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า **MPX2050**

Maximum Ratings

Table 2. Maximum Ratings⁽¹⁾

Rating	Symbol	Value	Unit
Maximum Pressure (P1 > P2)	P _{max}	200	kPa
Storage Temperature	T _{stg}	-40 to +125	°C
Operating Temperature	T _A	-40 to +125	°C

1. Exposure beyond the specified 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.

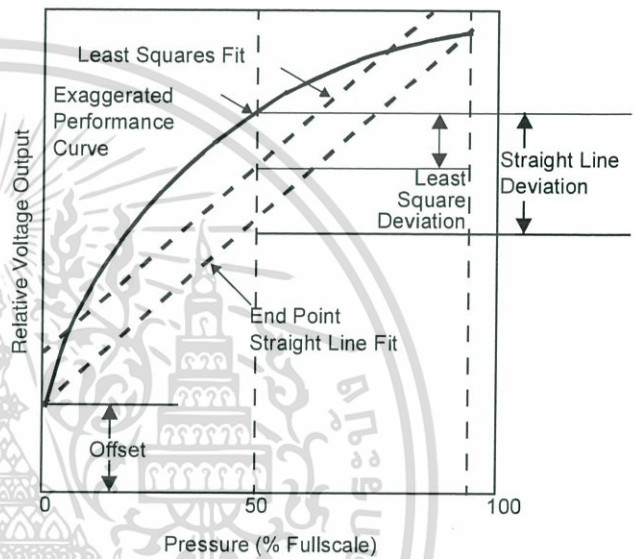


Figure 2. Linearity Specification Comparison

On-Chip Temperature Compensation and Calibration

Figure 3 shows the minimum, maximum and typical output characteristics of the MPX2050 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.

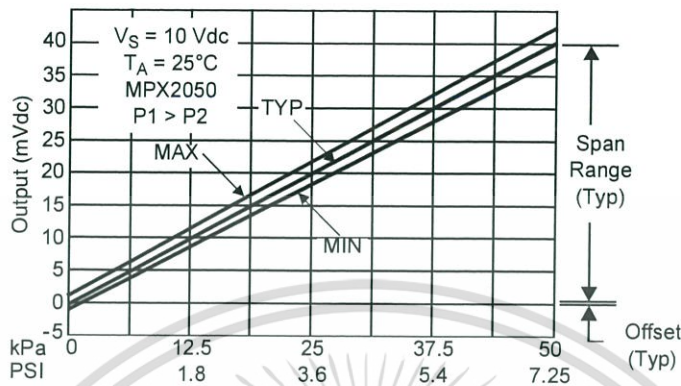


Figure 3. Output versus Pressure Differential

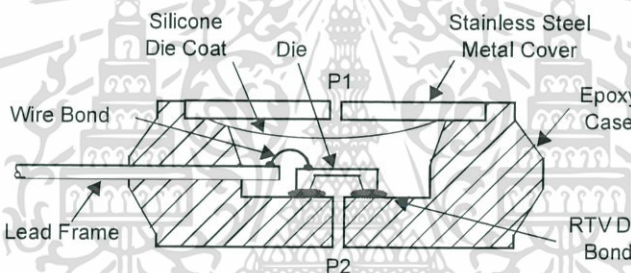


Figure 4. Cross-Sectional Diagram (not to scale)

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

The MPX2050 series pressure sensor operating characteristics and internal reliability and qualification tests are based on use of dry air as the pressure media. Media other than dry air may have adverse effects on sensor performance and long term reliability. Contact the factory for information regarding media compatibility in your application.



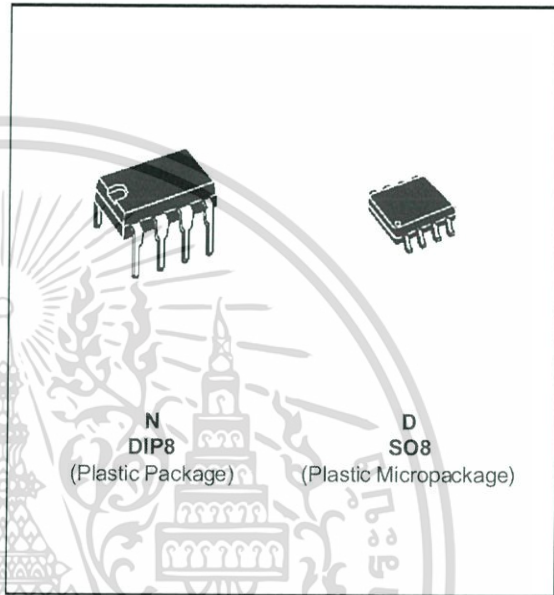
NE555 SA555 - SE555

GENERAL PURPOSE SINGLE BIPOLAR TIMERS

- LOW TURN OFF TIME
- MAXIMUM OPERATING FREQUENCY GREATER THAN 500kHz
- TIMING FROM MICROSECONDS TO HOURS
- OPERATES IN BOTH ASTABLE AND MONOSTABLE MODES
- HIGH OUTPUT CURRENT CAN SOURCE OR SINK 200mA
- ADJUSTABLE DUTY CYCLE
- TTL COMPATIBLE
- TEMPERATURE STABILITY OF 0.005% PER°C

DESCRIPTION

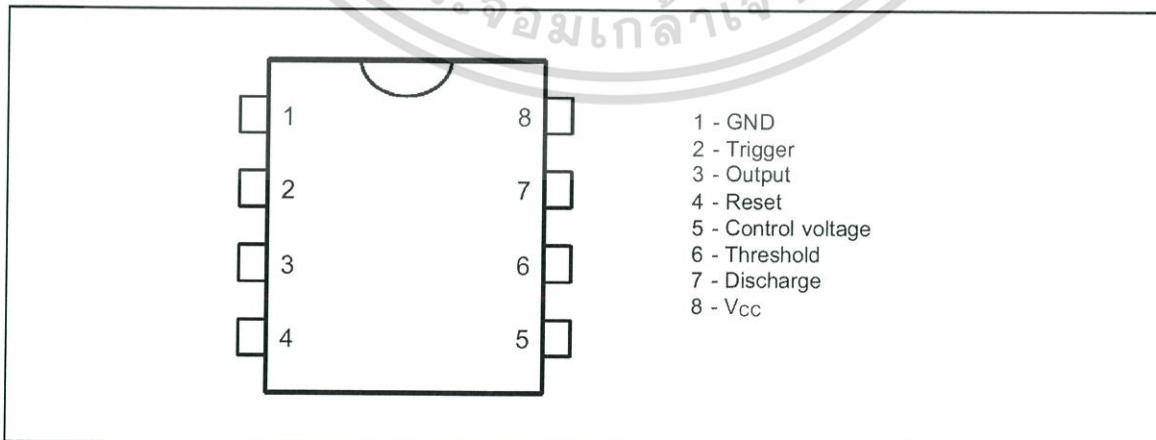
The NE555 monolithic timing circuit is a highly stable controller capable of producing accurate time delays or oscillation. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For a stable operation as an oscillator, the free running frequency and the duty cycle are both accurately controlled with two external resistors and one capacitor. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output structure can source or sink up to 200mA. The NE555 is available in plastic and ceramic minidip package and in a 8-lead micropackage and in metal can package version.



ORDER CODES

Part Number	Temperature Range	Package	
		N	D
NE555	0°C, 70°C	•	•
SA555	-40°C, 105°C	•	•
SE555	-55°C, 125°C	•	•

PIN CONNECTIONS (top view)



OPERATING CONDITIONS

Symbol	Parameter	SE555	NE555 - SA555	Unit
V _{CC}	Supply Voltage	4.5 to 18	4.5 to 18	V
V _{th} , V _{trig} , V _{cl} , V _{reset}	Maximum Input Voltage	V _{CC}	V _{CC}	V

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

T_{amb} = +25°C, V_{CC} = +5V to +15V (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	SE555			NE555 - SA555			Unit
		Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
I _{CC}	Supply Current (R _L ∞) (- note 1)							mA
	Low State V _{CC} = +5V		3	5		3	6	
	High State V _{CC} = +15V V _{CC} = 5V		10 2	12		10 2	15	
	Timing Error (monostable) (R _A = 2k to 100kΩ, C = 0.1μF) Initial Accuracy - (note 2) Drift with Temperature Drift with Supply Voltage		0.5 30 0.05	2 100 0.2		1 50 0.1	3 150 0.5	% ppm/°C %/V
	Timing Error (astable) (R _A , R _B = 1kΩ to 100kΩ, C = 0.1μF, V _{CC} = +15V) Initial Accuracy - (note 2) Drift with Temperature Drift with Supply Voltage		1.5 90 0.15			2.25 150 0.3		% ppm/°C %/V
V _{CL}	Control Voltage level V _{CC} = +15V V _{CC} = +5V	9.6	10	10.4	9	10	11	V
		2.9	3.33	3.8	2.6	3.33	4	
V _{th}	Threshold Voltage V _{CC} = +15V V _{CC} = +5V	9.4	10	10.6	8.8	10	11.2	V
		2.7	3.33	4	2.4	3.33	4.2	
I _{th}	Threshold Current - (note 3)		0.1	0.25		0.1	0.25	μA
V _{trig}	Trigger Voltage V _{CC} = +15V V _{CC} = +5V	4.8	5	5.2	4.5	5	5.6	V
		1.45	1.67	1.9	1.1	1.67	2.2	
I _{trig}	Trigger Current (V _{trig} = 0V)		0.5	0.9		0.5	2.0	μA
V _{reset}	Reset Voltage - (note 4)	0.4	0.7	1	0.4	0.7	1	V
I _{reset}	Reset Current V _{reset} = +0.4V V _{reset} = 0V		0.1	0.4		0.1	0.4	mA
			0.4	1		0.4	1.5	
V _{OL}	Low Level Output Voltage V _{CC} = +15V, I _{O(sink)} = 10mA I _{O(sink)} = 50mA I _{O(sink)} = 100mA I _{O(sink)} = 200mA		0.1	0.15		0.1	0.25	V
			0.4	0.5		0.4	0.75	
			2	2.2		2	2.5	
	V _{CC} = +5V, I _{O(sink)} = 8mA I _{O(sink)} = 5mA		2.5			2.5		
			0.1	0.25		0.3	0.4	
			0.05	0.2		0.25	0.35	
V _{OH}	High Level Output Voltage V _{CC} = +15V, I _{O(source)} = 200mA I _{O(source)} = 100mA V _{CC} = +5V, I _{O(source)} = 100mA	13	12.5			12.5		V
			13.3			13.3		
		3	3.3			3.3		

