

การศึกษาและสร้างเครื่องวัดความดันโลหิตโดยใช้ตัวตรวจวัดความดัน
ร่วมอุปกรณ์ GODELOX-GFX2

A Study and Implementation of Blood Pressure Using Pressure
Sensor with GODELOX-GFX2 Device

นายณัฐพงษ์ บพบา
นางสาวปาริณทร์ ศรเพ็ชร
นางสาววรรณวิณี ไตรชัยภูมิ

ปริญญาโท เป็นชิ้นหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2555

การศึกษาและสร้างเครื่องมือวัดความดันโลหิตโดยใช้ตัวตรวจวัดความดัน
ร่วมอุปกรณ์ GODELOX-GFX2
A Study and Implementation of Blood Pressure Using Pressure
Sensor with GODELOX-GFX2 Device

นายณัฐพงษ์ บุชบา
นางสาวปารินทร์ ศรีเพชร
นางสาววรรณวิณี โตชัยภูมิ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมการวัดคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2555

A Study and Implementation of Blood Pressure Using
Pressure Sensor with GODELOX-GFX2 Device

NATTAPONG BUSSABA
PARIN SONPET
WANWINEE TOCHAIYAPHUM


A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2012

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2555
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองปริญญาานิพนธ์

หัวข้อปริญญาานิพนธ์ การศึกษาและสร้างเครื่องมือวัดความดันโลหิตโดยใช้ตัวตรวจวัด
ความดันร่วมอุปกรณ์ GODELOX-GFX2

A STUDY AND IMPLEMENTATION OF BLOOD PRESSURE USING
PRESSURE SENSOR WITH GODELOX-GFX2 DEVICE

นักศึกษาผู้จัดทำ	นายณัฐพงษ์	บุษบา	รหัสนักศึกษา	52010333
	นางสาวปารินทร์	ศรเพชร	รหัสนักศึกษา	52010713
	นางสาววรรณวิณี	โตชัยภูมิ	รหัสนักศึกษา	52011046
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต			
สาขาวิชา	วิศวกรรมการวัดคุม			
ปีการศึกษา	2555			

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.วิริยะ กองรัตน์	

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การศึกษาและการสร้างเครื่องมือวัดความดันโลหิตโดยใช้ตัวตรวจวัดความดันร่วมอุปกรณ์ GODELOX-GFX2		
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายณัฐพงษ์	บุษบา	รหัสนักศึกษา 52010333
	นางสาวปารินทร์	ศรเพชร	รหัสนักศึกษา 52010713
	นางสาววรรณวิณี	โตชัยภูมิ	รหัสนักศึกษา 52011046
อาจารย์ที่ปรึกษา ปีการศึกษา	รศ.วิริยะ กองรัตน์ 2555		

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้เป็นการศึกษาหลักการวัดความดันโลหิตด้วยวิธีการวัดแบบออสซิลโลเมตริก หลักการคือ เมื่อเพิ่มความดันเข้าถุงยางพ่นแขน (Cuff) ทำให้ผนังหลอดเลือดแดงเกิดการสั้นตัว ขนาดการสั้นที่ได้จะแปรผันตามระยะที่ปิดกั้นของหลอดเลือด จะได้ค่าความดันแตกต่างที่ความดันโลหิตกระทำต่อถุงยางพ่นแขนมาใช้ในการวิเคราะห์หาความดันซิสโตลิก ความดันไดแอสโตลิก และความดันเฉลี่ย จากนั้นนำเอาหลักการและทฤษฎีมาทำการทดลองกับโปรแกรม LabVIEW และใช้โปรแกรมช่วยวิเคราะห์สัญญาณ โดยการทดลองจะนำเอาเซนเซอร์วัดความดันต่อเข้ากับถุงยางพ่นแขนและ DAQ ใช้เซนเซอร์วัดความดันแปลงสัญญาณค่าความดันให้อยู่ในรูปของสัญญาณทางไฟฟ้า ส่งต่อเข้า DAQ เพื่อนำสัญญาณที่ได้ไปใช้ในการประมวลผลหาค่าความดันแตกต่าง หลังจากนั้นเมื่อผลการทดลองเป็นไปตามทฤษฎีจะนำเอาหลักการวัดความดันโลหิตด้วยวิธีออสซิลโลเมตริกไปประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ GODELOX-GFX2 ในการประมวลผลและแสดงค่าความดันซิสโตลิก ค่าความดันไดแอสโตลิก และอัตราการเต้นของหัวใจ ผ่านจอแสดงผล OLED

THESIS TITLE	A STUDY AND IMPLEMENTATION OF BLOOD PRESSURE USING PRESSURE SENSOR WITH GODELOX-GFX2 DEVICE
NAME	NATTAPONG BUSSABA PARIN SONPET WANWINEE TOCHAIYAPHUM
THESIS ADVISOR	Assoc.Prof. VIRIYA KONGRATANA
YEAR	2012

ABSTRACT

This thesis is a study of the blood pressure measurement with the string Oscillatoria Lome. The principle is Increasing pressure to arm wrapped condom (Cuff) to shake the walls of the arteries. Size will vary depending on the oscillation period of the blocking of the arteries. The pressure difference, the pressure exerted on the blood pressure arm wrapped condom use in the analysis of the systolic pressure diastolic pressure acrylic and mean pressure. Then take out the principles and theory of an experiment on the use of LabVIEW and the signal analysis. The trial will take the pressure sensor attached to the bag, rubber sleeves and DAQ sensor pressure transducer pressure in the form of an electrical signal passed to DAQ in order to signal that it used to Process for the pressure difference. The results are based on the theory that the blood pressure by Oscillatoria Astrid Salome was applied to GODELOX-GFX2 equipment to process and display the systolic pressure diastolic pressure acrylic and the heart through the display OLED.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีอย่างสมบูรณ์ โดยได้รับความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์วิริยะ กองรัตน์ เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาานิพนธ์ ซึ่งได้ให้ความกรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ เพื่อให้ปริญญาานิพนธ์เล่มนี้ถูกต้อง มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์ที่ได้รับ จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอบคุณคุณพ่อ คุณแม่ ที่ดูแลเลี้ยงดู และให้กำลังใจในการทำปริญญาานิพนธ์เล่มนี้

ขอขอบคุณเจ้าของเอกสาร บทความ ตำรา หนังสือทุกท่านที่ผู้จัดทำใช้ในการสืบค้นข้อมูลที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้

คุณค่าและประโยชน์จากการค้นคว้าอันพึงมีของปริญญาานิพนธ์เล่มนี้ผู้จัดทำขอมอบทดแทนบุญคุณ ต่อพ่อ แม่ และครูบาอาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนศิษย์มาตลอด ด้วยวิญญูณของความเป็นครู ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ
มีนาคม 2556

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญของปริญญาโท.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญาโท.....	2
1.3 ขอบเขตของปริญญาโท.....	2
1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีสำหรับการวัดความดันโลหิต.....	4
2.1 คำจำกัดความที่ใช้ในการวัดค่าความดันโลหิต.....	4
2.2 ระบบหมุนเวียนโลหิต.....	6
2.3 ลักษณะคุณสมบัติทางฟิสิกส์บางประการของโลหิต.....	7
2.4 ความดันโลหิต.....	11
2.4.1 รูปคลื่นความดันโลหิต.....	13
2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดันโลหิต.....	14
2.6 ชนิดของการวัดความดันโลหิต.....	16
2.6.1 ระบบการวัดความดันโลหิตโดยวิธีการวัดทางตรง.....	16
2.6.2 ระบบการวัดความดันโลหิตโดยวิธีการวัดทางอ้อม.....	17
2.7 วิธีการวัดความดันโลหิตที่ถูกต้อง.....	19
2.8 การบำรุงรักษาเครื่องวัดความดันโลหิต.....	21
บทที่ 3 การออกแบบอุปกรณ์ตรวจวัดความดันโลหิต.....	23
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองหลักการวัดความดันโลหิตด้วยวิธีออสซิลโลเมตริก.....	23
3.1.1 อุปกรณ์ DAQ.....	23
3.1.2 โปรแกรม LabVIEW.....	25
3.2 อุปกรณ์ตรวจวัดความดันด้วยวิธีออสซิลโลเมตริก.....	27
3.2.1 อุปกรณ์เซนเซอร์ความดัน.....	27

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.2 อุปกรณ์ GODELOX-GFX2.....	31
3.2.3 อุปกรณ์ μ OLED-160-G1	35
3.2.4 ถูยงยงพ่นแชน	38
3.3 วงจรการทำงานของเครื่องวัดความดันโลหิต.....	39
บทที่ 4 หลักการ และระบบการวัดความดันโลหิตด้วยวิธีออสซิลโลเมตริก	40
4.1 หลักการวัดความดันโลหิตด้วยวิธีออสซิลโลเมตริก	40
4.2 การทดลองหลักการวัดความดันโลหิตด้วยวิธีออสซิลโลเมตริก	40
4.3 การนำเอาหลักการวัดความดันโลหิตด้วยวิธีออสซิลโลเมตริกมาประยุกต์ใช้กับ GODELOX-GFX2.....	44
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา และแนวทางการพัฒนา	47
5.1 สรุปผลการศึกษา	47
5.2 ปัญหาที่พบในการศึกษา	47
5.3 แนวทางในการพัฒนา.....	48
บรรณานุกรม.....	49
ภาคผนวก ก. Pressure Sensor MPX5050.....	50
ภาคผนวก ข. 4DGL	69
ภาคผนวก ค. μ OLED-160-G1.....	87
ภาคผนวก ง. GODELOX-GFX2.....	101

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงรูปคลื่นของความดันโลหิตที่หลอดเลือดแดงใหญ่.....	5
2.2 แสดงรูปคลื่นความดันที่ระบบไหลเวียนเลือดต่างๆ.....	7
2.3 แสดงลักษณะการไหลเวียนของโลหิต.....	9
2.4 แสดงการเปรียบเทียบความดันที่เพิ่มขึ้นกับลักษณะการไหลของของเหลว.....	10
2.5 แสดงการทดลองวัดค่าความดันโลหิต aorta ในม้าครั้งแรก.....	11
2.6 แสดงตำแหน่งการวัดความดันประกอบกับการฟังสัญญาณชีพจร.....	12
2.7 แสดงรูปคลื่นแรงดันโลหิตที่สัมพันธ์กับการทำงานของหัวใจ.....	13
2.8 แสดงระบบการวัดความดันโลหิตโดยวิธีการวัดทางตรง.....	17
2.9 แสดงวิธีการวัดความดันโลหิตโดยวิธีทางอ้อม.....	18
2.10 แสดงวิธีการวัดความดันโลหิตโดยวิธีฟังเสียง.....	19
3.1 แสดง Front Panel	26
3.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมของโปรแกรม	27
3.3 แสดง Icon และ Connector.....	27
3.4 แสดงวงจรแหล่งจ่ายและตัวกรองเอาต์พุต.....	28
3.5 แสดงวงจรรวมของเครื่องวัดความดัน	28
3.6 แสดงแรงดันเอาต์พุตกับความดันแตกต่าง.....	30
3.7 แสดง GOLDELOX-GFX2 ของ 4DGL	31
3.8 แสดงขาของ GOLDELOX-GFX2	33
3.9 แสดงจอแสดงผล μ OLED-160-G1 (GFX)	36
3.10 แสดงวงจรของจอแสดงผล μ OLED-160-G1 (GFX)	37
3.11 แสดงลักษณะของถุงยางพันแขน (Cuff) ที่ใช้วัดความดันโลหิต.....	38
4.1 แสดงหลักการวัดความดันเลือดด้วยวิธีออสซิลโลเมตริก.....	41
4.2 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างเซนเซอร์ความดันกับ DAQ.....	41
4.3 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองและการเชื่อมต่อ.....	42
4.4 แสดงกราฟที่ได้จากการทดสอบโปรแกรม National Instruments Measurement & Automation Explorer.....	42
4.5 แสดงบล็อกไดอะแกรมของโปรแกรม LabVIEW.....	43
4.6 แสดงกราฟที่ได้จากการทดลองวัดความดันโลหิตด้วย LabVIEW.....	43

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางแสดงสรุปวิธีการวัดความดันโลหิต และความสามารถในการวัดค่า.....	19
2.2 ตารางแสดงกลุ่มอาการที่บ่งบอกถึงสภาวะการเป็นโรคความดันโลหิตสูง.....	20
3.1 ตารางแสดงคุณสมบัติการทำงานเฉพาะของเซนเซอร์วัดความดันรุ่น MPX5050.....	29
3.2 ตารางแสดงการกำหนดค่าของขาและภาพรวม.....	34
3.3 ตารางแสดงการกำหนดขาของพอร์ต.....	37
3.4 ตารางแสดงลักษณะของถุงยางพ่นแขนตามคำแนะนำของ AAMI.....	39

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปริศยานิพนธ์

ความดันโลหิต (Blood Pressure) เกิดจากผลการบีบตัวของหัวใจ คำว่า “ความดันโลหิต” มักจะหมายถึงความดันโลหิตแดง (Arterial Pressure) ซึ่งตามความเป็นจริงสามารถวัดความดันโลหิตที่อื่นได้ด้วย เช่นความดันโลหิตดำ (Venous Pressure) และความดันในห้องหัวใจ (Cardiac chamber) ความดันโลหิตในส่วนต่างๆ ของอวัยวะภายในร่างกายของระบบไหลเวียนโลหิตไม่เท่ากันทุกจุด โดยทั่วไปความดันโลหิตแดงที่ส่งจากหัวใจจุดแรกจะมีความดันสูงสุด ต่อจากนั้นจะค่อยๆ ลดลงจนถึงหลอดเลือดดำใหญ่ที่จะเข้าสู่หัวใจซึ่งจะมีค่าความดันต่ำที่สุด ความดันโลหิตแดงมีลักษณะเป็น Pulsatile คือสูงสุดขณะหัวใจบีบตัว (Systolic) และต่ำสุดขณะหัวใจคลายตัว (Diastolic) แต่เมื่อถึงหลอดเลือดเล็กๆ ลักษณะของการเกิด Pulsatile จะค่อยๆ ลดลงและหมดไปที่ละน้อยอันเกิดจากการยืดหยุ่นและความต้านทานของหลอดเลือด การที่หลอดเลือดต้องมีความดันก็เพราะหลอดเลือดมีหน้าที่เป็นท่อส่งหรือท่อลำเลียงโลหิตที่ส่งออกจากหัวใจไปเลี้ยงอวัยวะต่างๆทั่วร่างกาย

ในปัจจุบันวงการแพทย์สมัยใหม่มีความจำเป็นต้องใช้เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ทางการแพทย์อย่างมากทำให้เทคโนโลยีทางการแพทย์ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาอย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพสูงขึ้นตามลำดับ เพื่อใช้ในการประเมินการทำงานของอวัยวะภายในระบบการไหลเวียนโลหิตของร่างกายและทำการวินิจฉัยโรคหรือตรวจหาความผิดปกติของการทำงานของอวัยวะต่างๆในร่างกาย ตลอดจนการติดตามผลให้การรักษาโรคมีความถูกต้องแม่นยำและรวดเร็ว ระบบการไหลเวียนของโลหิตเป็นระบบหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตอย่างมาก หากมีความผิดปกติในระบบการไหลเวียนโลหิต ทำให้ระบบอื่นๆ ของร่างกายผิดปกติหรือเกิดอันตรายจนอาจทำให้ร่างกายเสียชีวิตได้ ดังนั้นปริศยานิพนธ์เล่มนี้จึงเป็นการศึกษาเกี่ยวกับความดันโลหิตพร้อมทั้งนำเอาความรู้ที่ได้ไปสร้างเครื่องมือวัดความดันโลหิตขึ้น การวัดความดันโลหิตทางการแพทย์แบบมาตรฐานจะใช้วัดความดันที่หลอดเลือดแดงใหญ่ซึ่งมีวิธีการวัด 2 แบบคือ วิธีที่หนึ่งเป็นวิธีวัดทางตรง (Direct Method) เป็นวิธีที่จำเป็นต้องใช้เข็มหรือท่อสวนแทงเข้าไปในหลอดเลือด วิธีนี้ไม่นิยมใช้เนื่องจากอาจก่อให้เกิดความผิดปกติหรือเกิดการแทรกซ้อนของโรคหรือเกิดภาวะที่หัวใจเต้นผิดปกติและผู้ดำเนินการต้องผ่านการอบรมมาเป็นอย่างดี วิธีการวัดแบบทางตรงนี้จะใช้กรณีที่ต้องการวัดความดันโลหิตอย่างต่อเนื่องและกรณีผู้ป่วยมีปัญหาเกี่ยวกับระบบการไหลเวียนของโลหิต วิธีที่สองเป็นวิธีการวัดโดยทางอ้อม (Indirect Method) เป็นวิธีที่ไม่มีส่วนหนึ่งส่วนใดของเครื่องมือแทงหรือรูก้าวเข้าไปในร่างกาย (Non Invasive Technique) วิธีนี้นิยมใช้มากกว่าเพราะคนไข้จะไม่ได้รับความเจ็บปวด ซึ่งเราจะศึกษาวิธีการวัดโดยทางอ้อม (Indirect Method) ด้วยวิธีการวัดแบบออสซิลโลเมตริก

การวัดความดันโลหิตด้วยวิธีออสซิลโลเมตริกนั้นเป็นวิธีการวัดความดันโลหิตแบบทางอ้อมมีความน่าเชื่อถือมากกว่าวิธีการวัดแบบฟังเสียงเพราะการวัดลักษณะนี้จะมีลักษณะทางกายภาพเข้ามาเกี่ยวข้องขึ้นอยู่กับ การตอบสนองทางการได้ยินของแต่ละบุคคล หลักการในการวัดความดันโลหิตด้วยวิธีออสซิลโลเมตริกจะใช้ถุงยางพันแขนกันบริเวณต้นแขนเพื่อไม่ให้โลหิตสามารถไหลผ่านได้ หลังจากนั้นจะค่อยๆ ปลดลมออกช้าๆ ประมาณ 3 มิลลิเมตรปรอทต่อจังหวะการเต้นของหัวใจ ช่วงแรกความดันที่หลอดเลือดกระทำต่อถุงยางพันแขนมีขนาดปกติ เมื่อลดความดันลงจนโลหิตสามารถไหลผ่านได้บ้าง

ค่าความดันที่หลอดเลือดกระทำต่ออุ้งยางพั่นแขนจะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงจากเดิมเป็นความดันที่สามารถเอาชนะความดันในอุ้งยางพั่นแขนได้เรียกว่า ค่าความดันซิสโตลิก (Systolic) หลังจากนั้นความดันของหลอดเลือดที่กระทำต่ออุ้งยางพั่นแขนจะเพิ่มมากขึ้นจนถึงจุดๆหนึ่งแล้วลดลงจนถึงค่าความดันคงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเรียกว่า ค่าความดันไดแอสโตลิก (Diastolic)

ระบบการไหลเวียนของโลหิตเป็นระบบที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตอย่างมาก หากมีความผิดปกติในส่วนของระบบการไหลเวียน ทำให้ระบบอื่นๆของร่างกายผิดปกติ ดังนั้นการวินิจฉัยระบบการไหลเวียนของโลหิตสามารถบอกความผิดปกติของระบบภายในร่างกายได้ มีวิธีการหลายอย่างสำหรับการตรวจวัด เพื่อบอกสภาพการทำงานของระบบไหลเวียนโลหิต ดังนั้นการเลือกใช้อุปกรณ์วัดความดันโลหิตจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง ในการวัดความดันโลหิตแต่ละครั้งผู้ป่วยต้องเดินทางไปโรงพยาบาลเพื่อทำการวัดความดันทำให้เสียเวลาและค่าใช้จ่าย หากมีการศึกษาหลักการวัดความดันโลหิตด้วยวิธีออสซิลोเมตริกมาประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ GODELOX-GFX2 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีขนาดเล็กและสามารถแสดงผลได้ผ่านจอ OLED ทำให้สามารถสร้างเครื่องมือวัดความดันนั้นมีขนาดเล็กลง ใช้งานง่าย และสามารถใช้งานภายในครอบครัวได้

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

วัตถุประสงค์หลักของปริญญานิพนธ์ เพื่อศึกษาหลักการทำงานของเครื่องมือวัดความดันโลหิตด้วยวิธีการวัดความดันโลหิตโดยทางอ้อม ใช้เทคนิคการวัดของการสั้นตัวของอากาศภายในอุ้งยางพั่นแขน (Cuff) ซึ่งเรียกว่าวิธีออสซิลोเมตริกเป็นหลักการที่มีความน่าเชื่อถือและแม่นยำ หลังจากนั้นจะนำเอาหลักการ ทฤษฎี ที่ได้ไปใช้ในการทำการทดลองและเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้ว่าเป็นไปตามทฤษฎีหรือไม่ และนำเอาความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ GODELOX-GFX2 เพื่อทำการวิเคราะห์และแสดงผลค่าความดันซิสโตลิก (Systolic) ความดันไดแอสโตลิก (Diastolic) และอัตราการเต้นของหัวใจ ผ่านจอแสดงผล OLED ได้

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

จากการศึกษาสามารถเข้าใจหลักการวัดความดันโลหิตด้วยวิธีออสซิลิอเมตริกและนำเอาความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ GODELOX-GFX2 สามารถใช้อุปกรณ์ตัวนี้ในการวิเคราะห์ผลและแสดงผลค่าความดันซิสโตลิก (Systolic) ความดันไดแอสโตลิก (Diastolic) และอัตราการเต้นของหัวใจ ผ่านจอแสดงผล OLED ซึ่งอุปกรณ์ตัวนี้มีขนาดเล็ก และมีความสามารถในการแสดงผล

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้เป็นการรวบรวมผลการค้นคว้า ศึกษา และทดสอบหลักการวัดความดันโลหิตเป็นลำดับและบทตอน เพื่อง่ายต่อการค้นคว้าและอ้างอิง โดยมีเนื้อหาพอสรุปได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาประวัติความเป็นมา ความหมายของความดันโลหิต ระบบการหมุนเวียนโลหิต การวัดความดันโลหิต ประเภทของการวัดความดันโลหิต และการวัดความดันโลหิตโดยวิธีออสซิลิอเมตริก

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาหลักการทำงาน การนำไปใช้งานของเซนเซอร์วัดความดัน (MPX5050)

ขั้นตอนที่ 3 ศึกษาโปรแกรม Lab VIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) และ DAQ (Data Acquisition)

ขั้นตอนที่ 4 ศึกษาอุปกรณ์ GODELOX-GFX2 หลักการใช้งาน ฟังก์ชันภายในที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม และทดลองเขียนโปรแกรมเบื้องต้น

ขั้นตอนที่ 5 นำเอาหลักการ ทฤษฎีที่ใช้ในการวัดความดันโลหิตแบบออสซิลोเมตริก มาทำการทดลองโดยใช้โปรแกรม LabVIEW ช่วยในการวิเคราะห์และแสดงผลค่าของความดันแตกต่างที่หลอดโลหิตกระทำต่อถุงยางพารา และเปรียบเทียบผลการทดลองกับหลักการทฤษฎีที่ใช้ในการวัดความดันโลหิตด้วยวิธีวัดแบบออสซิลοเมตริกได้ผลตรงกันหรือไม่

ขั้นตอนที่ 6 นำเอาความรู้ที่ได้ในการวัดความดันโลหิตด้วยวิธีการวัดแบบออสซิลοเมตริก มาประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ GODELOX-GFX2 แล้วทำการเขียนโปรแกรมเพื่อให้อุปกรณ์วิเคราะห์ค่าของความดันแตกต่างที่หลอดโลหิตกระทำต่อถุงยางพารา และทำการแสดงผลผ่านจอ OLED

บทที่ 2

ทฤษฎีสำหรับการวัดความดันโลหิต

2.1 คำจำกัดความที่ใช้ในการวัดค่าความดันโลหิต

ความดัน (Pressure: P) เป็นแรงกระทำของของเหลวต่อพื้นที่โดยรอบ นิยมใช้วัดเป็นมิลลิเมตรปรอท (mmHg) ดังนั้นค่าความดันแต่ละจุดจะมีค่าความดันที่แตกต่างกัน การทำงานของหัวใจมีลักษณะคล้ายกับปั๊ม โดยกล้ามเนื้อของหัวใจบีบโลหิตออกจากหัวใจแล้วจึงคลายตัวเพื่อให้โลหิตไหลเข้าสู่หัวใจ ซึ่งครบรอบการทำงานของหัวใจในหนึ่งรอบ

การวัดความดันโลหิตโดยวิธีการวัดทางตรง สามารถวัดค่าความดันในหลอดเลือดแดงใหญ่ โดยแทงท่อสวนหรือเข็ม (Catheter) เข้าไปในหลอดเลือดและต่อปลายอีกด้านเข้ากับทรานสดิวเซอร์ความดัน รูปคลื่นที่วัดจะแสดงออกทางเครื่องมอนิเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.1

ความดันซิสโตลิก (Systolic Pressure: SP) เป็นค่าความดันสูงสุดที่ดันโลหิตในช่วงที่กล้ามเนื้อหัวใจบีบตัวในการทำงานหนึ่งรอบ

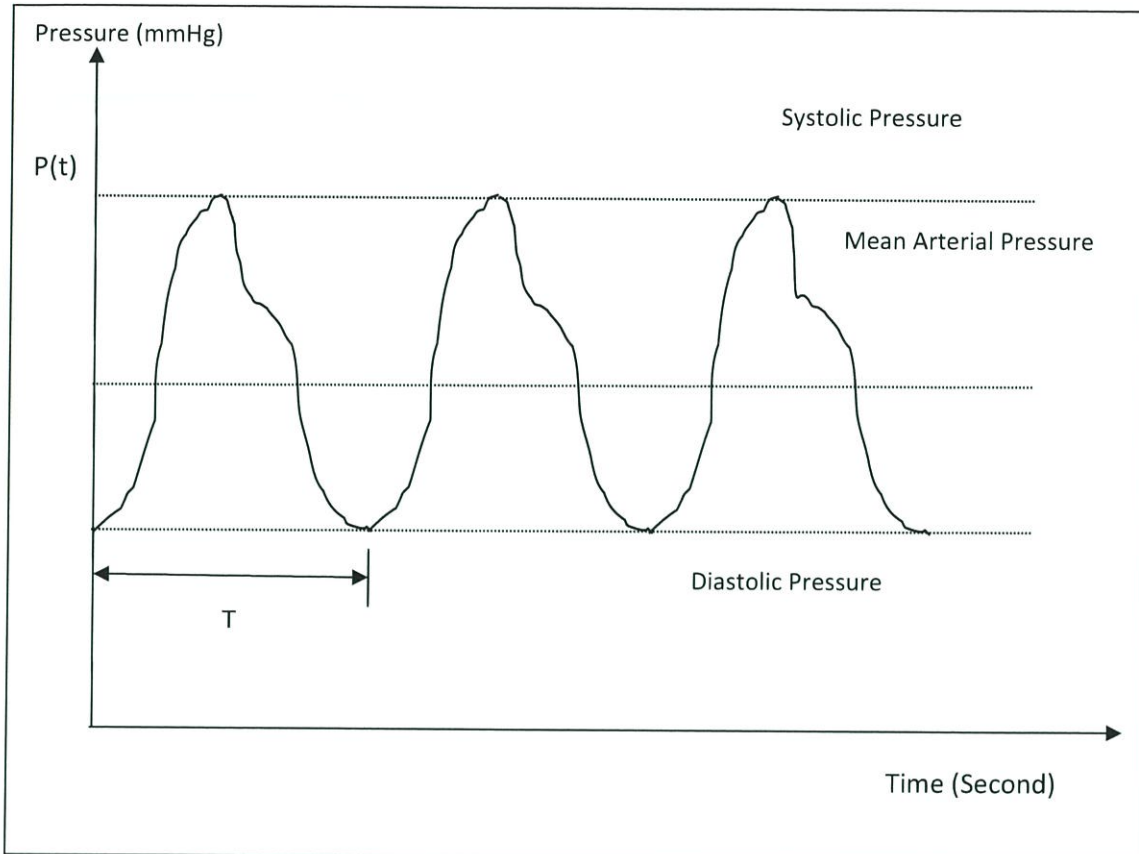
ความดันไดแอสโตลิก (Diastolic Pressure: DP) เป็นค่าความดันต่ำสุดที่ดันโลหิตออกจากหัวใจช่วงที่กล้ามเนื้อหัวใจคลายตัวของการทำงานหนึ่งรอบ

ความดันเฉลี่ย (Mean Arterial Pressure: MPA) เป็นค่าความดันเฉลี่ยของโลหิตตลอดช่วงเวลาการทำงานของหัวใจ จากรูปที่ 2.1 ค่าความดันเฉลี่ยไม่ใช่ค่าเฉลี่ยทางเลขคณิต เนื่องจากค่าความดันโลหิตแปรผันตามเวลาในช่วงเวลาการทำงานของหัวใจในแต่ละรอบ ดังนั้นค่าความดันเฉลี่ยหาได้จากการอินทิเกรตพื้นที่ใต้รูปคลื่น [2, 6, 9, 16, 18] ซึ่งเขียนเป็นสมการดังนี้

$$\text{MAP} = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt \quad \dots\dots\dots (1)$$

โดย T = เวลาในการทำงานของหัวใจหนึ่งรอบ

P(t) = ค่าความดันโลหิตที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา



รูปที่ 2.1 แสดงรูปคลื่นของความดันโลหิตที่หลอดเลือดแดงใหญ่
 อ้างอิงจาก : ขวสิต อระเอี่ยม, ระบบการวัดความดันโลหิต โดยใช้วิธีออสซิลอเมตริก. 2544

จากรูปที่ 2.1 สำหรับในคนปกตินั้น ขนาดพื้นที่ใต้รูปคลื่นของค่าความดันมีเพียงหนึ่งในสามส่วน ในรอบการทำงานของหัวใจและพื้นที่เหนือรูปคลื่นของค่าความดันไดแอสโตลิกมีค่าสองในสามส่วน โดยประมาณซึ่งความสัมพันธ์ของพื้นที่ใต้รูปคลื่นของค่าความดันซิสโตลิกและพื้นที่เหนือรูปคลื่นค่าความดันไดแอสโตลิก สามารถหาค่าความดันเฉลี่ยได้โดยประมาณเขียนสมการได้ดังนี้

$$MAP = \frac{\text{systolic} + (\text{diastolic} \times 2)}{3} \dots\dots\dots (2)$$

จัดรูปสมการที่ 2 ใหม่ได้

$$MAP = \frac{\text{systolic} - \text{diastolic}}{3} + \text{diastolic} \dots\dots\dots (3)$$

จากสมการที่ (1) - (3) สามารถหาค่าความดันเฉลี่ยได้เท่ากันสำหรับคนปกติ แต่ถ้าคนไข้ที่มีความผิดปกติทางระบบการทำงานของหัวใจ (Irregular) จะให้ค่าความดันเฉลี่ยมีค่าความแตกต่างกันในแต่ละรอบการทำงานของหัวใจและอัตราการเต้นของชีพจรไม่สม่ำเสมอ

อัตราการเต้นของชีพจรหัวใจ (Pulse Rate) เป็นอัตราการเต้นของหัวใจในรอบการทำงานของหัวใจที่จะมีจังหวะบีบและคลายสม่ำเสมอมีหน่วยวัดเป็นครั้งต่อนาที

ความดันชีพจร (Pulse Pressure) เป็นตัวเลขความแตกต่างค่าความดันซิสโตลิกและไดแอสโตลิก จะบอกถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณของโลหิตที่ปั๊มออกจากหัวใจในแต่ละครั้ง (Stroke Volume) และความสามารถในการยืดหยุ่นของผนังหลอดเลือดโลหิตมีผลทำให้ความดันชีพจรมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ค่าความดันชีพจรจะอยู่ในช่วง 30 - 40 มิลลิเมตรปรอทสำหรับผู้ใหญ่ปกติ

ในคนปกติค่าความดันโลหิตที่หลอดเลือดแดงที่วัดได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นค่าประมาณการทำงานและหน้าที่ของระบบการไหลเวียนโลหิตได้ ค่าความดันซิสโตลิกจะบอกถึงความสามารถในการบีบตัวของหัวใจเวนทริเคิล ขณะที่หัวใจเวนทริเคิลบีบแรงขึ้นค่าความดันซิสโตลิกสูง ค่าความดันไดแอสโตลิกจะบอกถึงความสามารถของหลอดเลือดในการยืดขยายและหดตัวโดยเฉพาะอย่างยิ่งหลอดเลือดขนาดเล็กถ้ายืดขยายและหดตัวได้ไม่ดี ค่าความดันไดแอสโตลิกจะสูง ค่าความดันชีพจรถูกใช้เป็นค่าประมาณของปริมาตรโลหิตที่ออกจากหัวใจแต่ละครั้ง ค่าความดันเฉลี่ย (Maen Arterial Pressure) จะบอกถึงความสามารถการพาโลหิตไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกายได้

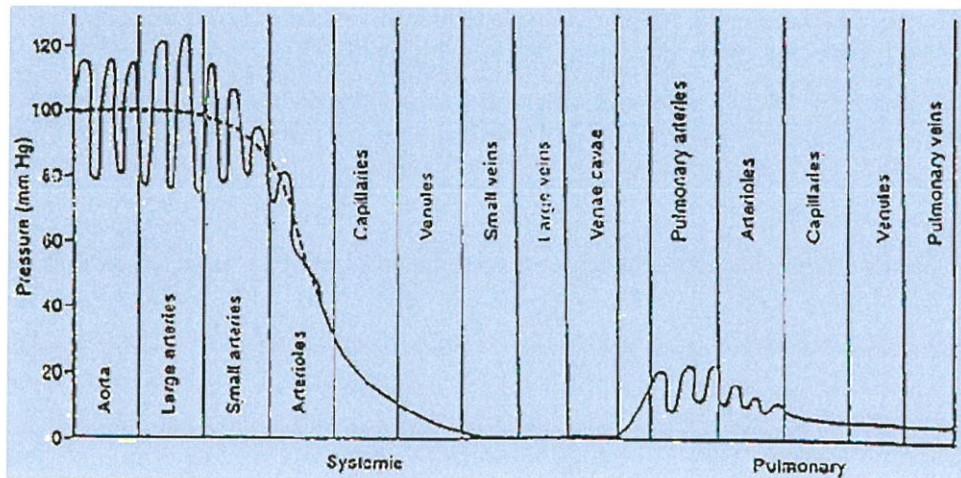
2.2 ระบบหมุนเวียนโลหิต (Cardio Vascular System)