- Notes : 1. Supply current when output is high is typically 1mA less.
2. Tested at V_{CC} = +5V and V_{CC} = +15V.
3. This will determine the maximum value of R_A + R_B for +15V operation the max total is R = 20MΩ and for 5V operation the max total R = 3.5MΩ.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

Symbol	Parameter	SE555			NE555 - SA555			Unit
		Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
$I_{dis(off)}$	Discharge Pin Leakage Current (output high) ($V_{dis} = 10V$)		20	100		20	100	nA
$V_{dis(sat)}$	Discharge pin Saturation Voltage (output low) - (note 5) $V_{CC} = +15V, I_{dis} = 15mA$ $V_{CC} = +5V, I_{dis} = 4.5mA$		180 80	480 200		180 80	480 200	mV
t_r t_f	Output Rise Time Output Fall Time		100 100	200 200		100 100	300 300	ns
t_{off}	Turn off Time - (note 6) ($V_{reset} = V_{CC}$)		0.5			0.5		μs

Notes : 5. No protection against excessive Pin 7 current is necessary, providing the package dissipation rating will not be exceeded.
6. Time measured from a positive going input pulse from 0 to $0.8 \times V_{CC}$ into the threshold to the drop from high to low of the output trigger is tied to threshold.

Figure 1 : Minimum Pulse Width Required for Trigering

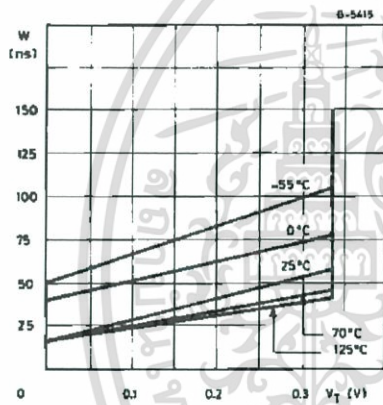


Figure 2 : Supply Current versus Supply Voltage

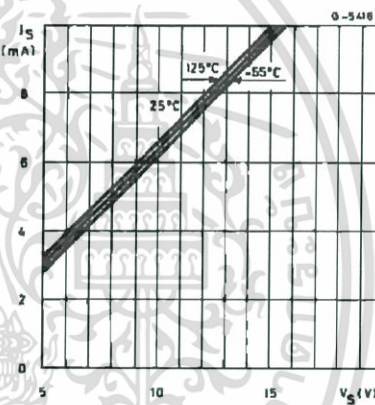


Figure 3 : Delay Time versus Temperature

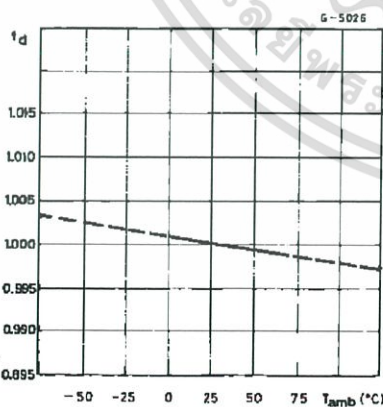
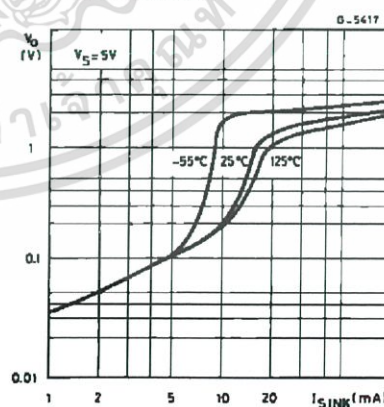


Figure 4 : Low Output Voltage versus Output Sink Current

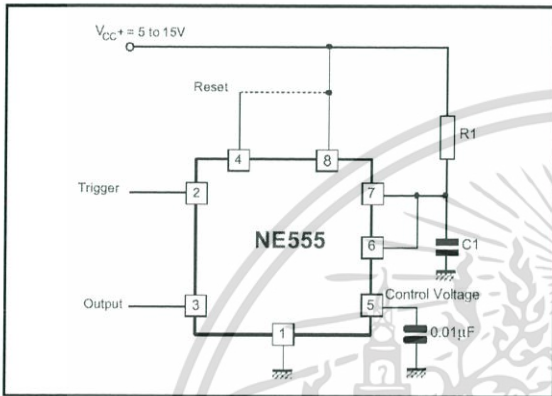


APPLICATION INFORMATION

MONOSTABLE OPERATION

In the monostable mode, the timer functions as a one-shot. Referring to figure 10 the external capacitor is initially held discharged by a transistor inside the timer.

Figure 10



The circuit triggers on a negative-going input signal when the level reaches $1/3 V_{CC}$. Once triggered, the circuit remains in this state until the set time has elapsed, even if it is triggered again during this interval. The duration of the output HIGH state is given by $t = 1.1 R_1 C_1$ and is easily determined by figure 12.

Notice that since the charge rate and the threshold level of the comparator are both directly proportional to supply voltage, the timing interval is independent of supply. Applying a negative pulse simultaneously to the reset terminal (pin 4) and the trigger terminal (pin 2) during the timing cycle discharges the external capacitor and causes the cycle to start over. The timing cycle now starts on the positive edge of the reset pulse. During the time the reset pulse is applied, the output is driven to its LOW state.

When a negative trigger pulse is applied to pin 2, the flip-flop is set, releasing the short circuit across the external capacitor and driving the output HIGH. The voltage across the capacitor increases exponentially with the time constant $\tau = R_1 C_1$. When the voltage across the capacitor equals $2/3 V_{CC}$, the comparator resets the flip-flop which then discharge the capacitor rapidly and drives the output to its LOW state.

Figure 11 shows the actual waveforms generated in this mode of operation.

When Reset is not used, it should be tied high to avoid any possibly or false triggering.

Figure 11

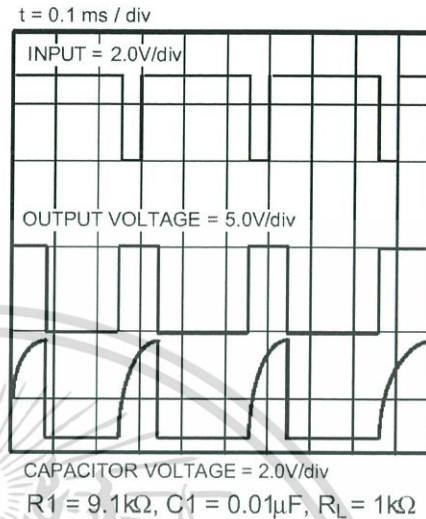
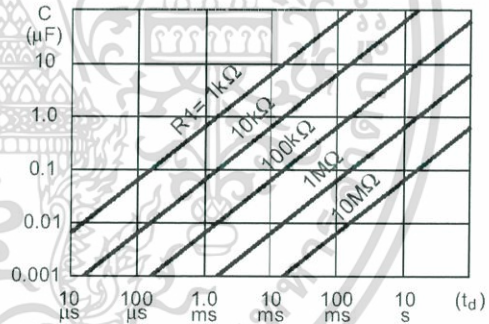


Figure 12



ASTABLE OPERATION

When the circuit is connected as shown in figure 13 (pin 2 and 6 connected) it triggers itself and free runs as a multivibrator. The external capacitor charges through R_1 and R_2 and discharges through R_2 only. Thus the duty cycle may be precisely set by the ratio of these two resistors.

In the astable mode of operation, C_1 charges and discharges between $1/3 V_{CC}$ and $2/3 V_{CC}$. As in the triggered mode, the charge and discharge times and therefore frequency are independent of the supply voltage.



LM111-LM211-LM311

Voltage comparator with strobe

Features

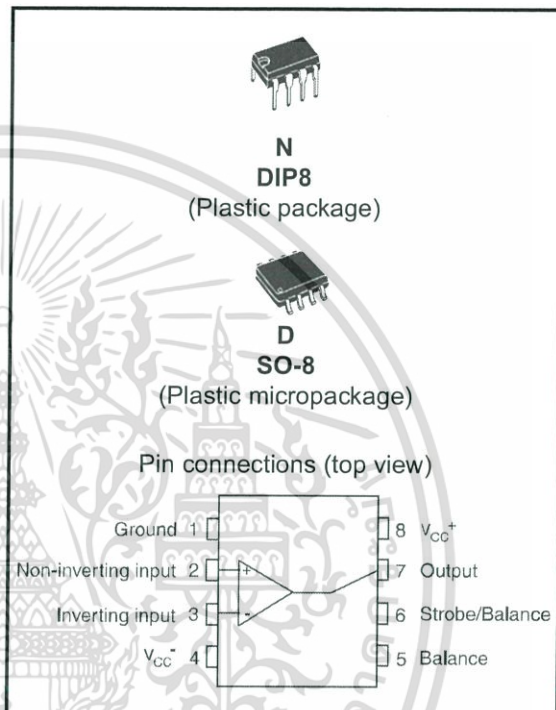
- Maximum input current: 150nA
- Maximum offset current: 20nA
- Differential input voltage range: $\pm 30V$
- Power consumption: 135mW at $\pm 15V$
- Supply voltage: +5V to $\pm 15V$
- Output current: 50mA

Description

The LM111, LM211, LM311 are voltage comparators that have low input currents.