ในระบบหมุนเวียนโลหิต สามารถแบ่งเป็นส่วนใหญ่ได้สองส่วนคือ หัวใจ (Cardio) ซึ่งทำงานเป็นเสมือนเป็นแหล่งจ่ายกำลังงานให้โลหิต และอีกส่วนหนึ่งได้แก่ หลอดโลหิต (Vascular) ซึ่งเป็นทางผ่านของโลหิตไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกาย ขณะเดียวกันก็เป็นไฮดรอลิกไหลแก่ระบบด้วยพลังไฮดรอลิก ซึ่งใช้ขับเคลื่อนโลหิตผ่านไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกายได้มาจากการบีบตัวของกล้ามเนื้อหัวใจ ทุกๆ ครั้งของการเต้นของหัวใจจะขับเคลื่อนโลหิตปริมาณหนึ่งๆ เรียกว่า Stroke volume กระจายออกไปยังส่วนต่างๆ ของร่างกาย ทำให้หัวใจเปรียบได้กับเครื่องสูบลมที่สามารถควบคุมโลหิตให้ไหลผ่านเข้าและขับออกไปโดยการควบคุมการเปิด - ปิดของลิ้นหัวใจ ช่วงการสูบลมโลหิตออกจากหัวใจเรียกว่า ซิสโตลิก และการช่วงการสูบลมโลหิตเข้ามาเรียกว่า ไดแอสโตลิก

หัวใจเป็นส่วนกลางในการสูบลมโลหิตให้ไหลตามหลอดเลือดเพื่อนำสิ่งที่มีประโยชน์ไปให้กับเซลล์และนำสิ่งที่เซลล์ไม่ต้องการกลับมาเพื่อกำจัดออกนอกร่างกายหรือเปลี่ยนแปลงให้กลับมีประโยชน์ได้อีก ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการช่วยควบคุมและรักษาภาวะสมดุลของสิ่งแวดล้อมในร่างกาย การไหลเวียนของโลหิตในร่างกายส่วนใหญ่อาศัยแรงบีบตัวของหัวใจ (Heart Contraction) และส่วนน้อยอาศัยความตึงของผนังหลอดเลือด แรงบีบของกล้ามเนื้อลายของหัวใจ (Muscle Contraction) ความดันภายในช่องเยื่อหุ้มปอดและความดันภายในช่องท้อง

ระบบการไหลเวียนของโลหิตในร่างกายแบ่งได้ใหญ่ๆ เป็น 2 ระบบคือการไหลเวียนของโลหิตผ่านปอดเรียกว่า “Pulmonary Circulation” และการไหลเวียนของโลหิตผ่านส่วนของร่างกายเรียกว่า “Systemic Circulation” การไหลเวียนของโลหิตผ่านส่วนกลางเรียกว่า “Central Circulation” ซึ่งการไหลเวียนส่วนกลางเริ่มต้นจากโลหิตที่ไหลจากหัวใจล่างขวา (Right Ventricle) เข้าสู่ปอดผ่านหลอดเลือดแดงปัลโมนารี (Pulmonary Artery) ซึ่งบรรจุโลหิตดำ เมื่อเข้าสู่ปอดจะแตกแขนงหลายระดับมากมายจนกระทั่งเป็นหลอดเลือดฝอยซึ่งกระจายอยู่รอบๆ ถุงลมปอด (Alveolus) ภายในปอดจะมีการแลกเปลี่ยนออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างโลหิตกับถุงลม

ต่อจากนั้นโลหิตจะไหลออกจากปอดทางหลอดเลือดดำปัลโมนารี (Pulmonary Vein) เข้าสู่หัวใจห้องบนซ้าย (Left Atrium)



รูปที่ 2.2 แสดงรูปความดันที่ระบบไหลเวียนโลหิตส่วนต่างๆ
อ้างอิงจาก : สถาบันวิจัย พัฒนามหาวิทยาลัยและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหิดล

การไหลเวียนของโลหิตส่วนร่างกายเรียกว่าการไหลเวียนของโลหิตส่วนปลาย (Peripheral Circulation) เริ่มต้นจากโลหิตแดงไหลออกจากหัวใจห้องล่างซ้าย (Left Atrium) เข้าสู่หลอดเลือดแดงใหญ่ (Aorta) แล้วแยกไปเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกาย หลอดโลหิตแดงใหญ่แยกเป็น 2 แขนง คือไปเลี้ยงบริเวณศีรษะและเนื้อเยื่อใกล้เคียง อีกแขนงหนึ่งลงมาส่วนล่างของร่างกายซึ่งเป็นเนื้อเยื่อส่วนใหญ่ โลหิตจากหลอดเลือดแดงใหญ่ไหลผ่านหลอดเลือดแดง (Artery Vessel) หลอดโลหิตแดงรอง (Arteriole) สู่หลอดเลือดฝอยออกจากหลอดเลือดฝอยเข้าสู่หลอดเลือดดำย่อย (Venule) รวมเข้าสู่หลอดเลือดดำ (Vein) ผลสุดท้ายไหลเข้าหลอดเลือดดำใหญ่กลับเข้าสู่หัวใจห้องขวาบน (Right Atrium) โลหิตดำจากส่วนบนผ่านมาหลอดเลือดดำวินาคาเวน (Superior Vena Cave) จากส่วนล่างขึ้นไปกับหลอดเลือดดำวินาคาล่าง (Inferior Vena Cava) ดังแสดงในรูปที่ 2.2

2.3 ลักษณะคุณสมบัติทางฟิสิกส์บางประการของโลหิต

ระบบการไหลเวียนของโลหิตประกอบด้วยเครือข่ายของท่อหลายขนาดซึ่งมีหัวใจเป็นจุดศูนย์กลางทำหน้าที่สูบฉีดเหมือนปั๊ม ส่วนประกอบของโลหิตประกอบด้วยเซลล์เม็ดโลหิตและพลาสมา โลหิตจึงเป็นสารน้ำที่มีความหนืดมากกว่าร้อยละ 99 ของเซลล์เม็ดโลหิตแดงและมีส่วนน้อยเป็นเซลล์เม็ดโลหิตขาวและเกล็ดโลหิต สารน้ำที่อยู่ในเซลล์เม็ดโลหิตเรียกว่าสารน้ำในเซลล์ สารน้ำที่อยู่ในพลาสมาเรียกว่า สารน้ำนอกเซลล์

1) ฮีมาโทคริต (Hematocrit)

ตามปกติโลหิตไม่ได้เป็นของเหลวทั้งหมดแต่ประกอบด้วยส่วนที่เป็นเซลล์และพลาสมา แบ่งเป็นเซลล์โลหิตแดง 99% ที่เหลือเป็นเซลล์โลหิตขาวและส่วนประกอบอื่นๆ สามารถวัดค่าออกมาเป็นค่าฮีมาโทคริต คำว่า “ฮีมาโทคริต” (Hematocrit) จะกล่าวได้ว่าเป็นค่าที่บอกเปอร์เซ็นต์ของโลหิตในส่วนที่เป็นเซลล์ ตัวอย่าง เช่น ฮีมาโทคริตของชายปกติจะประมาณ 42 ของผู้หญิงประมาณ 38 โดยเฉลี่ย ค่าฮีมาโทคริตของคนปกติประมาณ 40-50 ส่วนของโลหิตหมายความว่าโลหิต 100

ส่วนมีเซลล์เม็ดโลหิตแดงอยู่ 40-50 ส่วนที่เหลือเป็นพลาสมา ถ้าวัดค่าฮีแมโทคริตได้ค่าสูงแสดงว่าโลหิตมีความหนืดมาก มีผลทำให้ความต้านทานการไหลเวียนของโลหิตเพิ่มขึ้น

2) ความหนืดของโลหิต (Blood Viscosity)

ปัจจัยสำคัญอันหนึ่งที่มีผลต่อคุณสมบัติทางไดนามิกในระบบหมุนเวียนโลหิตคือความหนืดของโลหิต (Blood Viscosity) ซึ่งจะเป็นตัวต้านทานในเนื้อของไหลเพื่อต้านการไหล โดยปกติของไหลที่มีความหนืดคงที่จะเรียกว่าของไหลนิวตัน (Newtonian Fluid) ตัวอย่างเช่น น้ำ แต่ของไหลบางชนิดที่มีสารแขวนลอยอยู่เป็นจำนวนมากอย่างเช่น โลหิตจะมีความหนืดไม่คงที่ขึ้นอยู่กับความแรงในการไหลซึ่งเราเรียกของไหลประเภทนี้ว่าเป็น Nonnewtonian Fluid นอกจากนี้ความหนืดของโลหิตยังขึ้นอยู่กับค่าฮีแมโทคริต และขนาดของหลอดโลหิตตามลำดับ

ความหนืดของโลหิตกำหนดได้จากอัตราส่วนของแรงเค้นเฉือน (แรงต้านการไหล) ต่อ Velocity Gradient $\Delta V/\Delta X$ ดังนั้น เขียนสมการของสัมประสิทธิ์ของความหนืดเป็น

$$\eta = \frac{F/A}{\Delta V/\Delta X}$$

F = คือแรงดันในของไหล

A = คือพื้นที่หน้าตัดของการไหล

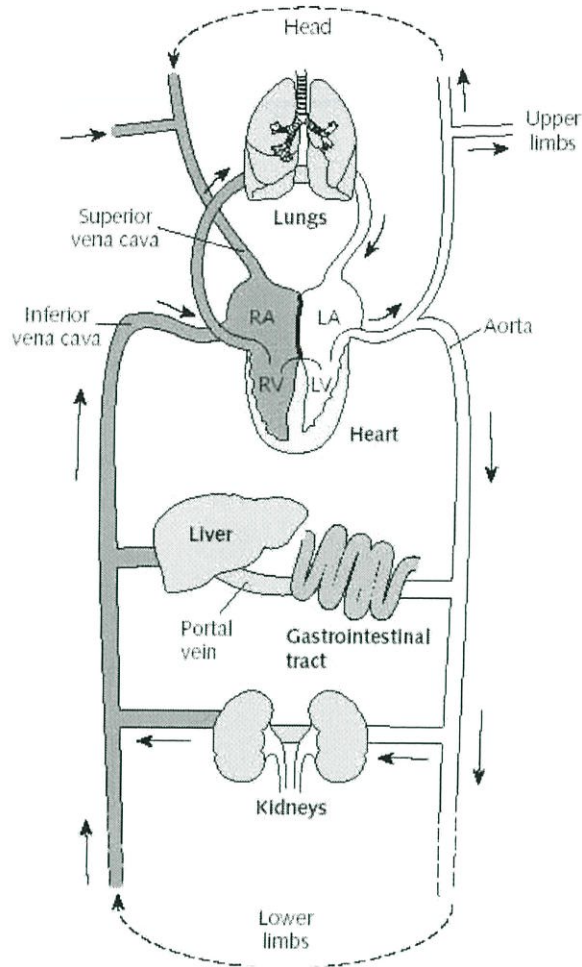
V = คือความเร็วในการไหล

X = คือระยะทางที่ของไหลไหลได้

3) ความดันไฮโดรสแตติก (Hydrostatic Pressure)

ในระบบการไหลเวียนความดันโลหิตมีความหมาย 2 ลักษณะคือแบบความดันที่ต่างกันสามารถดันเอาโลหิตผ่านไปในหลอดโลหิตได้เรียกว่าความดันด้านยาว (Longitudinal Pressure) และแบบที่เป็นแรงดันซึ่งสามารถช่วยให้หัวใจและหลอดโลหิตคงตัวอยู่ได้ไม่แฟบลงไปเรียกว่าความดันด้านข้าง (Ateral Pressure) ความดันที่แตกต่างกันระหว่างภายในกับภายนอกเรียกว่าความดันระหว่างผนัง (Tranmural Pressure) ความดันโลหิตในระดับพื้นราบเดียวกันจะมีค่าเท่ากันทุกทิศทางของหลอดโลหิตไม่ทำให้ความดันเปลี่ยนแปลง ความดันตรงระดับต่ำกว่าผิวของเหลว h เซนติเมตรจะเท่ากับ ρgh เพื่อความสะดวกในการอ่านและประยุกต์ใช้ในทางการแพทย์ใช้เทียบกับความดันบรรยากาศโดยถือว่าความดันบรรยากาศเท่ากับ 0 ดังนั้นค่าความดันโลหิต 90 มิลลิเมตรปรอท หมายถึง ค่าความดันนั้นสูงกว่าค่าความดันบรรยากาศ 90 มิลลิเมตรปรอท ความแตกต่างของระดับของเหลวทั้ง 2 ข้างคือค่าความดันที่วัดได้ถ้าของเหลวเป็นปรอท ความแตกต่างก็มีค่าของปรอทเช่น มิลลิเมตรของปรอท (mmHg) ถ้าของเหลวเป็นน้ำค่าของความดันจะเป็นเซนติเมตรของน้ำหรือ มิลลิเมตรของน้ำ

ความดันไฮโดรสแตติกที่เกิดจากความแตกต่างของระดับของของเหลวมีความสำคัญเกี่ยวกับสรีรวิทยาของการเปลี่ยนท่าของร่างกาย (Posture) เนื่องจากขณะทำยืนระดับของหลอดโลหิตแดงใหญ่ (Aorta) กับที่ตำแหน่งเท้ามีระดับต่างกัน ทำให้ความดันโลหิตที่เท้าสูงกว่าที่หลอดโลหิตแดงใหญ่



รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะการไหลเวียนของโลหิต

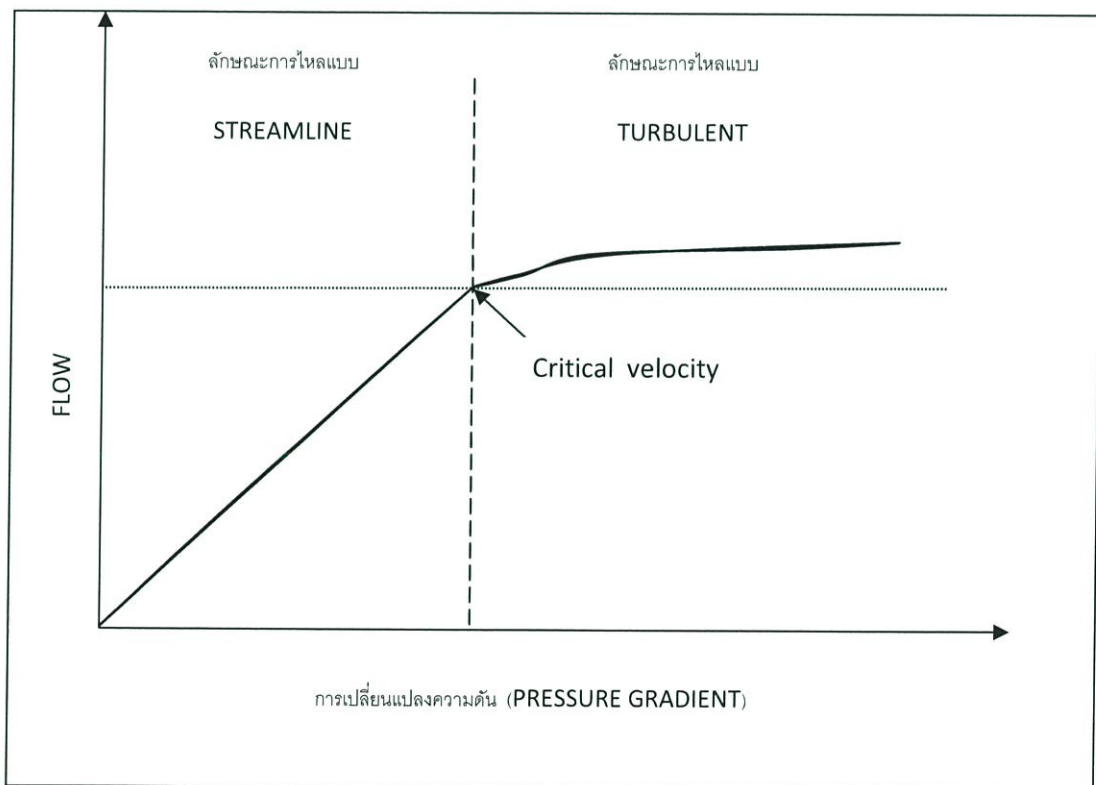
อ้างอิงจาก : สถาบันวิจัย พัฒนานิววิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหิดล

(Aorta) มากและในขณะที่ทำนึ่งค่าความดันโลหิตในหลอดเลือดแดงเบรเคียล (Brachial) เหนือข้อศอกจะใกล้เคียงกับหัวใจและในท่านอนราบ ค่าความดันโลหิตจะใกล้เคียงกับที่หลอดเลือดแดงใหญ่ผลของแรงโน้มถ่วงของโลกขณะนอนราบความดันโลหิตค่าเฉลี่ยที่หัวใจอาจสูงกว่าที่ศีรษะและที่เท้า อาจจะสูงกว่าที่หัวใจเล็กน้อย ในขณะที่ยืนตรงค่าความดันโลหิตตรงระดับหัวใจจะคงที่เท่ากันที่ระดับศีรษะจะมีค่าความดันโลหิตลดต่ำลง ส่วนที่เท้าจะมีค่าความดันโลหิตสูงขึ้นเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก การเพิ่มหรือลดขึ้นอยู่กับผลคูณของความหนาแน่นของโลหิต (Density: ρ) และอัตราเร่งของแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity, g) ซึ่งปกติเท่ากับ 980 cm/S^2 และความแตกต่างของระดับหลอดเลือด (Height : h) หน่วยเป็นเซนติเมตร ถ้าความหนาแน่นของโลหิตเท่ากับ 1 ความแตกต่างของระดับหลอดเลือดโลหิตต่ำกว่าระดับหัวใจ 120 เซนติเมตร ดังนั้นความดันแตกต่างจะเท่ากับ $1 \times 980 \times 120$ เท่ากับ 117,600 ดายน์ต่อตารางเซนติเมตรคือเท่ากับ 88 มิลลิเมตรปรอท (1 มิลลิเมตรปรอทเท่ากับ 1,332 ดายน์ต่อตารางเซนติเมตร) หรืออาจเทียบเท่ากับค่าความดันไฮโดรสแตติกเท่ากับ 0.77 มิลลิเมตรปรอทต่อเซนติเมตร ดังนั้นค่าความดันโลหิตของหลอดเลือดแดงตรงระดับหัวใจเท่ากับ 100 มิลลิเมตรปรอทและที่เท้าจะเท่ากับ 188 มิลลิเมตรปรอทและที่ศีรษะซึ่งสูงกว่าระดับหัวใจ 50 เซนติเมตร จะมีความดันโลหิตเท่ากับ $100 - (50 \times 0.77)$ คือเท่ากับ 61.5 มิลลิเมตรปรอท

4) ปริมาณการไหลและความเร็วของการไหล

ปริมาณการไหลหรืออัตราการไหล (Flow Rate) หมายถึงปริมาณของของเหลวที่ไหลไปได้ต่อหนึ่งหน่วยเวลา ดังนั้นอัตราการไหลของโลหิตในระบบการไหลเวียนของโลหิตจึงวัดเป็นปริมาณของโลหิตต่อเวลา ปริมาตรของโลหิตที่ออกจากหัวใจขณะพักมีค่าประมาณ 5 ลิตรต่อนาที ส่วนความเร็วของการไหล (Flow Velocity) วัดเป็นระยะทางต่อหน่วยเวลา ดังนั้นอัตราการไหลโดยเฉลี่ยคูณพื้นที่หน้าตัดของท่อจะเท่ากับปริมาณการไหล ขณะของเหลวที่ไหลผ่านไปได้ในส่วใดส่วหนึ่งของระบบการไหลเวียน ปริมาณการไหลจะเท่ากันถึงแม้พื้นที่ที่ตัดจะต่างกันแต่ความเร็วของการไหลจะเปลี่ยนไปเช่นปริมาณการไหลของโลหิตที่ผ่านหลอดเลือดโลหิตแดงใหญ่ทั้งหมดเท่ากับปริมาณของโลหิตที่ไหลผ่านหลอดเลือดโลหิตแดงทั้งหมดรวมกับปริมาณของโลหิตที่ผ่านหลอดเลือดฝอยทั้งหมด ความเร็วของของไหลจะแปรผกผันกับพื้นที่หน้าตัด โลหิตจะไหลเร็วที่สุดที่หลอดเลือดแดงใหญ่และไหลช้าที่สุดในหลอดเลือดฝอย

ความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับความเร็วของการไหลนั้น การไหลของโลหิตในหลอดเลือดเหมือนการไหลของน้ำในท่อต่างๆ ไปซึ่งมีการไหล 2 แบบคือ การไหลที่เป็นเส้นตามแนว (Laminar Flow) คือการไหลในท่อตรงๆ โดยกลางท่อจะไหลเร็วที่สุดและอีกแบบหนึ่งเป็นการไหลแบบม้วนกลับ (Turbulent Flow) พบได้ขณะที่โลหิตไหลด้วยความเร็วสูงมากเกินความเร็ววิกฤต (Critical



รูปที่ 2.4 แสดงการเปรียบเทียบความดันที่เพิ่มขึ้นกับลักษณะการไหลของของเหลว
อ้างอิงจาก : ซวลิต อระเอี่ยม, ระบบการวัดความดันโลหิต โดยใช้วิธีออสซิลอมेटริก. 2544

Velocity) หรือไหลผ่านท่อที่ตีบ การไหลแบบนี้อาศัยความดันสูงและใช้พลังงานมาก แต่ได้ปริมาณของเหลวเพิ่มขึ้นไม่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความดันที่เพิ่มขึ้น

5) ความสามารถในการยืดขยายตัวและความยืดหยุ่นของหลอดเลือด

หลอดเลือดสามารถยืดขยายตัว (Dispensability) และหดตัวได้ การเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยต่างกันไปในแต่ละแห่งของร่างกาย หลอดโลหิตดำเปลี่ยนแปลงได้ประมาณ 6-10 เท่าของหลอดเลือดแดง แสดงว่าความดันเพิ่มขึ้นมีโลหิตไหลเข้าไปบรรจุในหลอดเลือดดำมากกว่าหลอดเลือดแดงประมาณ 6-10 เท่า ขณะที่ปอดมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าเนื่องจากความดันโลหิตค่อนข้างต่ำ ส่วนการขยายตัวของหลอดเลือดดำมากกว่าหลอดเลือดแดงประมาณ 2 เท่า ความยืดหยุ่นของหลอดเลือด (Vascular Compliance) สามารถหาค่าได้จากสัดส่วนของการเพิ่มปริมาตรและการขยายตัวต่อการเพิ่มความดันโลหิตที่มีความยืดหยุ่นได้มาก เมื่อเพิ่มความดันขึ้นจะเพิ่มปริมาตรการไหลได้มากกว่า

2.4 ความดันโลหิต

ความดันโลหิตแดงได้มีการวัดครั้งแรกในสัตว์ในปี ค.ศ. 1773 โดยนาย Stephen Hales นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ได้ทดลองวัดความดันโลหิตของม้าที่กำลังสลบอยู่ โดยใช้ท่อหลอดแก้วปลายเปิดแทงเข้าไปหลอดเลือดใหญ่บริเวณที่คอและสังเกตการเปลี่ยนแปลงของค่าความดันโลหิตที่พุ่งสูงขึ้นประมาณ 8 ฟุต จากระดับหัวใจ ทดลองในปี ค.ศ. 1731 แต่ได้มีการวัดในคน เมื่อปี ค.ศ. 1855 และในปี ค.ศ. 1904 คณะกรรมการของโรงพยาบาล Massachusetts ได้วางแผนให้มีการวัดความดันโลหิตแดงทุกครั้งในขณะที่ทำการผ่าตัด จนในปัจจุบันนี้ได้ถือว่ามีค่าความจำเป็นในการวัดค่าความดันโลหิตแดง ทั้งค่าซิสโตลิก ไดแอสโตลิก ค่าความดันเฉลี่ย และค่าความดันชีพจร ไม่ว่าจะโดยวิธีทางตรงหรือทางอ้อม



รูปที่ 2.5 แสดงการทดลองวัดค่าความดันโลหิต aorta ในม้าครั้งแรก
อ้างอิงจาก : เชิดศักดิ์ แวดประเสริฐ/ สาริต นฤภัย, เครื่องวัดความดันเลือด 1

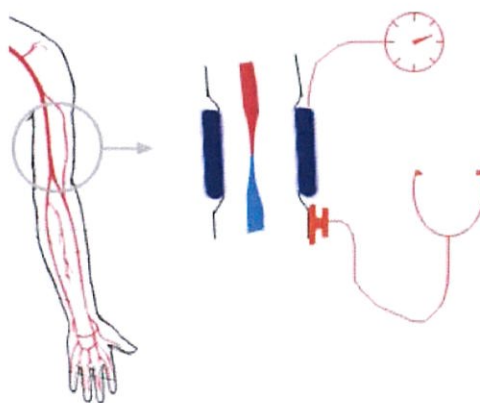
ความดันโลหิตนั้นเป็นความดันทางด้านข้างที่กระทำต่อผนังของหลอดเลือด ส่วนค่าความดันโลหิตแดงเฉลี่ย (Mean Arterial Pressure) เป็นผลคูณของความต้านทานของหลอดเลือดทั้งระบบ (System Vascular Resistance) กับปริมาณโลหิตที่ส่งออกจากหัวใจต่อนาที (Cardiac Output) ถ้าคลื่นของความดันโลหิตแดงปกติ ค่าความดันโลหิตแดงเฉลี่ยมีค่าประมาณ $1/3$ ของความแตกต่าง

ระหว่างความดันซิสโตลิกกับความดันไดแอสโตลิกการวัดความดันโลหิตโดยทั่วไปแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ การวัดความดันโลหิตแดงโดยตรง (Direct Measurement of Arterial Pressure) การวัดโดยวิธีนี้มีการสอดใส่ท่อเข้าไปในหลอดเลือด อีกประเภทหนึ่งคือ การวัดความดันโลหิตแดงโดยวิธีทางอ้อม (Indirect Measurement of Arterial Pressure) วิธีนี้ไม่ต้องสอดใส่ท่อเข้าไปในหลอดเลือดแต่ใช้วิธีทางอ้อมเพื่อให้ได้ค่าของความดันโลหิตแดง

ความดันโลหิต (Blood Pressure) เกิดจากผลการบีบตัวของหัวใจ คำว่า “ความดันโลหิต” มักจะหมายถึงความดันโลหิตแดง (Arterial Pressure) ซึ่งตามความเป็นจริงเราสามารถวัดความดันโลหิตที่อื่นได้ด้วย เช่นความดันโลหิตดำ (Venous Pressure) และความดันในห้องหัวใจ (Cardiac chamber) ความดันโลหิตในส่วนต่างๆ ของอวัยวะในร่างกายของระบบไหลเวียนโลหิตไม่เท่ากันทุกจุดโดยทั่วไปความดันโลหิตแดงที่ส่งจากหัวใจจุดแรกจะมีความดันสูงสุด ต่อจากนั้นจะค่อยๆ ลดลงจนถึงหลอดเลือดดำใหญ่ที่จะเข้าสู่หัวใจซึ่งจะมีความดันต่ำที่สุด

ความดันโลหิตแดงมีลักษณะเป็น Pulsatile คือสูงสุดขณะหัวใจบีบตัว (Systolic) และต่ำสุดขณะหัวใจคลายตัว (Diastolic) แต่เมื่อถึงหลอดเลือดเล็กๆ ลักษณะของการเกิด Pulsatile จะค่อยๆ ลดลงและหมดไปที่ละน้อยอันเกิดจากการยืดหยุ่นและความต้านทานของหลอดเลือด การที่หลอดเลือดต้องมีความดันก็เพราะหลอดเลือดมีหน้าที่เป็นท่อส่งหรือท่อลำเลียงโลหิตที่ส่งออกจากหัวใจไปเลี้ยงอวัยวะต่างๆทั่วร่างกาย ความดันโลหิตแดงในระบบไหลเวียนทั่วร่างกายสูงกว่าระบบไหลเวียนผ่านปอด (Pulmonary Circulation) ถึง 5 เท่าค่าความดันโลหิตต่างๆ

1. ความดันโลหิตสูงสุดขณะหัวใจบีบตัว เรียกว่า ซิสโตลิก (Systolic)
2. ความดันโลหิตต่ำสุดขณะหัวใจคลายตัว เรียกว่า ไดแอสโตลิก (Diastolic)



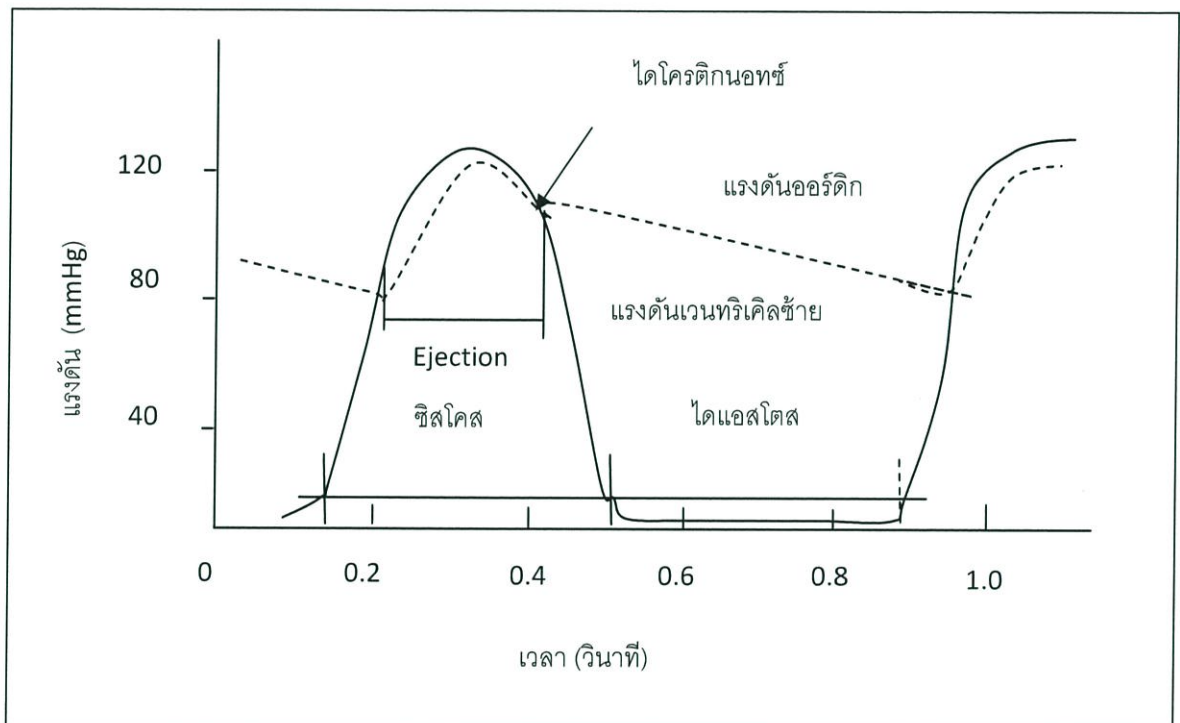
รูปที่ 2.6 แสดงตำแหน่งการวัดความดันประกอบกับการฟังสัญญาณชีพจร
อ้างอิงจาก : เชิดศักดิ์ แวดประเสริฐ/ สาธิต นฤภัย, เครื่องวัดความดันเลือด 1

3. ความแตกต่างของความดัน ซิสโตลิก และ ไดแอสโตลิก เรียกว่า ความดันชีพจร
4. ค่าเฉลี่ยของความดัน ซิสโตลิก และ ไดแอสโตลิก เรียกว่า ความดันเฉลี่ย
5. ตามปกติสัดส่วนของ ซิสโตลิก : ไดแอสโตลิก : ชีพจร = 3 : 2 : 1

ความดันโลหิตโดยทั่วไปมักจะหมายถึง Systemic Arterial Pressure ของหลอดเลือดแดงขนาดปานกลาง คือ Brachial Artery

2.4.1 รูปคลื่นความดันโลหิต

ความดันโลหิตคือแรงดันหรือแรงที่เกิดขึ้น โดยโลหิตในหนึ่งหน่วยพื้นที่ของผนังเส้นโลหิตแดง แรงดันข้างเคียงนี้สมมติให้เท่ากับแรงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ในทิศทางตามแนวนอน ซึ่งเป็นผลมาจากกฎของปาสคาลในการพิจารณาการส่งผ่านแรงในของเหลว คือแรงที่ถูกส่งผ่านจะเท่ากันในทิศทางทั้งหมดทุกทิศทางในของเหลว ความดันโลหิตแดงจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างคงที่ในระหว่างรอบการทำงานของหัวใจ (Cardiac Cycle) ความดันสูงสุดของหลอดเลือดแดงเรียกว่า ซิสโตลิก (Systolic) ซึ่งเป็นผลมาจากการบีบตัวของโลหิตในเส้นโลหิตแดงใหญ่ (Aorta) โดยหัวใจห้องล่างซ้าย (Left Ventricle) ความดันต่ำสุดของหลอดเลือดแดงเรียกว่า ไดแอสโตลิก (Diastolic) จะปรากฏอยู่ในช่วงที่สงบหรือ ไดแอสโตลิกเฟส ของรอบการทำงานของหัวใจ ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงรูปคลื่นแรงดันโลหิตที่สัมพันธ์กับการทำงานของหัวใจ
อ้างอิงจาก : ขวลิขิต อระเอี่ยม, ระบบการวัดความดันโลหิต โดยใช้วิธีออสซิลอเมตริก. 2544