They are also designed to operate over a wide range of supply voltages: from standard $\pm 15V$ operational amplifier supplies down to the single +5V supply used for IC logic.

Their output is compatible with RTL-DTL and TTL as well as MOS circuits and can switch voltages up to +50V at output currents as high as 50mA.



Order codes

Part number	Temperature range	Package	Packing	Marking
LM211N	-40°C, +105°C	DIP8	Tube	LM211N
LM211D/DT		SO-8	Tube or tape & reel	211
LM311N	0°C, +70°C	DIP8	Tube	LM311
LM311D/DT		SO-8	Tube or Tape & reel	311

3 Electrical characteristics

Table 3. $V_{CC}^+ = \pm 15V$, $T_{amb} = +25^\circ C$ (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Conditions	LM111 - LM211			LM311			Unit
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
V_{io}	Input offset voltage (1)	$R_S \leq 50k\Omega$ $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		0.7	3 4		2	7.5 10	mV
I_{io}	Input offset current (1)	$T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		4	10 20		6	50 70	nA
I_{ib}	Input bias current (1)	$T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		60	100 150		100	250 300	nA
A_{vd}	Large signal voltage gain		40	200		40	200		V/mV
I_{CC}^+ I_{CC}^-	Supply currents	Positive Negative		5.1 4.1	6 5		5.1 4.1	7.5 5	mA
V_{icm}	Input common mode voltage range	$T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	-14.5	+13.8 -14.7	+13	-14.5	+13.8 -14.7	+13	V
V_{OL}	Low level output voltage	$T_{amb} = +25^\circ C$, $I_O = 50mA$, $V_i \leq 5mV$		0.75	1.5				V
		$T_{amb} = +25^\circ C$, $I_O = 50mA$, $V_i \leq 10mV$					0.75	1.5	
		$T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ $V_{CC}^+ \geq +4.5V$, $V_{CC}^- = 0$ $I_O = 8mA$, $V_i \leq 6mV$		0.23	0.4				
		$T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ $V_{CC}^+ \geq +4.5V$, $V_{CC}^- = 0$ $I_O = 8mA$, $V_i \leq -10mV$					0.23	0.4	
I_{OH}	High level output current	$T_{amb} = +25^\circ C$ $V_i \geq +5mV$, $V_O = +35V$		0.2	10				nA
		$T_{amb} = +25^\circ C$ $V_i \geq +10mV$, $V_O = +35V$					0.2	50	nA
		$T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ $V_i \geq +5mV$, $V_O = +35V$		0.1	0.5				μA
I_{strobe}	Strobe current			3			3		mA
t_{re}	Response time (2)			200			200		ns

1. The offset voltage, offset current and bias current specifications apply for any supply voltage from a single +5V supply up to $\pm 15V$ supplies. The offset voltages and offset currents given are the maximum values required to drive the output down to +1V or up to +14V with a 1mA load current. Thus, these parameters define an error band and take into account the worst-case of voltage gain and input impedance.

2. The response time specified is for a 100mV input step with 5mV overdrive.



LM158,A-LM258,A LM358,A

LOW POWER DUAL OPERATIONAL AMPLIFIERS

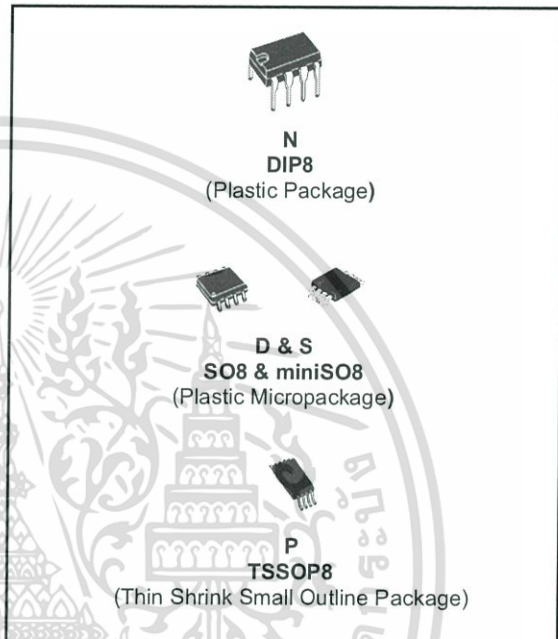
- INTERNALLY FREQUENCY COMPENSATED
- LARGE DC VOLTAGE GAIN: 100dB
- WIDE BANDWIDTH (unity gain): 1.1MHz (temperature compensated)
- VERY LOW SUPPLY CURRENT/OP (500µA) ESSENTIALLY INDEPENDENT OF SUPPLY VOLTAGE
- LOW INPUT BIAS CURRENT: 20nA (temperature compensated)
- LOW INPUT OFFSET VOLTAGE: 2mV
- LOW INPUT OFFSET CURRENT: 2nA
- INPUT COMMON-MODE VOLTAGE RANGE INCLUDES GROUND
- DIFFERENTIAL INPUT VOLTAGE RANGE EQUAL TO THE POWER SUPPLY VOLTAGE
- LARGE OUTPUT VOLTAGE SWING 0V TO ($V_{CC} - 1.5V$)

DESCRIPTION

These circuits consist of two independent, high gain, internally frequency compensated which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. The low power supply drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, dc gain blocks and all the conventional op-amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, these circuits can be directly supplied with the standard +5V which is used in logic systems and will easily provide the required interface electronics without requiring any additional power supply.

In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage.



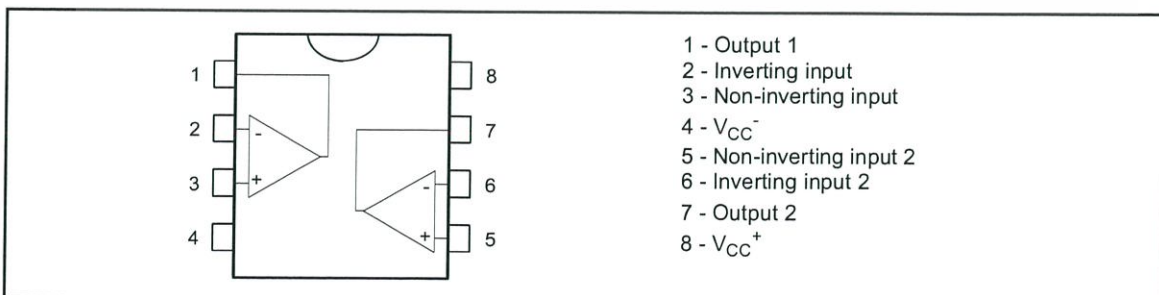
ORDER CODE

Part Number	Temperature Range	Package			
		N	S	D	P
LM158,A	-55°C, +125°C	•		•	•
LM258,A	-40°C, +105°C	•		•	•
LM358,A	0°C, +70°C	•	•	•	•

Example : LM258N

N = Dual in Line Package (DIP)
 D = Small Outline Package (SO) - also available in Tape & Reel (DT)
 S = Small Outline Package (miniSO) only available in Tape & Reel (DT)
 P = Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP) - only available in Tape & Reel (PT)

PIN CONNECTIONS (top view)



- 1 - Output 1
- 2 - Inverting input
- 3 - Non-inverting input
- 4 - V_{CC}^-
- 5 - Non-inverting input 2
- 6 - Inverting input 2
- 7 - Output 2
- 8 - V_{CC}^+

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

$V_{CC}^+ = +5V$, $V_{CC}^- = \text{Ground}$, $V_o = 1.4V$, $T_{amb} = +25^\circ C$ (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	LM158A-LM258A LM358A			LM158-LM258 LM358			Unit
		Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
V_{io}	Input Offset Voltage - note 1) $T_{amb} = +25^\circ C$ LM158, LM258 LM158A $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ LM158, LM258		1	3 2 4		2	7 5 9 7	mV
I_{io}	Input Offset Current $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		2	10 30		2	30 40	nA
I_{ib}	Input Bias Current - note 2) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		20	50 100		20	150 200	nA
A_{vd}	Large Signal Voltage Gain $V_{CC} = +15V$, $R_L = 2k\Omega$, $V_o = 1.4V$ to $11.4V$ $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	50 25	100		50 25	100		V/mV
SVR	Supply Voltage Rejection Ratio ($R_s \leq 10k\Omega$) $V_{CC}^+ = 5V$ to $30V$ $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	65 65	100		65 65	100		dB
I_{CC}	Supply Current, all Amp, no load $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ $V_{CC} = +5V$ $V_{CC} = +30V$		0.7	1.2 1		0.7	1.2 2	mA
V_{icm}	Input Common Mode Voltage Range $V_{CC} = +30V$ - note 3) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	0 0		$V_{CC}^+ - 1.5$ $V_{CC}^+ - 2$	0 0		$V_{CC}^+ - 1.5$ $V_{CC}^+ - 2$	V
CMR	Common Mode Rejection Ratio ($R_s \leq 10k\Omega$) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	70 60	85		70 60	85		dB
I_{source}	Output Current Source $V_{CC} = +15V$, $V_o = +2V$, $V_{id} = +1V$	20	40	60	20	40	60	mA
I_{sink}	Output Sink Current ($V_{id} = -1V$) $V_{CC} = +15V$, $V_o = +2V$ $V_{CC} = +15V$, $V_o = +0.2V$	10 12	20 50		10 12	20 50		mA μA
V_{OPP}	Output Voltage Swing ($R_L = 2k\Omega$) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	0 0		$V_{CC}^+ - 1.5$ $V_{CC}^+ - 2$	0 0		$V_{CC}^+ - 1.5$ $V_{CC}^+ - 2$	

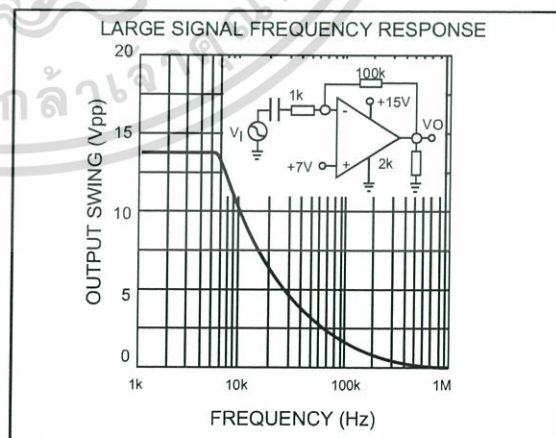
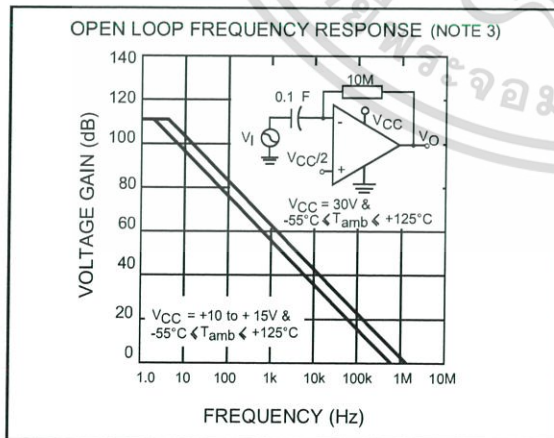


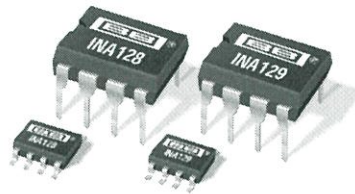
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM158,A-LM258,A-LM358,A

Symbol	Parameter	LM158A-LM258A LM358A			LM158-LM258 LM358			Unit
		Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
V_{OH}	High Level Output Voltage ($V_{CC}^+ = 30V$) $T_{amb} = +25^\circ C$ $R_L = 2k\Omega$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$ $T_{amb} = +25^\circ C$ $R_L = 10k\Omega$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	26 26 27 27	27 28		26 26 27 27	27 28		V
V_{OL}	Low Level Output Voltage ($R_L = 10k\Omega$) $T_{amb} = +25^\circ C$ $T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$		5	20 20		5 20 20		mV
SR	Slew Rate $V_{CC} = 15V, V_i = 0.5$ to $3V, R_L = 2k\Omega,$ $C_L = 100pF,$ unity Gain	0.3	0.6		0.3	0.6		V/ μs
GBP	Gain Bandwidth Product $V_{CC} = 30V, f = 100kHz, V_{in} = 10mV, R_L = 2k\Omega,$ $C_L = 100pF$	0.7	1.1		0.7	1.1		MHz
THD	Total Harmonic Distortion $f = 1kHz, A_v = 20dB, R_L = 2k\Omega, V_o = 2V_{pp},$ $C_L = 100pF, V_o = 2V_{pp}$		0.02			0.02		%
e_n	Equivalent Input Noise Voltage $f = 1kHz, R_s = 100\Omega, V_{CC} = 30V$		55			55		$\frac{nV}{\sqrt{Hz}}$
DV_{io}	Input Offset Voltage Drift		7	15		7 30		$\mu V/^\circ C$
DI_{io}	Input Offset Current Drift		10	200		10 300		$pA/^\circ C$
V_{o1}/V_{o2}	Channel Separation - note 4) $1kHz \leq f \leq 20kHz$		120			120		dB

- $V_o = 1.4V, R_s = 0\Omega, 5V < V_{CC}^+ < 30V, 0 < V_{ic} < V_{CC}^+ - 1.5V$
- The direction of the input current is out of the IC. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the input lines.
- The input common-mode voltage of either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3V. The upper end of the common-mode voltage range is $V_{CC} - 1.5V$, but either or both inputs can go to +32V without damage.
- Due to the proximity of external components insure that coupling is not originating via stray capacitance between these external parts. This typically can be detected as this type of capacitance increases at higher frequencies.





INA128 INA129

Precision, Low Power INSTRUMENTATION AMPLIFIERS

FEATURES

- **LOW OFFSET VOLTAGE:** 50µV max
- **LOW DRIFT:** 0.5µV/°C max
- **LOW INPUT BIAS CURRENT:** 5nA max
- **HIGH CMR:** 120dB min
- **INPUTS PROTECTED TO ±40V**
- **WIDE SUPPLY RANGE:** ±2.25 to ±18V
- **LOW QUIESCENT CURRENT:** 700µA
- **8-PIN PLASTIC DIP, SO-8**

APPLICATIONS

- BRIDGE AMPLIFIER
- THERMOCOUPLE AMPLIFIER
- RTD SENSOR AMPLIFIER
- MEDICAL INSTRUMENTATION
- DATA ACQUISITION

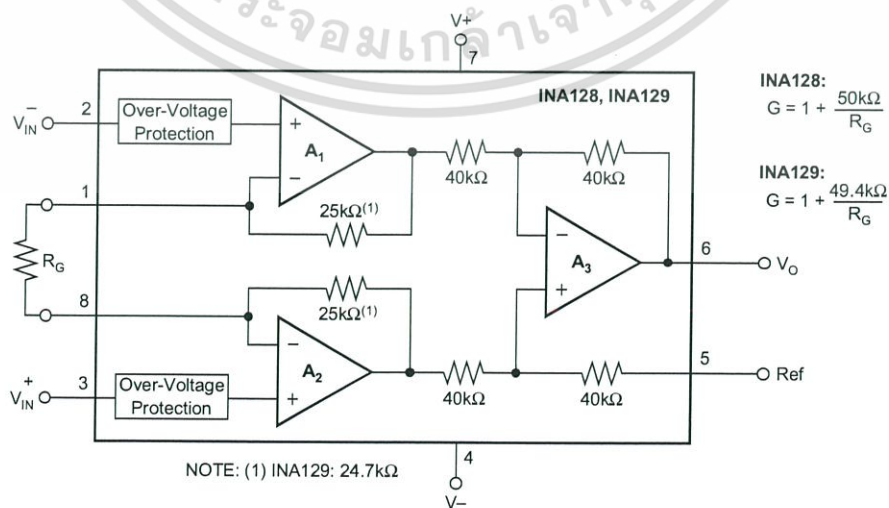
DESCRIPTION

The INA128 and INA129 are low power, general purpose instrumentation amplifiers offering excellent accuracy. Their versatile 3-op amp design and small size make them ideal for a wide range of applications. Current-feedback input circuitry provides wide bandwidth even at high gain (200kHz at G = 100).

A single external resistor sets any gain from 1 to 10,000. INA128 provides an industry standard gain equation; INA129's gain equation is compatible with the AD620.

The INA128/INA129 is laser trimmed for very low offset voltage (50µV), drift (0.5µV/°C) and high common-mode rejection (120dB at G ≥ 100). It operates with power supplies as low as ±2.25V, and quiescent current is only 700µA—ideal for battery operated systems. Internal input protection can withstand up to ±40V without damage.

The INA128/INA129 is available in 8-pin plastic DIP, and SO-8 surface-mount packages, specified for the -40°C to +85°C temperature range. The INA128 is also available in dual configuration, the INA2128.



SPECIFICATIONS

At $T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 15\text{V}$, $R_L = 10\text{k}\Omega$, unless otherwise noted.