บนรูปคลื่นความดันจะปรากฏรอยหยักหรือเรียกว่า Dicrotic Notch อันเกิดเนื่องมาจากลิ้นหัวใจ ในขณะที่ปิดลงแล้วแต่ความดันในหลอดเลือดแดงมีค่าสูงเท่ากับความดันในหัวใจห้องล่าง ทำให้โลหิตบางส่วนไหลย้อนกลับเข้าไปแล้วกระทบกับลิ้นหัวใจที่ปิดอยู่โมเมนตัมของโลหิตก็จะสะท้อนกลับออกมาอีกครั้งเป็น Dicrotic Notch ค่าความดันเฉลี่ย (Mean Arterial Pressure) จะแทนค่าความดันเฉลี่ยที่วัดได้ในรอบการทำงานของหัวใจ ค่าความดันเฉลี่ยจะไม่เป็นการเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ของความดันสูงสุดและความดันต่ำสุด เพราะความดันโลหิตแดงจะแปรตามเวลา ความดันเฉลี่ยจะถูกคำนวณโดยการอินทิเกรตความดันที่สูงกว่าหนึ่งรอบการทำงานของหัวใจและหารด้วยเวลาในหนึ่งรอบการทำงาน โดยสมการ

$$P_{ave} = 1/T \int_0^T p(t) dt$$

ซึ่ง T เป็นเวลาสำหรับหนึ่งรอบการทำงานของหัวใจ แสดงในรูปที่ 2.7

ดังนั้นความดันสูงจะเป็นเพียงหนึ่งในสามของรอบการทำงานของหัวใจ และความดันต่ำจะประมาณสองในสามของรอบการทำงานของหัวใจ เราสามารถเขียนสมการ

$$Map = \frac{\text{systolic} + (\text{diastolic} \times 2)}{3}$$

ค่าความดันเฉลี่ยเราจะพิจารณาให้เป็นค่าที่มีความสำคัญที่สุดของค่าความดันโลหิตซึ่งจะเป็นค่าที่บอกถึงสภาพการทำงานของหัวใจ โดยปกติค่าความดันเฉลี่ยจะต้องสูงกว่า 40 มิลลิเมตรปรอท เพื่อหลีกเลี่ยงหัวใจล้มเหลว ค่าความดันเฉลี่ยจะไม่มีผลต่อรูปร่างของคลื่นและโดยทั่วไปแล้วก็จะมีผลต่อ Arrhythmias ในการเปลี่ยนแปลงขนาดของรูปคลื่นความดันโลหิตแดง ย่านของความดันปกติจะเป็นดังนี้คือ

ความดันสูงสุด	100 - 140	มิลลิเมตรปรอท
ความดันต่ำสุด	60 - 90	มิลลิเมตรปรอท
ความดันเฉลี่ย	80 - 100	มิลลิเมตรปรอท

2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดันโลหิต

ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดันโลหิตมีหลายอย่างโดยปกติค่าความดันโลหิต (Pressure: P) ขึ้นอยู่กับปริมาตรการไหลของโลหิต (Flow: F) และความต้านทานของหลอดเลือด (Resistance: R) ดังนั้นความสัมพันธ์ของความดันสามารถเขียนเป็นสมการได้คือ $P=FR$ โดยปริมาตรการไหลของโลหิตทั่วร่างกายคือโลหิตทั้งหมดที่บีบออกจากหัวใจ

ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความดันโลหิตของร่างกายประกอบด้วย ดังนี้

1. ภาวะการบีบฉีดโลหิตของหัวใจ (Pumping Action of Heart) ขณะหัวใจบีบตัวโลหิตที่ออกจากหัวใจไหลเข้าสู่หลอดเลือด ทำให้ความดันในหลอดเลือดเพิ่มมากขึ้นผนังหลอดเลือดยืดออก ถ้าหัวใจบีบได้แรงปริมาตรโลหิตที่ออกจากหัวใจจะมากขึ้น โดยปกติถ้าหัวใจบีบโลหิตออกมากจะทำให้โลหิตไหลไปได้มากขึ้น ดังนั้นการบีบตัวของหัวใจจึงมีผลต่อความดันซิสโตลิกมากกว่าค่าความดันไดแอสโตลิกและถ้าปริมาตรของโลหิตในเวนทริเคิลหลังจากหัวใจบีบตัวเพิ่มขึ้นทำให้ค่าความดันไดแอสโตลิกสูงขึ้นด้วย

2. ปริมาตรโลหิตในระบบไหลเวียน (Circulating Blood Volume) ขณะที่โลหิตไหลเวียนและผนังหลอดเลือดยืดขยายตัวได้ดี ค่าความดันภายในหลอดเลือดจะอยู่ในระดับปกติ และปริมาตรของโลหิตไหลเข้าหัวใจจะปกติ แต่ถ้ามีปริมาตรโลหิตมากขึ้นกล้ามเนื้อหัวใจบีบตัวได้ดีขึ้น ทำให้ค่าความดันซิสโตลิกสูงขึ้นถ้าปริมาตรของโลหิตเข้าสู่หัวใจลดลงค่าความดันซิสโตลิกจะลดลงด้วย

3. ความต้านทานรวมส่วนปลายทั้งหมดของหลอดเลือด (Total Peripheral Resistance) ขณะที่หลอดเลือดส่วนปลายมีความต้านทานเพิ่มขึ้น จะพบว่าค่าความดันไดแอสโตลิกสูงขึ้นใน

ระยะแรก หากผนังหลอดเลือดโลหิตยืดขยายตัวได้ไม่ดีแล้วจะทำให้โลหิตที่ไหลออกจากหัวใจได้ไม่ตีปริมาตรในเวนทริเคิลหลังจากหัวใจบีบตัวเพิ่มขึ้น เป็นผลทำให้ปริมาตรของโลหิตไหลเข้าสู่หัวใจได้ลดลง ในทางกลับกันถ้าความต้านทานลดลงส่วนปลายจะทำให้ค่าความดันไดแอสโตลิกลดลง

4. ความหนืดของโลหิต (Viscosity of Blood) ถ้าความหนืดของโลหิตเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ความต้านทานการไหลเวียนของโลหิตเพิ่มขึ้น ทำให้โลหิตไหลได้ไม่สะดวก หัวใจต้องบีบแรงขึ้นค่าความดันซิสโตลิกสูงขึ้นและค่าความดันไดแอสโตลิกจึงสูงขึ้นตามไปด้วย

5. การยืดขยายตัวของผนังหลอดเลือด (Dispensability of Blood Vessel Wall) การที่หลอดเลือดมีการยืดขยายตัวทำให้รักษาระดับค่าความดันไดแอสโตลิกและค่าความดันเฉลี่ยได้ดีไม่ให้อ่างหรือต่ำเกินไปเมื่อมีความผิดปกติของร่างกายเกิดขึ้น

6. ผลของแรงโน้มถ่วงของโลกขณะนอนราบความดันโลหิตเฉลี่ยที่หัวใจอาจสูงกว่าที่ศีรษะเล็กน้อย ที่เท้าอาจสูงกว่าที่หัวใจเล็กน้อยเช่นกัน ขณะยืนตรงค่าความดันโลหิตตรงระดับหัวใจจะคงที่เท่าเดิม ที่ศีรษะจะลดต่ำลง ส่วนที่เท้าจะสูงขึ้น เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก

7. อายุ ค่าความดันโลหิตของคนปกติขณะพัก ความดันซิสโตลิกของเด็กแรกเกิดประมาณ 40 มิลลิเมตรปรอท เมื่ออายุมากขึ้นค่าความดันสูงขึ้นเรื่อยๆ คือค่าความดันซิสโตลิกและความดันไดแอสโตลิกประมาณ 70/50 มิลลิเมตรของปรอทเมื่ออายุ 2 สัปดาห์ ค่าความดันซิสโตลิกและค่าความดันไดแอสโตลิกประมาณ 80/45 มิลลิเมตรของปรอทเมื่ออายุ 1 เดือน ค่าความดันซิสโตลิกและค่าความดันไดแอสโตลิกประมาณ 100/65 มิลลิเมตรของปรอทเมื่ออายุ 4 ขวบและค่าความดันซิสโตลิกและค่าความดันไดแอสโตลิกประมาณ 120/80 มิลลิเมตรของปรอทเมื่ออายุครบ 20 ปี หลังจากนั้นเมื่ออายุมากขึ้นค่าความดันซิสโตลิกจะเพิ่มมากขึ้นมากกว่าการเพิ่มของความดันไดแอสโตลิก ที่อายุ 60 ปีจะมีค่าความดันซิสโตลิกและค่าความดันไดแอสโตลิกประมาณ 140/90 มิลลิเมตรปรอท

8. เพศ อายุเท่ากันเพศชายมักจะมีค่าความดันโลหิตสูงกว่าเพศหญิง 4-5 มิลลิเมตรของปรอท ยกเว้นในวัยที่หมดระดูจะพบว่าเพศหญิงสูงกว่า

9. รูปร่างลักษณะของร่างกาย พบว่าคนอ้วนมักมีค่าความดันซิสโตลิกสูงกว่าคนผอม คนที่ว่องไวส่วนใหญ่มีค่าความดันซิสโตลิกสูงกว่าคนเฉื่อยชา เนื่องจากมีสารหรือฮอร์โมนบางอย่างในร่างกายหลั่งออกสู่ระบบการไหลเวียนของโลหิตไม่เท่ากัน

10. เชื้อชาติ จากสถิติพบว่าชาวตะวันตกมีความดันโลหิตสูงกว่าชาวตะวันออกและยังพบว่าชาวตะวันตกที่เป็นชนชาติผิวดำจะมีค่าความดันโลหิตสูงกว่าชนชาติผิวขาว

11. การเปลี่ยนแปลงในรอบวัน โดยปกติการตื่นนอนเช้ามักมีความดันต่ำกว่าตอนบ่าย เนื่องจากอารมณ์และสิ่งแวดล้อม ขณะนอนราบค่าความดันโลหิตจะต่ำกว่าขณะยืน การเปลี่ยนแปลงทางอารมณ์เช่น ขณะตกใจ โกรธ ค่าความดันโลหิตจะเพิ่มขึ้น

12. การออกกำลังกาย ขณะออกกำลังกาย ร่างกายต้องการโลหิตมากโดยเฉพาะกล้ามเนื้อและกล้ามเนื้อหัวใจจึงพบว่าค่าความดันซิสโตลิกเพิ่มขึ้นและค่าความดันไดแอสโตลิกจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเนื่องจากอัตราการบีบตัวของหัวใจเพิ่มขึ้น

13. การให้สารกระตุ้นระบบการไหลเวียนโลหิตและระบบอื่นๆ ถูกกระตุ้นด้วยสารบางชนิดทำให้ระบบในร่างกายทำงานมากขึ้น เนื่องจากมีสารหรือฮอร์โมนบางอย่างในร่างกายหลั่งออกสู่ระบบการไหลเวียนของโลหิตไม่เท่ากัน

2.6 ชนิดของการวัดความดันโลหิต

การวัดความดันโลหิตของมนุษย์ในระบบการไหลเวียนของโลหิตที่ใช้ในทางการแพทย์ ส่วนใหญ่ใช้วัดค่าความดันของหลอดเลือดแดงใหญ่ (Arterial Blood Pressure) สามารถวัดได้โดยตรงกับทางอ้อม โดยยึดหลักการที่ว่าถ้ามีส่วนหนึ่งส่วนใดของเครื่องมือแทงหรือรูก้าวเข้าไปในหลอดเลือด (Invasive) เรียกว่า หลักการวัดโดยวิธีทางตรง แต่ถ้าไม่มีส่วนใดของเครื่องมือสอดเข้าไปในหลอดเลือด (Non Invasive) เรียกว่าวิธีการวัดโดยทางอ้อม ซึ่งในแต่ละวิธีของการตรวจวัดจะมีข้อได้เปรียบและข้อเสียเปรียบแตกต่างกัน

2.6.1 ระบบการวัดความดันโลหิตโดยวิธีการวัดทางตรง

วิธีนี้จำเป็นต้องใช้เข็มหรือท่อสวนแทงเข้าไปในหลอดเลือดแดงและปลายของท่อสวนจะต่อไปทรานสดิวเซอร์ความดัน สามารถวัดออกมาเป็นตัวเลขและรูปคลื่นความดันได้ วิธีนี้ให้ความแม่นยำสูงและสามารถวัดอย่างต่อเนื่อง กรณีคนไข้มีอาการช็อค วิธีการวัดโดยทางตรงสามารถวัดได้อย่างแม่นยำสูงแต่จะเพิ่มความเสี่ยงต่อการติดเชื้อโรคและเกิดภาวะหัวใจเต้นผิดปกติแก่คนไข้ได้และต้องให้ผู้ชำนาญการแทงสวนเส้นโลหิตจึงไม่นิยมใช้วัดกัน

การวัดความดันโลหิตด้วยวิธีวัดโดยตรงหรือแบบแทงเข้าเส้นหลอดเลือดโลหิต (Invasive) แบ่งตามลักษณะการใช้งานได้ 3 วิธีคือ

1. การแทงผ่านผิวหนังโดยตรง (Percutaneous Insertion)
2. การสวน (Catheterization)
3. การฝัง (Implantation) ทรานสดิวเซอร์ไว้ในหลอดเลือดและหัวใจ

วิธีที่หนึ่งใช้เข็มหรือหลอดสวนแทงเข้าไปในหลอดเลือดบริเวณที่จะทำการบันทึกซึ่งอยู่ใกล้หัวใจ วิธีที่สองใช้หลอดสวนเป็นทางนำไปยังบริเวณที่จะทำการวัดซึ่งอยู่ไกลหรือเข้าไปใกล้หัวใจ และวิธีที่สามเป็นการฝังทรานสดิวเซอร์ความดันไว้ในหลอดเลือดหรือหัวใจ ต้องใช้การผ่าตัดส่วนใหญ่ใช้สำหรับงานค้นคว้าวิจัยเท่านั้น

ข้อได้เปรียบ

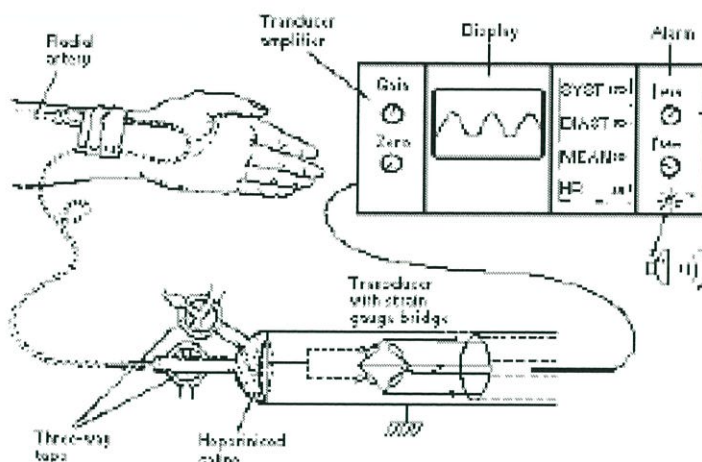
1. มีการตอบสนองกับระบบหลอดเลือดแดงและดำโดยตรงและทันทีทันใด ทำให้สามารถวินิจฉัยและรักษาได้อย่างถูกต้อง
2. ใช้ในกรณีตรวจวัดในระยะยาวนานได้ (Long Term) และค่าความดันโลหิตมีการเปลี่ยนแปลงของระบบไหลเวียนของโลหิต
3. กรณีคนไข้ช็อควิธีการวัดแบบโดยตรงสามารถวัดได้อย่างแม่นยำ

ข้อเสียเปรียบ

1. เพิ่มความเสี่ยงให้กับคนไข้ อาจทำให้เกิดโรคแทรกซ้อนได้ เพราะต้องแทงเข้าเส้นโลหิต เข็มที่ใช้สวนหลอดเลือดอาจทำให้เกิดหัวใจเต้นผิดปกติ (Arrhythmia)
2. ทำให้เกิดการผิดพลาดได้ง่ายและไม่สามารถตรวจจับได้ดี ถ้าไม่ได้รับการอบรมมาก่อน

3. อุปกรณ์ราคาแพงและต้องการช่างผู้ชำนาญงานมาบำรุงรักษา

ในระบบเครื่องมือวัดทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้การวัดความดันโลหิตแบบโดยตรงหรือแบบแทงเข้าเส้นโลหิต (Invasive) ประกอบด้วยทรานสดิวเซอร์ความดันและสายท่อสวน (Catheter) วงจรขยายและมอนิเตอร์ออสซิลโลสโคปหรือเครื่องบันทึก