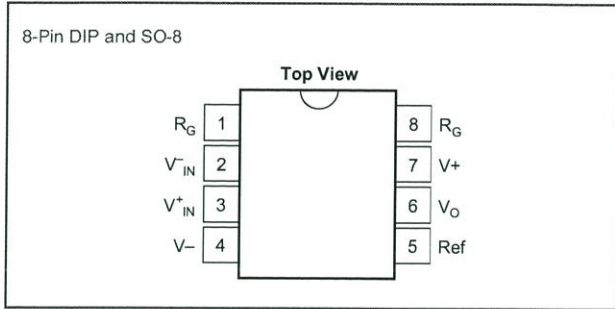
PARAMETER	CONDITIONS	INA128P, U INA129P, U			INA128PA, UA INA129PA, UA			UNITS	
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX		
INPUT Offset Voltage, RTI Initial vs Temperature vs Power Supply Long-Term Stability Impedance, Differential Common-Mode Common-Mode Voltage Range ⁽¹⁾	$T_A = +25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{\text{MIN}}$ to T_{MAX} $V_S = \pm 2.25\text{V}$ to $\pm 18\text{V}$ $V_O = 0\text{V}$		$\pm 10 \pm 100/\text{G}$	$\pm 50 \pm 500/\text{G}$		$\pm 25 \pm 100/\text{G}$	$\pm 125 \pm 1000/\text{G}$	μV	
			$\pm 0.2 \pm 2/\text{G}$	$\pm 0.5 \pm 20/\text{G}$		$\pm 0.2 \pm 5/\text{G}$	$\pm 1 \pm 20/\text{G}$	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	
			$\pm 0.2 \pm 20/\text{G}$	$\pm 1 \pm 100/\text{G}$		*	$\pm 2 \pm 200/\text{G}$	$\mu\text{V}/\text{V}$	
			$\pm 0.1 \pm 3/\text{G}$			*		$\mu\text{V}/\text{mo}$	
			$10^{10} \parallel 2$			*		$\Omega \parallel \text{pF}$	
Safe Input Voltage Common-Mode Rejection	$V_{\text{CM}} = \pm 13\text{V}$, $\Delta R_S = 1\text{k}\Omega$ $G=1$ $G=10$ $G=100$ $G=1000$	$(V+) - 2$ $(V-) + 2$	$(V+) - 1.4$ $(V-) + 1.7$	± 40	*	*	*	V	
		80	86		73	*		dB	
		100	106		93	*		dB	
		120	125		110	*		dB	
		120	130		110	*		dB	
BIAS CURRENT vs Temperature Offset Current vs Temperature			± 2 ± 30	± 5		*	± 10	nA pA/ $^\circ\text{C}$	
			± 1 ± 30	± 5		*	± 10	nA pA/ $^\circ\text{C}$	
						*			
NOISE VOLTAGE, RTI $f = 10\text{Hz}$ $f = 100\text{Hz}$ $f = 1\text{kHz}$ $f_B = 0.1\text{Hz}$ to 10Hz Noise Current $f = 10\text{Hz}$ $f = 1\text{kHz}$ $f_B = 0.1\text{Hz}$ to 10Hz	$G = 1000$, $R_G = 0\Omega$		10			*		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$	
			8			*		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$	
			8			*		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$	
			0.2			*		$\mu\text{Vp-p}$	
			0.9			*		$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$	
			0.3			*		$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$	
GAIN Gain Equation, INA128 INA129 Range of Gain Gain Error Gain vs Temperature ⁽²⁾ 50k Ω (or 49.4k Ω) Resistance ^(2,3) Nonlinearity	$V_O = \pm 13.6\text{V}$, $G=1$ $G=10$ $G=100$ $G=1000$		$1 + (50\text{k}\Omega/R_G)$ $1 + (49.4\text{k}\Omega/R_G)$	10000	*	*	*	V/V V/V V/V	
			1			*	*	*	%
			$G=1$	± 0.01	± 0.024	*	*	± 0.1	%
			$G=10$	± 0.02	± 0.4	*	*	± 0.5	%
			$G=100$	± 0.05	± 0.5	*	*	± 0.7	%
			$G=1000$	± 0.5	± 1	*	*	± 2	%
			$G=1$	± 1	± 10	*	*	*	ppm/ $^\circ\text{C}$
			$G=10$	± 25	± 100	*	*	*	ppm/ $^\circ\text{C}$
			$G=100$	± 0.0001	± 0.001	*	*	± 0.002	% of FSR
			$G=1000$	± 0.0003	± 0.002	*	*	± 0.004	% of FSR
OUTPUT Voltage: Positive Negative Load Capacitance Stability Short-Circuit Current	$R_L = 10\text{k}\Omega$ $R_L = 10\text{k}\Omega$	$(V+) - 1.4$ $(V-) + 1.4$	$(V+) - 0.9$ $(V-) + 0.8$		*	*	*	V	
				1000	*	*	*	V	
				+6/-15	*	*	*	pF	
					*	*	*	mA	
FREQUENCY RESPONSE Bandwidth, -3dB Slew Rate Settling Time, 0.01% Overload Recovery	$G=1$ $G=10$ $G=100$ $G=1000$ $V_O = \pm 10\text{V}$, $G=10$ $G=1$ $G=10$ $G=100$ $G=1000$ 50% Overdrive		1.3			*		MHz	
			700			*		kHz	
			200			*		kHz	
			20			*		kHz	
			4			*		V/ μs	
			7			*		μs	
	7			*		μs			
	9			*		μs			
	80			*		μs			
	4			*		μs			
POWER SUPPLY Voltage Range Current, Total	$V_{\text{IN}} = 0\text{V}$	± 2.25	± 15	± 18	*	*	*	V	
			± 700	± 750		*	*	*	μA
TEMPERATURE RANGE Specification Operating θ_{JA} 8-Pin Dip SO-8 SOIC		-40		85	*		*	$^\circ\text{C}$	
		-40		125	*		*	$^\circ\text{C}$	
			80			*	*	$^\circ\text{C}/\text{W}$	
		150			*	*	$^\circ\text{C}/\text{W}$		

* Specification same as INA128P, U or INA129P, U.

NOTE: (1) Input common-mode range varies with output voltage—see typical curves. (2) Guaranteed by wafer test. (3) Temperature coefficient of the 50k Ω (or 49.4k Ω) term in the gain equation. (4) Nonlinearity measurements in $G = 1000$ are dominated by noise. Typical nonlinearity is $\pm 0.001\%$.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN CONFIGURATION



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage	$\pm 18V$
Analog Input Voltage Range	$\pm 40V$
Output Short-Circuit (to ground)	Continuous
Operating Temperature	$-40^{\circ}C$ to $+125^{\circ}C$
Storage Temperature	$-40^{\circ}C$ to $+125^{\circ}C$
Junction Temperature	$+150^{\circ}C$
Lead Temperature (soldering, 10s)	$+300^{\circ}C$



ELECTROSTATIC DISCHARGE SENSITIVITY

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

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

ORDERING INFORMATION

PRODUCT	PACKAGE	PACKAGE DRAWING NUMBER ⁽¹⁾	TEMPERATURE RANGE
INA128PA	8-Pin Plastic DIP	006	$-40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$
INA128P	8-Pin Plastic DIP	006	$-40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$
INA128UA	SO-8 Surface-Mount	182	$-40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$
INA128U	SO-8 Surface-Mount	182	$-40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$
INA129PA	8-Pin Plastic DIP	006	$-40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$
INA129P	8-Pin Plastic DIP	006	$-40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$
INA129UA	SO-8 Surface-Mount	182	$-40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$
INA129U	SO-8 Surface-Mount	182	$-40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION INFORMATION

Figure 1 shows the basic connections required for operation of the INA128/INA129. Applications with noisy or high impedance power supplies may require decoupling capacitors close to the device pins as shown.

The output is referred to the output reference (Ref) terminal which is normally grounded. This must be a low-impedance connection to assure good common-mode rejection. A resistance of 8Ω in series with the Ref pin will cause a typical device to degrade to approximately 80dB CMR (G = 1).

SETTING THE GAIN

Gain is set by connecting a single external resistor, R_G, connected between pins 1 and 8:

$$\text{INA128: } G = 1 + \frac{50\text{k}\Omega}{R_G} \quad (1)$$

$$\text{INA129: } G = 1 + \frac{49.4\text{k}\Omega}{R_G} \quad (2)$$

Commonly used gains and resistor values are shown in Figure 1.

The 50kΩ term in Equation 1 (49.4kΩ in Equation 2) comes from the sum of the two internal feedback resistors of A₁ and A₂. These on-chip metal film resistors are laser trimmed to

accurate absolute values. The accuracy and temperature coefficient of these internal resistors are included in the gain accuracy and drift specifications of the INA128/INA129.

The stability and temperature drift of the external gain setting resistor, R_G, also affects gain. R_G's contribution to gain accuracy and drift can be directly inferred from the gain equation (1). Low resistor values required for high gain can make wiring resistance important. Sockets add to the wiring resistance which will contribute additional gain error (possibly an unstable gain error) in gains of approximately 100 or greater.

DYNAMIC PERFORMANCE

The typical performance curve "Gain vs Frequency" shows that, despite its low quiescent current, the INA128/INA129 achieves wide bandwidth, even at high gain. This is due to the current-feedback topology of the input stage circuitry. Settling time also remains excellent at high gain.

NOISE PERFORMANCE

The INA128/INA129 provides very low noise in most applications. Low frequency noise is approximately 0.2μV_{p-p} measured from 0.1 to 10Hz (G ≥ 100). This provides dramatically improved noise when compared to state-of-the-art chopper-stabilized amplifiers.