Pressure transducer, bridge amplifier, display and alarm

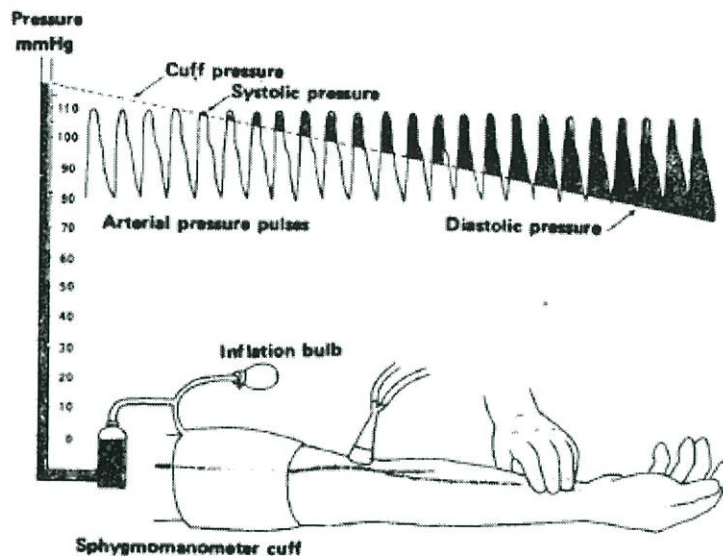
รูปที่ 2.8 แสดงระบบการวัดความดันโลหิตโดยวิธีการวัดทางตรง
อ้างอิงจาก : เชิดศักดิ์ แวดประเสริฐ/ สาธิต นฤภัย, เครื่องวัดความดันเลือด 1

อย่างไรก็ตามวิธีการวัดโดยตรง (Invasive Method) จะต้องดูแลคนไข้เป็นพิเศษและจะต้องปรับเทียบค่าของเครื่องมือ (Transducer) ให้อยู่ตรงกับเส้น Arterial Line ของร่างกาย เพื่อปรับศูนย์ (Zero) ทุกครั้งที่ทำการตรวจวัดความดันโลหิต รูปคลื่นของความดันจะมองเห็นในออสซิลโลสโคป ค่าความดันซิสโตลิกจะอยู่ยอดของรูปคลื่นและค่าความดันไดแอสโตลิกจะอยู่ต่ำสุดของรูปคลื่นก่อนจะเริ่มต้นรูปคลื่นต่อไป

2.6.2 ระบบการวัดความดันโลหิตโดยวิธีวัดทางอ้อม

การวัดความดันโลหิตโดยวิธีทางอ้อมมีวิธีการวัดหลายวิธี วิธีที่ใช้ส่วนใหญ่ใช้หลักการฟังเสียงบริเวณหลอดเลือดแดง (Auscultation Method) หรือเรียกตามลักษณะการวัดว่าชนิด “Non Invasive Blood Pressure” ดังแสดงดังรูปที่ 2.9 หลักการวัดความดันโลหิตโดยใช้เทคนิคการฟังเสียงให้แรงกดจากถุงยางพันแขน (Cuff) ซึ่งพันแขนและถูกสูบลมเข้าจนทำให้หลอดเลือดแดงที่อยู่ใต้ถุงยางพันแขนถูกปิด แล้วจึงปล่อยความดันลมออกทีละเล็กละน้อยจนถึงค่าๆ หนึ่งที่ความดันโลหิตที่หลอดเลือดแดงใหญ่มากกว่าค่าความดันภายในถุงยางพันแขน ทำให้เกิดการไหลผ่านของโลหิตจากบริเวณเส้นโลหิตแดงที่ถูกกดทับไว้ การไหลของโลหิตจะถูกตรวจวัดหาค่าความดันโลหิต โดยแต่ละวิธีใช้เทคนิคการตรวจวัดแตกต่างกัน การวัดความดันโลหิตโดยวิธีวัดทางอ้อมส่วนใหญ่ใช้วิธีที่เรียกว่าวิธี “Sphygmomanometer” เป็นพื้นฐานในการพัฒนาเครื่องวัดความดันโลหิตที่ใช้ในทางอิเล็กทรอนิกส์ควบคุม ดังนั้นขออธิบายหลักการวัดความดันโลหิตโดยใช้เทคนิคการฟังเสียงพอสังเขปดังนี้

การวัดความดันโลหิตโดยวิธีฟังเสียงใช้เทคนิคพื้นฐานของการได้ฟังเสียงที่อยู่เหนือเส้นโลหิตแดงโดยที่สูบลมเข้าถุงยางพันแขน (Cuff) ที่พันรอบแขนในระดับหัวใจจนถึงค่าความดันค่าหนึ่งที่เพียงพอที่ทำให้หลอดเลือดแดงถูกปิดชั่วคราวและถูกกดไว้ แล้วค่อยๆ ลดความดันภายในถุงยาง

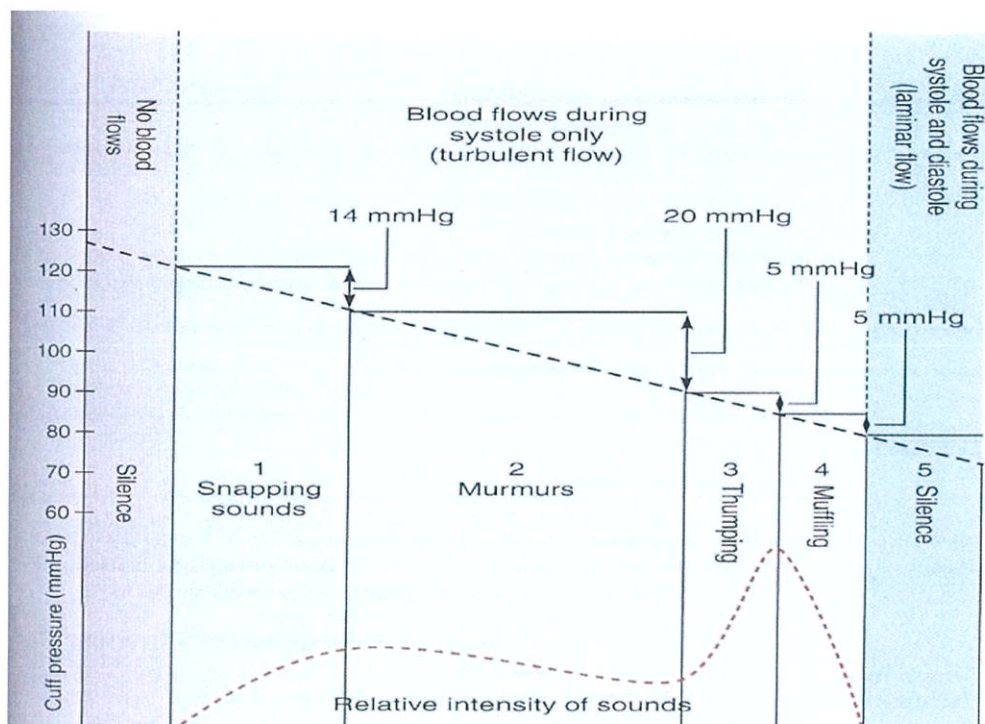


รูปที่ 2.9 แสดงวิธีการวัดความดันโลหิตโดยวิธีทางอ้อม
อ้างอิงจาก : เชิดศักดิ์ เวดประเสริฐ/ สาธิต นฤภัย, เครื่องวัดความดันเลือด 1

พันแชนลงต่ำกว่าความดันโลหิต ทำให้ผนังของโลหิตแดงถูกขยายออกมาโดยทันทีทันใดตามอัตราการเต้นของหัวใจและการบีบคลายตัวของหัวใจ ส่งผลทำให้เกิดการไหลของโลหิตแดงแบบปั่นป่วนและเกิดการสั่นสะเทือนกระทบผนังของหลอดเลือดแดงทำให้เกิดเสียงขึ้นเรียกว่า “Korotkoff Sound” ซึ่งใช้หูฟัง (Stetho Scope) ฟังเสียงที่เกิดขึ้นและได้ยินดังเรื่อยๆ อย่างต่อเนื่องจนกระทั่งความดันในถุงยางพันแชนถูกปล่อยให้ลดลงจนไม่สามารถได้ยินเสียง Korotkoff ดังแสดงในรูปที่ 2.10 แสดงลำดับการไหลของโลหิตผ่านหลอดเลือดแดงและรายละเอียดเกี่ยวกับการเกิด Korotkoff Sound มี 5 สภาวะ (Phase) ดังนี้คือ

- สภาวะที่ 1 เป็นช่วงเวลาเริ่มต้นเสียงที่ชัดเจนที่เรียกว่า “Korotkoff Sound” ในระหว่างที่ความดันใน Cuff ลดลงและค่าความดันขณะนั้นเท่ากับค่าความดันซิสโตลิก
- สภาวะที่ 2 ได้ยินเสียงดังกระหึ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่ไม่ชัดเจนบริเวณกรอบที่ถูกทับของ Cuff
- สภาวะที่ 3 ตรงบริเวณที่ Cuff กดลงบนเส้นโลหิตแดงจะได้ยินเสียงดัง ที่มีความดังแรงขึ้นและค่อยๆ ลดลง
- สภาวะที่ 4 เสียงที่เกิดขึ้นจะดังแผ่ว อู้อู้อและค่อยๆ เลือนหายไป
- สภาวะที่ 5 จะไม่ได้ยินเสียงอีก ค่าความดันขณะที่ได้ยินเสียงครั้งสุดท้ายจะเท่ากับ ความดันไดแอสโตลิก

ในการศึกษานี้เป็นการหาค่าความดันโลหิตโดยวิธีออสซิลโลเมตริก (Oscillometric Method) และใช้การวัดความดันโลหิตวิธีการฟังเสียง (Auscultation Method) ร่วมด้วย เรียกว่าวิธี “Sphygmomanometer”



รูปที่ 2.10 แสดงวิธีการวัดความดันโลหิตโดยวิธีฟังเสียง

อ้างอิงจาก : สถาบันวิจัย พัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหิดล

2.7 วิธีการวัดความดันโลหิตที่ถูกต้อง

บางครั้งเวลาวัดความดันโลหิตเราอาจพบว่าความดันโลหิตที่วัดได้เกินหรือต่ำกว่ามาตรฐาน จึงกังวลว่าตัวเองจะป่วยเป็นโรคความดันโลหิตสูงหรือความดันโลหิตต่ำหรือไม่ เนื่องจากสุขภาพร่างกายของแต่ละคนไม่เหมือนกันและค่ามาตรฐานจึงต่างกันด้วย ดังนั้นจึงบอกไม่ได้ว่าป่วยเป็นโรคความดันโลหิตสูงหรือความดันโลหิตต่ำ แต่เราสามารถแบ่งระดับค่าความดันโลหิต ดังแสดงในตารางที่ 2.1 โดยปกติค่าความดันโลหิตจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาโดยจะต่างกันไปบ้าง ในตอนเช้า ตอนกลางวัน เวลาเล่นกีฬา พักผ่อน อุณหภูมิของอากาศและอารมณ์เครียด ดังนั้นค่าความดันโลหิตที่วัดได้นั้นทำการวัดในขณะสถานะเช่นใด วิธีการวัดความดันโลหิตที่ถูกต้องโดยวิธีการวัดแบบทางอ้อมคือ ให้เอาค่าความดันโลหิตที่วัดได้ในช่วงเวลาและสถานะที่ต่างกันของหลายๆวัน เป็นบรรทัดฐานและทำการวัดหาค่าความดันโลหิตเฉลี่ยของแต่ละคน ตำแหน่งการวัดต่างกันทำให้ค่าความดันโลหิตที่ได้ไม่เท่ากัน

ตารางที่ 2.1 สรุปวิธีการวัดความดันโลหิต และความสามารถในการวัดค่า

วิธี	ค่าซิสโตลิก (Systolic)	ค่าไดแอสโตลิก (Diastolic)	ค่าเฉลี่ย (Mean)
Palpatory	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้
Oscillometric	ได้	ได้	ได้
Auscultatory	ได้	ไม่ได้	ได้
Ultrasonic (A)	ได้	ไม่ได้	ได้
Ultrasonic (B)	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้
Flush	ได้	ไม่ได้	ไม่ได้

ด้วยเช่นกัน ความดันโลหิตที่หลอดเลือดแดงใหญ่จะวัดที่ตำแหน่งหลอดเลือดแดงใหญ่บริเวณที่แขนช่วงบนแขน เวลาทำการวัดความดันโลหิตที่ถูกต้องจะต้องพันถุงยางลมไว้ที่แขนช่วงบนตรงตำแหน่งหลอดเลือดแดง (Brachial) ในระดับหัวใจและต้องเลือกขนาดถุงยางพันแขน (Cuff) ให้เหมาะสมซึ่งมีผลต่อค่าความดันโลหิตซึ่งโดยปกติมีขนาดมาตรฐานคือความกว้าง 12-13 เซนติเมตร และยาว 22-24 เซนติเมตรสำหรับผู้ใหญ่ปกติ

ตารางที่ 2.2 แสดงกลุ่มอาการที่บ่งบอกถึงสภาวะการเป็นโรคความดันโลหิตสูง*

กลุ่มอาการ (Category)	ค่าความดันซิสโตลิก	ค่าความดันไดแอสโตลิก
คนปกติ (Normal)	น้อยกว่า 130 mmHg	น้อยกว่า 130 mmHg
คนที่มีค่าความดันสูงกว่าค่าปกติ (High Normal)	130-139 mmHg	น้อยกว่า 130 mmHg
คนที่มีค่าความดันโลหิตสูง	ค่าความดันซิสโตลิก	ค่าความดันไดแอสโตลิก
ขั้นที่ 1 (Mild)	140-159 mmHg	90-99 mmHg
ขั้นที่ 2 (Moderate)	160-179 mmHg	10-109 mmHg
ขั้นที่ 3 (Severe)	180-209 mmHg	110-119 mmHg
ขั้นที่ 4 (Very severe)	มากกว่า 210 mmHg	มากกว่า 120 mmHg

*แหล่งที่มา : American Heart Association (AHA) : Fighting Heart Disease and Stroke, Human Blood Pressure Determination by Sphygmomanometer Appendix B page27, [11]

เทคนิคการวัด ที่ต้องพิจารณาเพื่อให้ค่าแม่นยำและเป็นค่าที่แท้จริง

1. ถุงยางพันแขน (Cuff) ขนาดถูกต้อง
2. ใช้ถุงยางพันแขน (Cuff) 2 ท่อ ยกเว้นชนิดออสซิลโลเมตริก
3. พันถุงยางพันแขน (Cuff) ให้แน่น
4. วางแขนที่วัดให้อยู่ระดับหัวใจ
5. ให้ถุงลมโป่งเร็ว แต่พาดด้วยอัตรา 3 มิลลิเมตรปรอท ต่อจังหวะการเต้นของหัวใจ
6. ให้อ้อมเหนือบริเวณที่วัดผ่อนคลาย
7. วิธีการฟังเสียง เสียงแรกเป็น ซิสโตลิก (Systolic) แต่ไดแอสโตลิก (Diastolic) คือจุดที่เสียงหายหรือ จุดสุดท้าย
8. ขณะปล่อยลมออก อย่าบีบให้ถุงยางพันแขน (Cuff) โป่งระหว่างช่วงที่วัด
9. ขจัด Auscultatory gap โดยชูแขนให้สูงก่อนบีบลูกยางให้เกินค่าซิสโตลิก (Systolic) จึงวางแขนลง
10. ค่าที่วัดได้แปรผันตามปัจจัยต่างๆ ได้เช่น การหายใจ อารมณ์
11. ดูแลเครื่องให้อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้
12. มีถุงยางพันแขน (Cuff) หลายขนาดให้เลือก

การจัดทำนั่ง

โดยปกติมักใช้ทำนั่งในการวัดความดันโลหิต ส่วนการวัดความดันโลหิต ในท่านอนจะมีความดันโลหิตที่แตกต่างจากทำนั่งเล็กน้อย คือ ความดันซิสโตลิกสูงขึ้น 2-3 มิลลิเมตรปรอท และความดันไดแอสโตลิกลดลง 2-3 มิลลิเมตรปรอท ในผู้สูงอายุ ควรวัดความดันโลหิตทั้งท่านอนและทำยืน เพื่อดูภาวะ Postural hypotension ซึ่งวินิจฉัยภายในเวลา 2-5 นาทีของทำยืน โดยมีความดันซิสโตลิกลดลงอย่างน้อย 20 มิลลิเมตรปรอท หรือมีความดันไดแอสโตลิกลดลงอย่างน้อย 10 มิลลิเมตรปรอท หรือมีอาการของสมองขาดโลหิตมาเลี้ยงเช่น วูบจะเป็นลมในการวัดความดันโลหิต ควรให้แขนที่ทำนั่งอยู่ในระดับเดียวกับหัวใจ ส่วนตัวเครื่องวัดอยู่ในตำแหน่งที่เห็นได้ชัด แต่ไม่จำเป็นต้องอยู่ระดับเดียวกับหัวใจ ทั้งนี้ถ้าระดับแขนอยู่ต่ำกว่าหัวใจ ก็จะมีความดันโลหิตที่เพิ่มขึ้นจาก Hydrostatic Pressure อันเกิดจากแรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งอาจเพิ่มขึ้นถึง 10-12 มิลลิเมตรปรอท นอกจากนี้ ผู้ถูกวัดควรนั่งนิ่งๆ ประมาณ 5 นาทีก่อนวัด แต่อย่างไรก็ตามก็อาจเกิดภาวะ White Coat Hypertension ซึ่งเป็นภาวะความดันโลหิตที่สูงขึ้นจากความตื่นเต้น เฉพาะเมื่อพบแพทย์ พยาบาล โดยไม่ได้มีความดันสูงจริง พบภาวะนี้ได้ 20-30% ซึ่งสามารถตรวจยืนยันได้โดยการติดเครื่องวัดความดันโลหิต 24 ชั่วโมง

2.8 การบำรุงรักษาเครื่องวัดความดันโลหิต

ขั้นตอนการใช้งานที่ถูกต้อง

1. นำเครื่องวัดความดันมาตั้งในลักษณะเตรียมพร้อม
2. เปิดวาล์วที่ได้ฐานหลอดแก้ว (ถ้ามี)
3. พัน ถูยางรอบต้นแขนเหนือข้อศอกให้เรียบร้อย (ให้ตำแหน่ง Mark อยู่ตรงข้อพับด้านในหรือตำแหน่งที่คู่มือกำหนด) และวางแขนบนโต๊ะ
4. ปิดวาล์ว (สำหรับเครื่องแบบปรอท และแบบเข็ม)
5. ใช้นิ้วจับซีฟเจอร์บริเวณข้อมือ (สำหรับเครื่องแบบปรอท และแบบเข็ม)
6. บีบลูกยางเพื่ออัดลมเข้าถูยาง (Cuff) ที่รัดที่ต้นแขนจนปรอทสูงขึ้นมีค่าความดันมากกว่าคนปกติ ประมาณ 20-30 มิลลิเมตรปรอท (ประมาณ 150 มิลลิเมตรปรอท) แล้วจึงหยุด (สำหรับเครื่องแบบ Digital ให้กดปุ่ม Start)
7. เปิดวาล์วให้แรงดันลดลงช้าๆ (สำหรับเครื่องแบบปรอท และแบบเข็ม)
8. สังเกตซีฟเจอร์บริเวณข้อมือ (สำหรับเครื่องแบบ Digital ให้อ่านค่าได้จากเครื่อง)

ขั้นตอนการบำรุงรักษา

1. หลังเลิกใช้งานควรเช็ดทำความสะอาดเครื่อง
2. ปิดวาล์วที่ได้ฐานหลอดแก้ว (ถ้ามี)
3. พับถูยางแล้วเก็บให้เรียบร้อย
4. ลูกยางและวาล์วไม่ควรวางให้ตรงกับหลอดแก้ว (ควรใส่ในตำแหน่งที่ถือวาล์วถ้ามี) มิฉะนั้นวาล์วจะถูกกดด้วยหลอดแก้วแล้วหลอดแก้วจะแตก (สำหรับเครื่องแบบปรอท และแบบเข็ม)
5. ปิดฝาพร้อมล็อกให้เรียบร้อยแล้วนำไปเก็บในที่ปลอดภัย

ข้อควรระวังในการใช้งาน

1. ไม่ควรใช้งานในที่ๆ มีฝุ่นละอองมากๆ เพราะจะทำให้ฟิลเตอร์ตัน
2. ไม่ควรเก็บเครื่องไว้ในที่ๆ มีอุณหภูมิสูงเพราะจะทำให้ถังยาง และลูกยางเสื่อมสภาพเร็ว
3. หลังเลิกใช้งานควรปิดวาล์วทุกครั้ง
4. การเก็บวาล์วควรเก็บไว้ในที่ๆ กำหนดหรือไม่ให้ตรงกับตำแหน่งที่หลอดแก้วตกลงมาเพราะจะทำให้หลอดแก้วแตกได้
5. อย่าทำเครื่องตกจะทำให้ค่าที่วัดได้ไม่ถูกต้อง
6. คอยตรวจสอบแบตเตอรี่อยู่เสมอ (สำหรับเครื่องแบบ Digital)
7. และหากหยุดใช้เครื่องนานๆ ควรถอดแบตเตอรี่ออกเสมอ (สำหรับเครื่องแบบ Digital)

บทที่ 3

การออกแบบอุปกรณ์ตรวจวัดความดันโลหิต

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองหลักการวัดความดันโลหิตด้วยวิธีออสซิลโลเมตริก

การทดลองวัดความดันโลหิตด้วยวิธีออสซิลโลเมตริกประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญ 2 ส่วนซึ่งมีส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

3.1.1 อุปกรณ์ DAQ (Data Acquisition)

ระบบวัดและระบบเครื่องมือควบคุมอัตโนมัติในระบบอุตสาหกรรมในปัจจุบันอาศัยการอินเตอร์เฟซกับคอมพิวเตอร์ เพราะคอมพิวเตอร์สามารถรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลที่มีความซับซ้อนมากได้โดยเครื่องมือวัด เช่น อาร์ทีดี เทอร์โมคัปเปิล โพลิเมเตอร์ ส่งสัญญาณไฟฟ้าออกมาให้กับ DAQ และสามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ต่างๆ เช่น มอเตอร์ ฮีตเตอร์ คอนโทรลล่าว์ หรือหลอดไฟ เราเรียกระบบนี้ว่า "Data Acquisition System (DAQ System)" ระบบ DAQ นี้ ประกอบไปด้วย

1. Signal Conditioning Module ทำหน้าที่รับ/ส่งสัญญาณทั้งอินพุตและเอาต์พุตในการใช้งานและเราสามารถเชื่อมต่อกับสัญญาณทั้ง อินพุตและเอาต์พุตผ่านทาง Terminal Block โดยที่โมดูลสำเร็จรูปนี้จะประกอบไปด้วยฟังก์ชันที่ทำหน้าที่ Amplifier, Isolate, Filter และ Exciting ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.1 วงจรสัญญาณขยาย Amplifier ทำหน้าที่ขยายสัญญาณไฟฟ้าให้มีค่าสูงมากเพียงพอที่จะใช้งานสำหรับ

- วงจรแปลงสัญญาณ Analog to Digital Converter: ADC สำหรับอินพุต DAQ

- วงจรแปลงสัญญาณ Digital to Analog Converter: DAC สำหรับอินพุต DAQ

และดิจิทัลให้เพียงพอสำหรับอุปกรณ์ Final Control Element

1.2 วงจรแยกกราวด์ Isolate วงจรนี้จะแยกกราวด์ระหว่างสัญญาณวัดที่ส่งออกมาจากทรานสมิตเตอร์กับกราวด์ของคอมพิวเตอร์ เพื่อป้องกันความเสียหายอันจะเกิดจากการปะปนของสัญญาณที่ High Amplitude และการแยกกราวด์ยังเพิ่มความแน่ใจได้ว่าค่าที่วัดได้จะไม่มีผลของความต่างศักย์กราวด์หรือกราวด์ร่วม (Common-Mode Ground) ซึ่งอาจจะทำให้ค่าที่วัดได้จริงผิดเพี้ยนไปได้อีกด้วย เมื่อสัญญาณอินพุตถูกป้อนเข้า DAQ Board ตั้งแต่ 2 ช่องสัญญาณและจะนำไปสู่สิ่งที่เราเรียกว่า กราวด์ลูป (Ground Loop) หรือที่เรียกว่า Common Mode Voltage ซึ่งหากแค่แรงดันดังกล่าวมีค่ามากจนเกินไป ก็อาจทำความเสียหายต่อระบบวัดได้ ด้วยเหตุนี้เอง ในปัจจุบันตัวแปลงสัญญาณเลยได้รับการติดตั้งวงจรแยกกราวด์ที่สามารถขจัดแรงดัน Common Mode ได้สูงถึง 24 Vrms

1.3 วงจรกรองความถี่ Filter ทำหน้าที่กรองสัญญาณรบกวนออกจากสัญญาณวัดเช่น Noise ในช่วงความถี่ 50 - 60 Hz ซึ่งอาจมาได้จาก Power Line หรือเครื่องจักรกลไฟฟ้าในบริเวณใกล้เคียง

2. DAQ Hardware ก็คือ Card Interface เป็นแบบ Plug-In เสียบเข้าไปใน Computer Bus ภายใน Computer Case ซึ่งจะทำให้ได้ความเร็วในการส่งถ่ายข้อมูลสูงขึ้นโดย Card นี้ทำหน้าที่

เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์กับสัญญาณวัดที่ส่งมาจาก Signal Conditioning Module แต่ละ Card ที่ติดตั้งใน Computer จะมี Addressed ของตัวมันเองโดยระบุที่อยู่ในตำแหน่ง อินพุต/เอาต์พุต Memory Map โดย Specification ของ Card Interface จะถูกระบุไว้อยู่บนบอร์ด DAQ ตัวอย่างข้อกำหนดเบื้องต้นของบอร์ด DAQ ที่เราจะพบก็คือบอร์ด DAQ 16 บิต Resolution ADC 100 kS/s Sampling Rate ดังนั้น Spec เบื้องต้นของฮาร์ดแวร์ DAQ ที่สำคัญๆ ดังนี้

2.1 จำนวนช่องของอนาล็อกอินพุตของบอร์ด DAQ มักจะได้รับการระบุไว้ทั้ง 2 กรณีดังต่อไปนี้

- Single-Ended โดยอินพุตของ DAQ Board ที่เป็น Single-Ended นั้นจะอ้างอิงกับกราวด์จุดเดียวกันทั้งหมด และอินพุตแบบนี้จะใช้ในกรณีสัญญาณอินพุตมีระดับสูงมากกว่า 1 โวลต์ และใช้สายวัดสั้นๆ ไม่เกิน 15 ฟุต

- Differential Input แต่ละอินพุตจะมีกราวด์ของตัวเอง ซึ่งถือเป็นข้อดีเพราะเป็นการลดสัญญาณรบกวน Common-Mode ได้

2.2 อัตราการสุ่มวัดเป็นพารามิเตอร์ที่จะกำหนดว่าบอร์ด DAQ จะสามารถวัดสัญญาณอินพุตได้ละเอียดมากเท่าใด โดยปกติการ์ด DAQ แบบ Plug-in จะมีอัตราการสุ่ม 30,000 - 250,000 ครั้งต่อวินาที เนื่องจากการสุ่มวัดด้วยความถี่สูงๆ จะทำให้สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณอินพุตได้ในทันทีทันใด (ทฤษฎีของ Nyquist จะต้องทำการสุ่มอ่านค่าความถี่เสียงด้วยความถี่อย่างน้อย 1.5 เท่าของความถี่สัญญาณอินพุต) ในทางกลับกันหากใช้อัตราการสุ่มวัด ที่ไม่เหมาะสมแล้ว การตีความสัญญาณอินพุตก็จะผิดเพี้ยนไป โดยปกติแล้ว DAQ จะต้องทำการวัดสัญญาณอินพุตหลายช่องสัญญาณพร้อมๆ กัน บอร์ด DAQ จึงต้องมีวงจรมัลติเพล็กซ์เพื่อเลือกสัญญาณเข้ามาวิเคราะห์ทีละช่องสัญญาณ

2.3 ระดับการแยกแยะสัญญาณเกิดจากการแปลงสัญญาณวัดจากสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล ของบอร์ด DAQ ซึ่งจะใช้จำนวนบิตในการแทนค่าของสัญญาณอนาล็อกในแต่ละช่วงเวลา เช่น การแทนด้วยรหัสเพียง 3 บิต นั้นให้ค่าความแยกแยะเพียง 8 ระดับ หากต้องการเพิ่มค่าความแยกแยะ เพื่อป้องกันข้อมูลของสัญญาณที่วัดได้ขาดหายไป ก็จะต้องเพิ่มการแทนบิตสูงขึ้น เช่น การแทนบิตด้วยรหัส 8 บิต จะสามารถแทนระดับสัญญาณอินพุตได้สูงถึง 255 ระดับ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มความแม่นยำให้กับการวัดอย่างมากเลยทีเดียว

3. Communication-Based อุปกรณ์ Data Acquisition จะติดต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านทาง Communication Port

- Serial Communication ระยะทางไม่ไกลจะนิยมใช้ RS-232 โดยสามารถมีอัตราเร็วในการส่งถ่ายข้อมูล 115 K baud (bits per second) ซึ่ง 7 หรือ 8 บิต (on/off signal) จะเป็นสัญญาณที่แสดงถึงอักษรตามมาตรฐาน ASCII Code ถ้าต้องการระยะไกลมากกว่า RS-232 ก็สามารถใช้ RS-422 และ RS-485 เพราะว่ามีประสิทธิภาพการสื่อสารข้อมูลสูงกว่า

4. Personal Computer รวม Printer ด้วย จะเป็นส่วนที่ใช้สำหรับแสดง Graphic ของกระบวนการและใช้เป็นส่วนติดต่อหรือรับคำสั่งจากโอเปอเรเตอร์หรือวิศวกรรวมทั้งยัง Alarm เมื่อ Process Upnormal

5. DAQ Software ทำหน้าที่สื่อสารและเพื่อควบคุมฮาร์ดแวร์ DAQ จึงเป็นเหมือนเครื่องมือสำหรับควบคุมระบบ Data Acquisition ให้เป็นไปตามความต้องการของผู้ออกแบบระบบวัดอัตโนมัติ รวมทั้งมีความสามารถในการวิเคราะห์ และความสามารถในการนำเสนอผลการ

วิเคราะห์ให้กับซอฟต์แวร์ไคร์เวอร์ โดยสามารถเขียนให้อยู่ในรูปกราฟิกเพื่อสามารถใช้งานได้ง่ายขึ้น โดยสามารถเปลี่ยนคอมพิวเตอร์ของคุณไปเป็นเครื่องมือวัดอันชาญฉลาด เช่น ออสซิลโลสโคป ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ เครื่องกำเนิดรูปคลื่นสัญญาณ ดาต้าล็อกเกอร์ (Data Logger) และเครื่องวิเคราะห์สัญญาณ (Signal Analyzer)

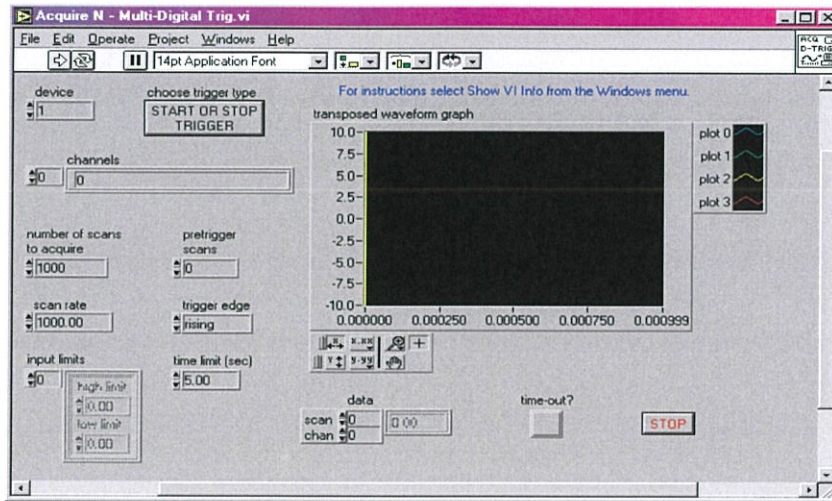
3.1.2 โปรแกรม LabVIEW

LabVIEW คือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการสร้างระบบการวัด ทดสอบ และควบคุม คำว่า LabVIEW ย่อมาจาก Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench หรือเรียกสั้นๆว่า VI ซึ่งหมายความว่าโปรแกรมที่สร้างเครื่องมือวัดเสมือนจริงในห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรมเนื่องจากมีหน้าตาและการทำงานคล้ายเครื่องมือวัด เช่น ออสซิลโลเมตริกหรือมัลติมิเตอร์โดยจุดประสงค์หลักของการทำงานของโปรแกรมนี้คือการจัดการในด้านการวัดและเครื่องมือวัด อย่างมีประสิทธิภาพ และในตัวของโปรแกรมจะประกอบไปด้วยฟังก์ชันที่ใช้ช่วยในการวัดมากมายและแน่นอนที่สุด โปรแกรมนี้จะมีประโยชน์อย่างสูงเมื่อใช้ร่วมกับเครื่องมือวัดทางวิศวกรรมต่างๆที่ LabVIEW แตกต่างจากโปรแกรมอื่นอย่างเห็นได้ชัดที่สุดก็คือ LabVIEW นี้เป็นโปรแกรมประเภท GUI (Graphic User Interface) โดยสมบูรณ์ นั่นคือเราไม่จำเป็นต้องเขียน Code หรือคำสั่งใดๆ ทั้งสิ้น และที่สำคัญลักษณะภาษาที่ใช้ในโปรแกรมนี้เราจะเรียกว่าเป็น ภาษารูปภาพ หรือเรียกอีกอย่างว่า ภาษา G (Graphical Language) ซึ่งจะแทนการเขียนโปรแกรมเป็นบรรทัดอย่างที่เราคุ้นเคยกับภาษาพื้นฐาน เช่น C, BASIC หรือ FORTRAN ด้วยรูปภาพหรือสัญลักษณ์ทั้งหมด และมีการต่อสายส่งข้อมูลคล้ายกับการวาดโฟลชาร์ตที่เข้าใจได้ง่าย