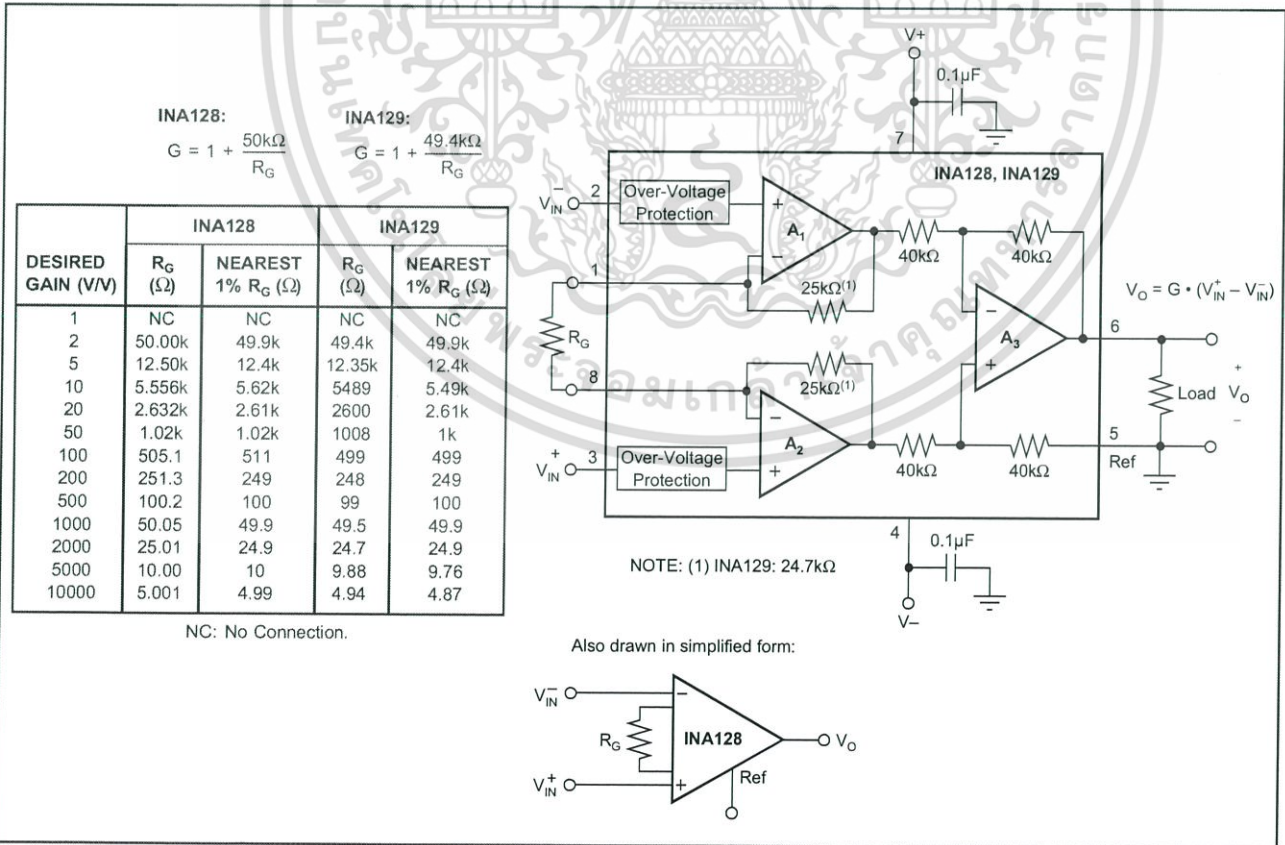


FIGURE 1. Basic Connections.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

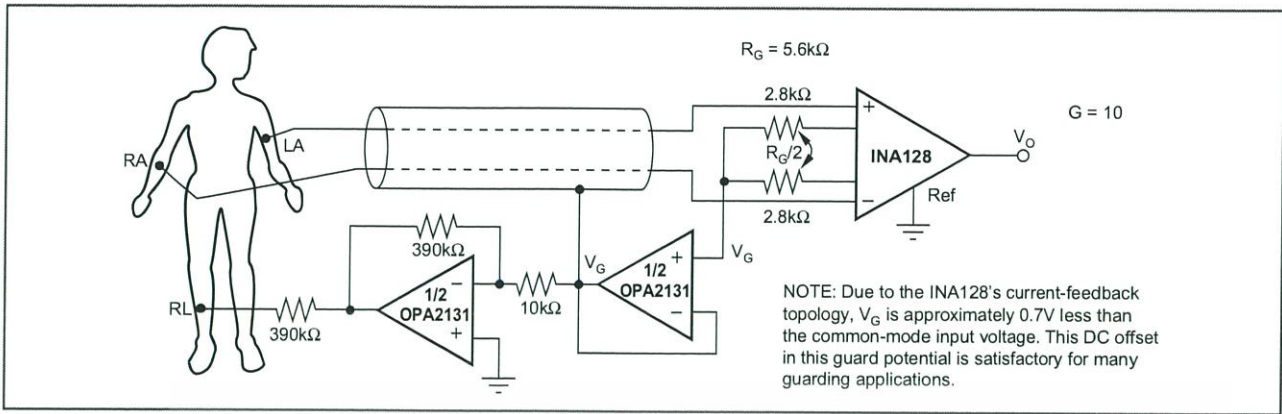


FIGURE 4. ECG Amplifier With Right-Leg Drive.

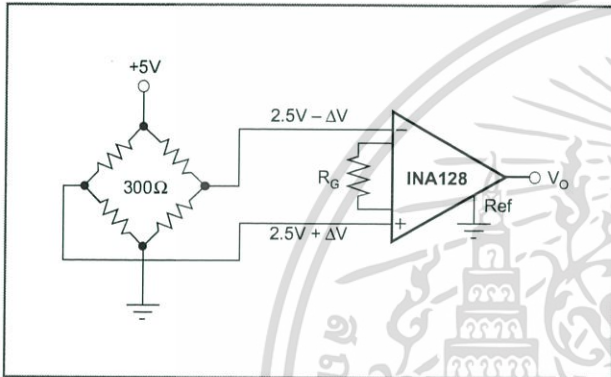


FIGURE 5. Bridge Amplifier.

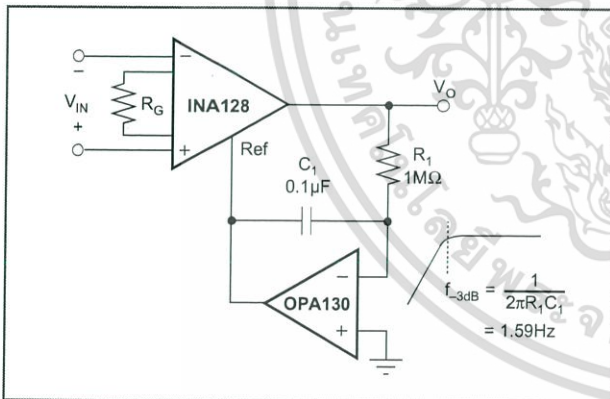


FIGURE 6. AC-Coupled Instrumentation Amplifier.

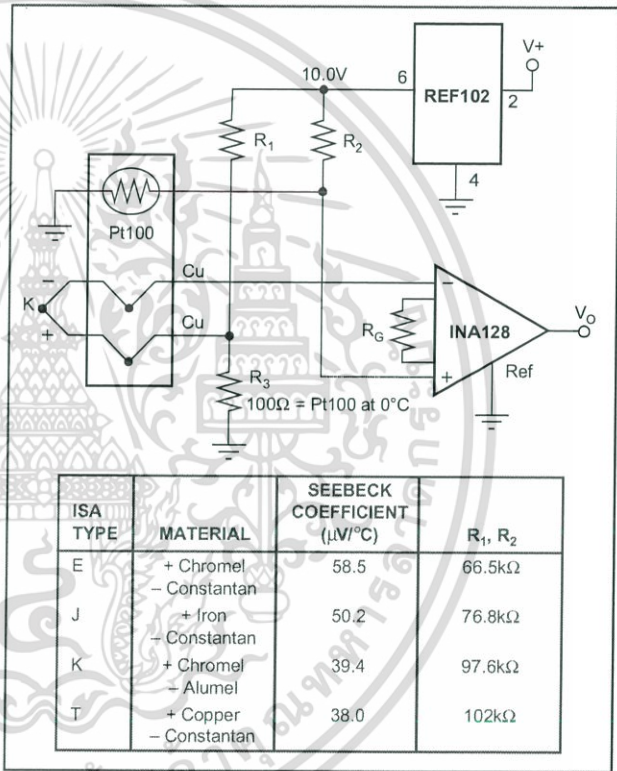


FIGURE 7. Thermocouple Amplifier With RTD Cold-Junction Compensation.

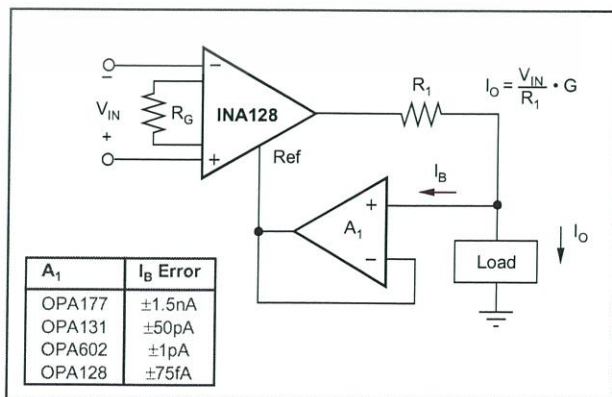


FIGURE 8. Differential Voltage to Current Converter.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Parameter	Value
V_{CEO}	50V
I_C	3.0A

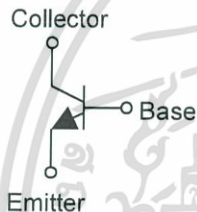
●Outline



●Features

- 1) Suitable for Middle Power Driver
- 2) Complementary PNP Types : 2SAR533P
- 3) Low $V_{CE(sat)}$
 $V_{CE(sat)}=0.35V$ Max. ($I_C/I_B=1A/50mA$)
- 4) Lead Free/RoHS Compliant.

●Inner circuit



●Applications

Motor driver , LED driver
Power supply

●Packaging specifications

Part No.	Package	Package size (mm)	Taping code	Reel size (mm)	Tape width (mm)	Basic ordering unit (pcs)	Marking
2SCR533P	MPT3	4540	T100	180	12	1,000	NM

●Absolute maximum ratings ($T_a = 25^\circ C$)

Parameter	Symbol	Values	Unit	
Collector-base voltage	V_{CBO}	50	V	
Collector-emitter voltage	V_{CEO}	50	V	
Emitter-base voltage	V_{EBO}	6	V	
Collector current	DC	I_C	3.0	A
	Pulsed	I_{CP}^{*1}	6.0	A
Power dissipation	2SCR533P	P_D	0.5 ^{*2}	W
			2.0 ^{*3}	W
Junction temperature	T_j	150	$^\circ C$	
Range of storage temperature	T_{stg}	-55 to +150	$^\circ C$	

*1 $P_w=10ms$, single pulse *2 Each terminal mounted on a reference land

*3 Mounted on a ceramic board (40×40×0.7mm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ทำการแก้ไข ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และห้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

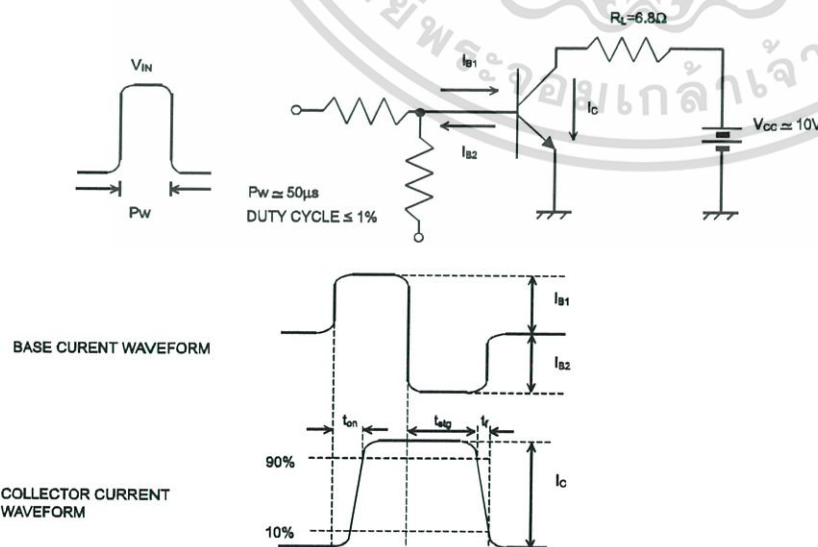
●Electrical characteristics(Ta = 25°C)

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
Collector-emitter breakdown voltage	BV_{CEO}	$I_C = 1mA$	50	-	-	V
Collector-base breakdown voltage	BV_{CBO}	$I_C = 100\mu A$	50	-	-	V
Emitter-base breakdown voltage	BV_{EBO}	$I_E = 100\mu A$	6	-	-	V
Collector cut-off current	I_{CBO}	$V_{CB} = 50V$	-	-	1	μA
Emitter cut-off current	I_{EBO}	$V_{EB} = 4V$	-	-	1	μA
Collector-emitter saturation voltage	$V_{CE(sat)}$ *1	$I_C = 1A, I_B = 50mA$	-	0.13	0.35	V
DC current gain	h_{FE}	$V_{CE} = 3V, I_C = 50mA$	180	-	450	-
Transition frequency	f_T	$V_{CE} = 10V, I_E = -500mA$ $f = 100MHz$	-	320	-	MHz
Output capacitance	C_{ob}	$V_{CB} = 10V, I_E = 0A$ $f = 1MHz$	-	13	-	pF
Turn-on time	t_{on} *2	$I_C = 1.5A$	-	50	-	ns
Storage time	t_{stg} *2	$I_{B1} = 150mA$ $I_{B2} = -150mA$	-	450	-	ns
Fall time	t_f *2	$V_{CC} = 10V$	-	80	-	ns

*1 Pulsed

*2 See switching time test circuit

●Switching time test circuit



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ทำการตีพิมพ์ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



深圳秋田视佳实业有限公司
SHENZHEN AV-DISPLAY CO., LTD

深圳秋田视佳实业有限公司
 地址：深圳市华侨城东部工业区文昌街东北 C-7 栋

SHENZHEN AV-DISPLAY CO.,LTD
 Address: North East C-7 Building, Wenchang Street
 Eastern District, OCT, ShenZhen, China

电话:(086)0755-26919178 传真: (086)0755 -26911092
 网址: [Http://www.av-display.com.cn](http://www.av-display.com.cn)

TEL: (086)0755-26919178 FAX: (086)0755-26911092
[Http://www.av-display.com.cn](http://www.av-display.com.cn)

SPECIFICATION
FOR
LCM MODULE

MODULE NO.: ABC016002A07-GHY
DOC.REVISION: 00

Customer Approval:

--

	SIGNATURE	DATE
PREPARED BY (RD ENGINEER)		Apr-11-2006
PREPARED BY (QA ENGINEER)		
CHECKED BY		
APPROVED BY		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. FUNCTIONS & FEATURES

1.1. Format	: 16x2 characters
1.2. LCD mode	: STN / Positive Transflective Mode / Grey
1.3. Viewing direction	: 6 o'clock
1.4. Driving scheme	: 1/16 Duty , 1/5 Bias
1.5. Power supply voltage (V _{DD})	: 5.0V
1.6. LCD driving voltage(V _{op})	: 4.2V
1.7. Operation temp	: -20~70°C
1.8. Storage temp	: -30~80°C
1.9. Backlight color	: Y-G

2. MECHANICAL SPECIFICATIONS

2.1. Module size	: 80.0mm(L)*36.0mm(W)*14.5(H) max mm
2.2. Viewing area	: 62.2mm(L)*17.9mm(W)
2.3. Character pitch	: 3.55mm(L)*5.95mm(W)
2.4. Character size	: 2.95mm(L)*5.55mm(W)
2.5. Dot pitch	: 0.55mm(L)*0.65mm(W)
2.6. Dot size	: 0.60mm(L)*0.70mm(W)
2.7. Weight	: Approx.

3. BLOCK DIAGRAM

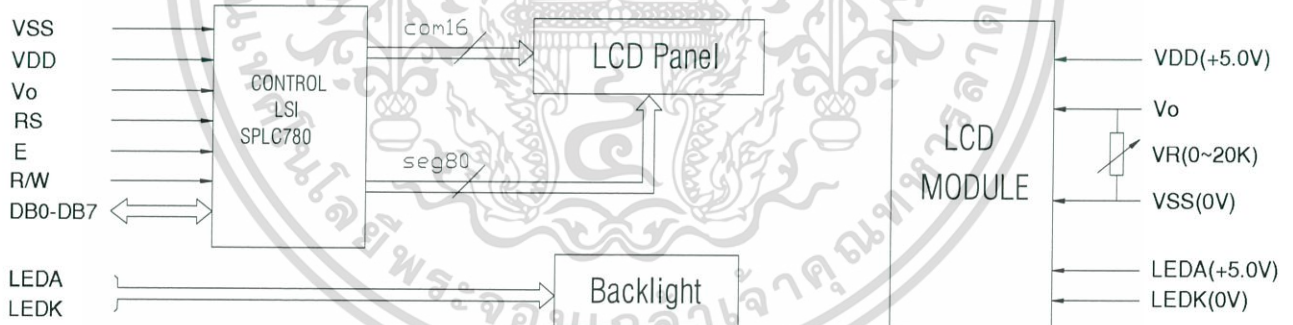


Figure1. Block diagram



5. PIN DESCRIPTION

No.	Symbol	Function
1 ₊ 2	VDD	Power supply for Logic(+5V)
2 ₋ 1	VSS	GND(0V)
3	V0	Power supply for LCD drive
4	RS	Register selection (H: Data register, L: Instruction register)
5	R/W	Read/write selection (H: Read, L: Write)
6	E	Enable signal for LCM
7~14	DB0~DB7	Data Bus line
A	LEDA	Power supply for Backlight(+5V)
K	LEDK	Power supply for Backlight(0V)

6. MAXIMUM ABSOLUTE LIMIT

Maximum Absolute Power Ratings

Characteristic	Symbol	Unit	Value
Power Supply Voltage	V_{DD}	V	-0.3 to +7.0
Operating Voltage	V_{LCD}	V	$V_{DD}-15.0$ to $V_{DD}+0.3$
Input Voltage	V_{IN}	V	-0.3 to $V_{DD}+ 0.3$

NOTE: Voltage greater than above may damage the circuit.
 $V_{DD} > V1 > V2 > V3 > V4 > V5$

Temperature Characteristics

Characteristic	Symbol	Unit	Value
Operating Temperature	T_{OPR}	°C	-30 to +85
Storage Temperature	T_{STG}	°C	-55 to +125

7. ELECTRICAL CHARACTERISTICS

7.1 DC CHARACTERISTICS

(V_{DD} = 4.5V ~ 5.5V, T_a = -30°C ~ +85°C)

Characteristic	Symbol	Condition	Min	Typ	Max	Unit
Operating Voltage	V _{DD}	-	4.5	-	5.5	V
Operating Current	I _{DD}	Internal oscillation or external clock (V _{DD} = 5.0V, f _{osc} = 270kHz)	-	0.35	0.6	mA
Input Voltage (1) (except OSC1)	V _{IH1}	-	2.2	-	V _{DD}	V
	V _{IL1}	-	-0.3	-	0.6	
Input Voltage (2) (OSC1)	V _{IH2}	-	V _{DD} -1.0	-	V _{DD}	V
	V _{IL2}	-	-0.2	-	1.0	
Output Voltage (1) (DB0 to DB7)	V _{OH1}	I _{OH} = -0.205mA	2.4	-	-	V
	V _{OL1}	I _{OL} = 1.2mA	-	-	0.4	
Output Voltage (2) (except DB0 to DB7)	V _{OH2}	I _O = -40μA	0.9V _{DD}	-	-	V
	V _{OL2}	I _O = 40μA	-	-	0.1V _{DD}	
Voltage Drop	V _{dCOM}	I _O = ±0.1mA	-	-	1	V
	V _{dSEG}		-	-	1	
Input Leakage Current	I _{LKG}	V _{IN} = 0V to V _{DD}	-1	-	1	μA
Input Low Current	I _{IL}	V _{IN} = 0V, V _{DD} = 5V (pull up)	-50	-125	-250	
Internal Clock (external Rf)	f _{OSC1}	Rf = 91kΩ ± 2% (V _{DD} = 5V)	190	270	350	kHz
External Clock	f _{OSC}	-	125	270	350	kHz
	duty		45	50	55	%
	t _R , t _F		-	-	0.2	μA
LCD Driving Voltage	V _{LCD}	V _{DD} -V5 (1/5, 1/4 bias)	3.0	-	13.0	V

7.2 AC Characteristics

(VDD = 4.5V ~ 5.5V, Ta = -30 °C ~ +85°C)

Mode	Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Write Mode (refer to Figure-6)	E Cycle Time	t_c	500	-	-	ns
	E Rise / Fall Time	t_R, t_F	-	-	20	
	E Pulse Width (High, Low)	t_w	230	-	-	
	RW and RS Setup Time	t_{su1}	40	-	-	
	RW and RS Hold Time	t_{H1}	10	-	-	
	Data Setup Time	t_{su2}	80	-	-	
	Data Hold Time	t_{H2}	10	-	-	
Read Mode (refer to Figure-7)	E Cycle Time	t_c	500	-	-	ns
	E Rise / Fall Time	t_R, t_F	-	-	20	
	E Pulse Width (High, Low)	t_w	230	-	-	
	RW and RS Setup Time	t_{su}	40	-	-	
	RW and RS Hold Time	t_H	10	-	-	
	Data Output Delay Time	t_D	-	-	120	
	Data Hold Time	t_{DH}	5	-	-	

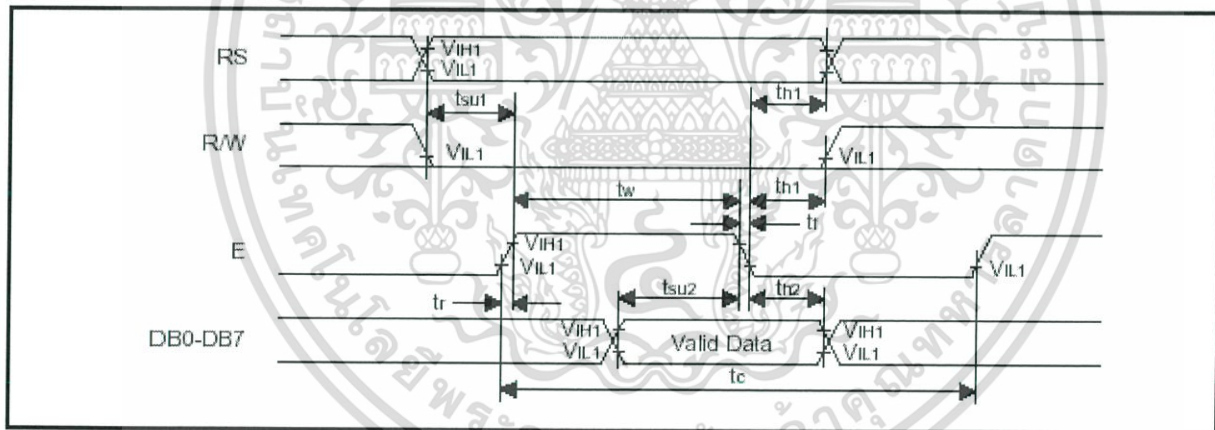


Figure 6. Write Mode Timing Diagram

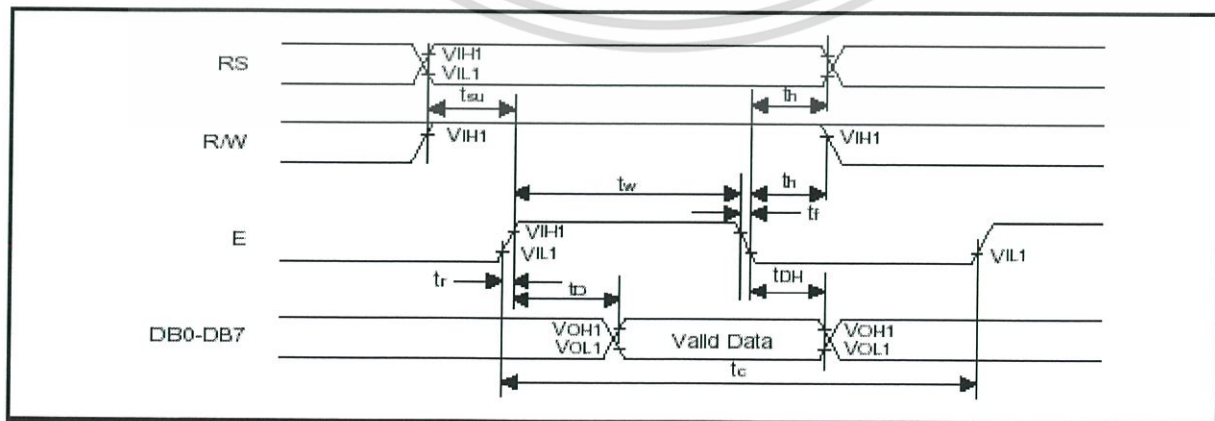


Figure 7. Read Mode Timing Diagram

8. CONTROL AND DISPLAY INSTRUCTION

Instruction	Instruction Code										Description Instruction Code	Execution time (f _{soc} =270kHz)
	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0		
Clear Display	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Write "20H" to DDRAM. and set DDRAM address to "00H" from AC.	1.53ms
Return Home	0	0	0	0	0	0	0	0	1	X	Set DDRAM address to "00H" from AC and return cursor to its original position if shifted. The contents of DDRAM are not changed.	1.53ms
Entry Mode Set	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	SH	Assign cursor moving direction and make shift of entire display enable.	39μs
Display ON/OFF Control	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	Set display(D), cursor(C), and blinking of cursor(B) on/off control bit.	39μs
Cursor or Display Shift	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	X	X	Set cursor moving and display shift control bit, and the direction, without changing DDRAM data.	39μs
Function Set	0	0	0	0	1	DL	N	F	X	X	Set interface data length (DL : 4-bit/8-bit), numbers of display line (N : 1-line/2-line), display font type(F : 5 X 8 dots/ 5 X 11 dots)	39μs
Set CGRAM Address	0	0	0	1	AC5	AC4	AC3	AC2	AC1	AC0	Set CGRAM address in address counter.	39μs
Set DDRAM Address	0	0	1	AC6	AC5	AC4	AC3	AC2	AC1	AC0	Set DDRAM address in address counter.	39μs
Read Busy Flag and Address	0	1	BF	AC6	AC5	AC4	AC3	AC2	AC1	AC0	Whether during internal operation or not can be known by reading BF. The contents of address counter can also be read.	0μs
Write Data to RAM	1	0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Write data into internal RAM (DDRAM/CGRAM).	43μs
Read Data from RAM	1	1	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Read data from internal RAM (DDRAM/CGRAM).	43μs

NOTE: When an MPU program with checking the Busy Flag (DB7) is made, it must be necessary 1/2 F_{soc} is necessary for executing the next instruction by the falling edge of the 'E' signal after the Busy Flag (DB7) goes to "Low".



9. CHARACTER GENERATOR ROM

Upper 4 bit Lower 4 bit	LLLL	LLLH	LLHL	LLHH	LHLL	LHLH	LHHL	LHHH	HLLL	HLLH	HLHL	HLHH	HHLL	HHLH	HHHL	HHHH
LLLL	士	0	0	P	'	P	9	自	当		1	兩	β	π		
LLLH	≡	!	1	A	Q	a	q	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LLHL	7	"	2	B	R	b	r	e	E	0	0	0	0	0	0	0
LLHH	U	#	3	O	S	s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LHLL	1	々	4	O	T	t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LHLH	U	2	5	E	U	e	u	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LHHL	Y	8	6	F	U	f	u	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LHHH	J	'	7	G	W	w	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HLLL	J	0	8	H	X	h	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HLLH	U	λ	9	I	Y	i	y	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HLHL	※	*	2	J	Z	j	z	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HLHH	J	+	3	K	C	k	c	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HHLL	≡	,	<	L	\	l	l	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HHLH	ω	-	=	M	J	m	j	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HHHL	π	.	>	N	^	n	^	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HHHH	π	/	0	O	_	o	_	0	0	0	0	0	0	0	0	0

10. BACK LIGHT CHARACTERISTICS

LCD Module with bottom LED Backlight
ELECTRICAL RATINGS

Ta = 25°C

Item	Symbol	Condition	Min	Typ	Max	Unit
Forward Voltage	VF	IF=110mA	4.0	4.2	4.5	V
Reverse Current	IR	VR=10V	---	---	0.11	mA
Wave length	$\lambda\rho$	IF=110mA	570	572	575	nm
Color	Yellow-green					

11. ELECTRO-OPTICAL CHARACTERISTICS

(V_{DD} = 5.0V, Ta = 25°C)

Item	Symbol	Condition	Min	Typ	Max	Unit
Operating Voltage Of LCD	Vop	Ta = -20°C	4.6	4.8	5.0	V
		Ta = 25°C	4.0	4.2	4.5	
		Ta = 70°C	3.7	3.8	4.0	
Response time	Tr	Ta = 25°C	---	185	---	ms
	Tf		---	200	---	ms
Contrast	Cr	Ta = 25°C	---	4	---	---
Viewing angle range	θ	Cr ≥ 2	-40	---	+40	deg
	Φ		-40	---	+40	deg

$$Cr = \frac{\text{Brightness of non-selected segment}(B2)}{\text{Brightness of selected segment}(B1)}$$