ลักษณะเด่นของโปรแกรม LabVIEW คือ โปรแกรมประเภทที่ใช้ตัวหนังสือ หรือที่เรียกว่า Text Base ทั้งหลายมีความยุ่งยากในการจัดการกับตำแหน่งการส่งผ่านข้อมูลตามอุปกรณ์เชื่อมต่อ เช่น Port หรือ Card ต่างๆ รวมถึงการจัดวางตำแหน่งในหน่วยความจำเพื่อที่จะสามารถรวบรวมข้อมูลมาใช้ในการคำนวณและเก็บข้อมูลให้ได้ประโยชน์สูงสุด ปัญหาเหล่านี้ได้รับการแก้ไขใน LabVIEW โดยได้มีการบรรจุโปรแกรมจำนวนมาก หรือ Libraries ไว้สำหรับจัดการกับปัญหาเหล่านั้น ไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์การเชื่อมต่อจะเป็น DAQ (Data Acquisition), GPIB (General Purpose Interface Bus หรือเรียกอีกชื่อว่า Hewlett Packard Interface Bus, HP-IB), พอร์ตอนุกรม หรือ Serial Port เพื่อใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ที่ส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรม (Serial Instrument) รวมถึงการวิเคราะห์ข้อมูลที่ ได้ ด้วยวิธีการต่างๆ นอกจากนี้ใน Libraries เหล่านี้ยังได้บรรจุฟังก์ชันการทำงานที่สำคัญอีกหลายประการเช่น Signal Generation, Signal Processing, Filters, สถิติ, พีชคณิต และคณิตศาสตร์อื่นๆ ดังนั้น LabVIEW จึงทำให้การวัดและการใช้เครื่องมือวัดกลายเป็นเรื่องง่าย และทำให้คอมพิวเตอร์กลายเป็นเครื่องมือทางด้านกรวัดหลายชนิดอยู่ในเครื่องเดียว และลักษณะเด่นอีกอย่างคือ โปรแกรม LabVIEW มีลักษณะแบบ Dataflow Programming คือการทำงานจะถูกกำหนดโดยความพร้อมของข้อมูลที่จำเป็นต่อการประมวลผล การดำเนินการในขั้นถัดไปถูกกำหนดจากความพร้อมของข้อมูลที่ได้จากกระบวนการ โดย VI จะประกอบไปด้วยองค์ประกอบหลัก 3 ส่วนคือ

1. Front Panel ซึ่งทำหน้าที่ติดต่อกับผู้ใช้หรือหน้าปัทม์ จะเป็นส่วนที่ใช้สื่อความกันระหว่างผู้ใช้กับโปรแกรม (หรือที่นิยมเรียก User Interface) โดยทั่วไปจะมีลักษณะเหมือนกับหน้าปัทม์ของเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่ใช้งานด้านการวัดต่างๆ ไป โดยทั่วไปจะประกอบด้วย สวิตซ์ปิดเปิด ปุ่มบิด ปุ่มกด จอแสดงผลหรือแม้แต่ค่าที่ผู้ใช้สามารถกำหนด ดังนั้นสำหรับผู้ที่คุ้นเคยกับการ

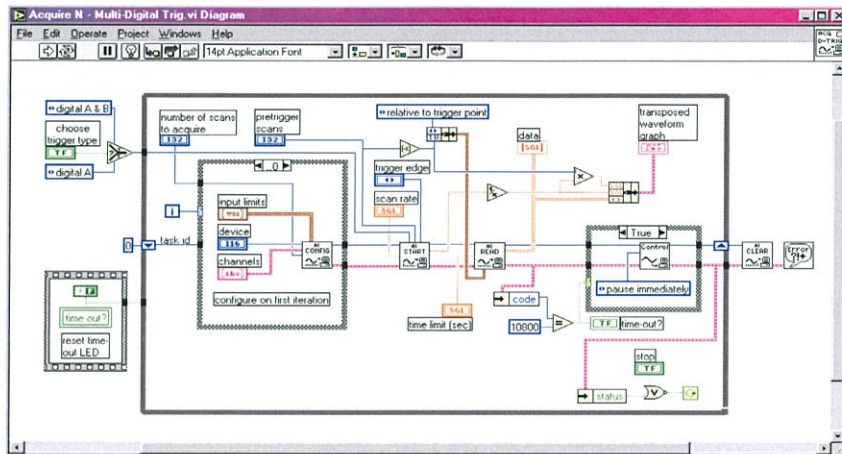
เขียนโปรแกรมประเภท Visual ที่หลายคงจะเข้าใจถ้าหากบอกว่า Front Panel นี้จะเปรียบเสมือนเป็น GUI ของโปรแกรมหรือ VI นั้นเอง ลักษณะของ Front Panel แสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดง Front Panel

อ้างอิงจาก : กิจไพบุลย์ ชิวพันธุศรี, LabVIEW ซอฟต์แวร์เพื่อการพัฒนาาระบบการวัดและควบคุม

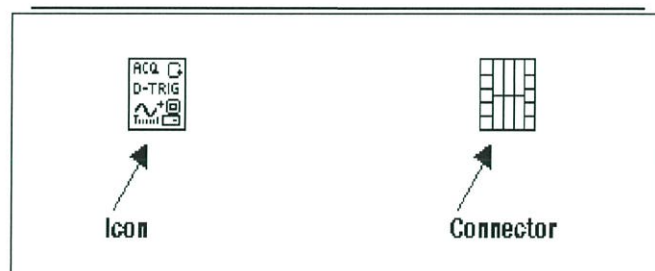
2. Block Diagram นี้เป็นเหมือนกับ Source Code หรือโปรแกรมของ LabVIEW ซึ่งปรากฏว่าอยู่ในรูปของภาษา G ซึ่ง Block Diagram นี้ ถือว่าเป็น Executable Program คือสามารถที่จะทำงานได้ทันที และข้อดีอีกประการหนึ่งก็คือ LabVIEW จะมีการตรวจสอบความผิดพลาดของโปรแกรมตลอดเวลา ทำให้โปรแกรมจะทำงานได้ก็ต่อเมื่อไม่มีข้อผิดพลาดในโปรแกรมเท่านั้นโดยผู้ใช้สามารถที่จะดูรายละเอียดของความผิดพลาดแสดงให้เห็นได้ตลอดเวลา ทำให้การเขียนโปรแกรมนั้นง่ายขึ้นมาก ส่วนประกอบภายในบล็อกไดอะแกรมนี้จะประกอบด้วยฟังก์ชันคงที่ โปรแกรมควบคุมการทำงานหรือโครงสร้าง จากนั้นในแต่ละส่วนเหล่านี้ ซึ่งจะปรากฏในรูปของบล็อกเราจะได้รับการต่อสาย (Wire) สำหรับบล็อกที่เหมาะสมเข้าด้วยกัน เพื่อกำหนดลักษณะการไหลของข้อมูลระหว่าง บล็อกเหล่านั้น ทำให้ข้อมูลได้รับการประมวลผลตามที่ต้องการ และแสดงผลออกมาให้ผู้ใช้ใช้งาน ลักษณะของ Block Diagram แสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมโปรแกรม

อ้างอิงจาก : กิจไพบุลย์ ชิวพันธ์ุศรี, LabVIEW ซอฟต์แวร์เพื่อการพัฒนาาระบบการวัดและควบคุม

3. Icon และ Connector Pane เปรียบเสมือนโปรแกรมย่อย Subroutine ในโปรแกรมปกติทุกๆ ไปโดย Icon จะหมายถึง Block Diagram ตัวหนึ่งที่มีการส่งข้อมูลเข้าและออกผ่านทาง Connector ซึ่งใน LabVIEW เราจะเรียก Subroutine นี้ว่า Sub-VI ข้อดีของการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา G นี้ก็คือเราสามารถสร้าง VI ทีละส่วนขึ้นมาให้ทำงานด้วยตัวเองได้อย่างอิสระ จากนั้นในภายหลังหากเราต้องการเราก็สามารถเขียนโปรแกรมอื่นขึ้นมาเพื่อเรียกใช้งาน VI ที่เราเคยสร้างขึ้นก่อนหน้านี้อันทีละตัว ซึ่งทำให้ VI ที่เราเขียนขึ้นก่อนกลายเป็น Sub-VI ไป การเขียนในลักษณะนี้เราเรียกว่า เขียนเป็น Module สำหรับลักษณะทั่วไปของ Icon และ Connector จะแสดงในรูปที่ 3.3 เราจะเห็นว่าเมื่อเราแสดงในรูปของ Connector เราจะพบว่า มีช่องต่อข้อมูลหรือที่เรียกว่า Terminal ปรากฏให้เห็น



รูปที่ 3.3 แสดง Icon และ Connector

อ้างอิงจาก : กิจไพบุลย์ ชิวพันธ์ุศรี, LabVIEW ซอฟต์แวร์เพื่อการพัฒนาาระบบการวัดและควบคุม

3.2 อุปกรณ์ตรวจวัดความดันโลหิตโดยใช้วิธีออสซิลโลเมตริก

การออกแบบอุปกรณ์ตรวจวัดความดันโลหิตโดยใช้วิธีออสซิลโลเมตริกที่ได้สร้างขึ้นนั้นประกอบด้วย 4 ส่วนสำคัญ ซึ่งมีส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

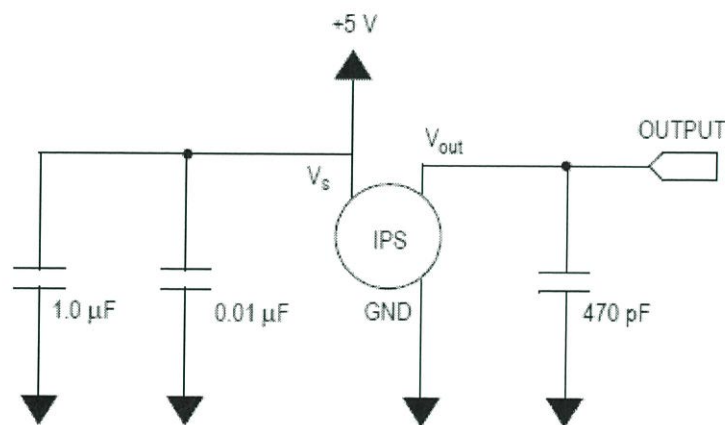
3.2.1 อุปกรณ์เซนเซอร์ความดัน MPX5050

อุปกรณ์ตรวจวัดความดันเป็นแบบซิลิคอนรวม มีเงื่อนไขสัญญาณแบบ On-Chip มีการชดเชยอุณหภูมิและการสอบเทียบ เปียโซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์ รุ่น MPX5050 เป็นเซนเซอร์วัด

ความดันที่ออกแบบสำหรับช่วงการใช้งานที่กว้าง โดยเฉพาะการใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์และไมโครโปรเซสเซอร์ด้วยอินพุตที่เป็น อนาล็อก/ดิจิทัลทรานสดิวเซอร์นี้รวบรวมเทคนิคเครื่องจักรขนาดเล็กระดับสูง การประมวลผลสองขั้นเพื่อให้ได้ค่าที่มีความถูกต้องและแม่นยำ สัญญาณเอาต์พุตอนาล็อกระดับสูงที่ได้สัดส่วนจากความดันประยุกต์

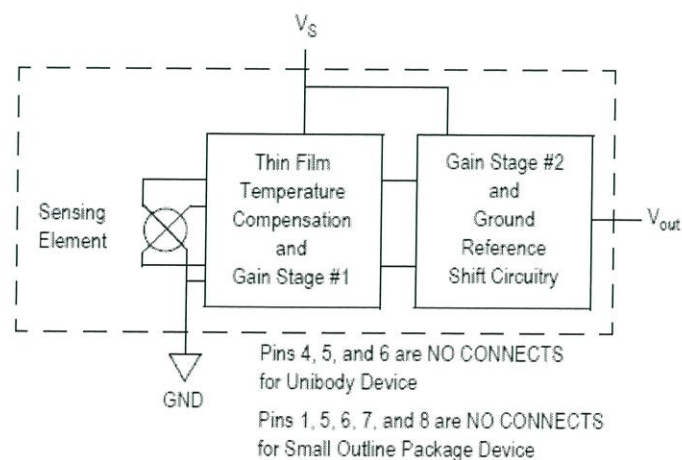
คุณสมบัติ

1. ค่าผิดพลาดสูงสุด 2.5% ตลอดการใช้งานในช่วง 0 - 85 °C
2. เหมาะสำหรับระบบไมโครโปรเซสเซอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์พื้นฐาน
3. มีการชดเชยอุณหภูมิตลอดย่าน -40 ถึง 125 °C
4. สะดวกในการใช้งาน



รูปที่ 3.4 แสดงวงจรแหล่งจ่ายและตัวกรองเอาต์พุต

อ้างอิงจาก : เอกสาร MPX5050, (www.freescale.com/support)



รูปที่ 3.5 แสดงวงจรรวมของเครื่องมือวัดความดัน

อ้างอิงจาก : เอกสาร MPX5050, (www.freescale.com/support)

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติการทำงานเฉพาะของเซนเซอร์วัดความดันรุ่น MPX5050

$$(V_S = 5.0 \text{ Vdc}, T_A = 25^\circ\text{C} \text{ เว้นแต่หมายเหตุ}, P1 > P2)$$

คุณสมบัติ	สัญลักษณ์	ค่าน้อยสุด	ทั่วไป	ค่ามากที่สุด	หน่วย
ย่านความดัน	P_{OP}	0	-	50	kPa
แหล่งความดัน	V_S	4.75	5.0	5.25	Vdc
แหล่งกระแส	I_0	-	7.0	10	mAdc
ความดันชดเชยน้อยสุด (0 ถึง 85°C) $V_S = 5.0$ โวลต์	V_{off}	0.088	0.2	0.313	Vdc
เอาต์พุตเต็มสเกล (0 ถึง 85°C) $V_S = 5.0$ โวลต์	V_{FSO}	4.587	4.7	4.813	Vdc
ย่านเต็มสเกล (0 ถึง 85°C) $V_S = 5.0$ โวลต์	V_{FSS}	-	4.5	-	Vdc
ความแม่นยำ	-	-	-	± 2.5	$\%V_{FSS}$
ความไว	V/P	-	90	-	mV/kPa
เวลาในการตอบสนอง	t_R	-	1.0	-	Ms
แหล่งกระแสเอาต์พุตและ เอาต์พุตเต็มสเกล	t_{0+}	-	0.1	-	mAdc
เวลาในการอุ่นเครื่อง	-	-	20	-	Ms
การชดเชยความมั่งคั่ง	-	-	± 0.5	-	$\%V_{FSS}$

ข้อกำหนด

- 1) kPa = 0.145 psi
- 2) เป็นอุปกรณ์ที่มีการวัดค่าอย่างเป็นสัดส่วนภายในช่วงที่มีการกระตุ้นเฉพาะ
- 3) การชดเชย (V_{off}) ถูกกำหนดด้วยแรงดันเอาต์พุตที่อัตราแรงดันน้อยสุด
- 4) เอาต์พุตเต็มสเกล (V_{FSO}) ถูกกำหนดให้แรงดันเอาต์พุตที่อัตราแรงดันสูงสุดหรือความดันเต็มอัตรา
- 5) ย่านเต็มสเกล (V_{FSS}) ถูกกำหนดด้วยความแตกต่างระหว่างแรงดันเอาต์พุตที่ความดันเต็มอัตราและแรงดันเอาต์พุตที่อัตราแรงดันน้อยที่สุด
- 6) ความถูกต้อง พิจารณาจากสิ่งต่อไปนี้

ความเป็นเชิงเส้น: การเบี่ยงเบนของเอาต์พุตจากความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับแรงดันตลอดย่านความดันเฉพาะ

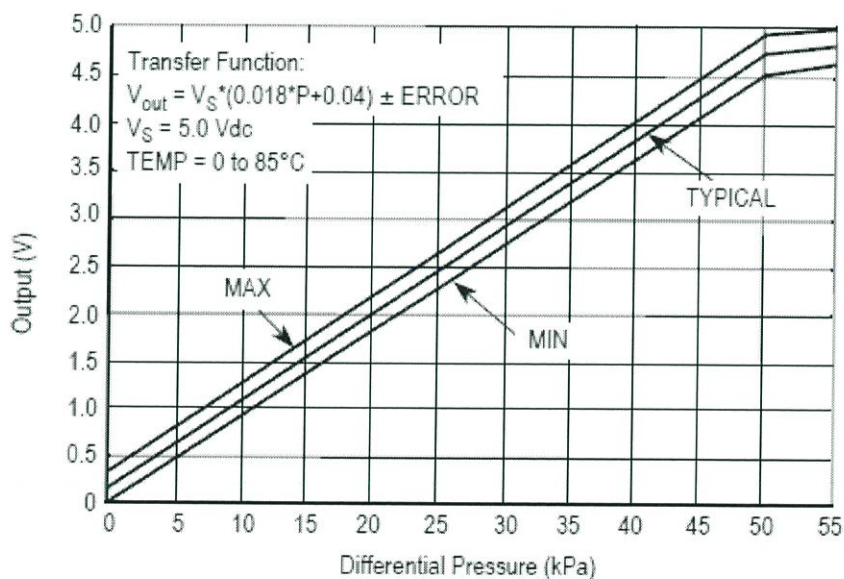
ความล่าช้าเนื่องจากอุณหภูมิ: การเบี่ยงเบนของเอาต์พุตของแต่ละอุณหภูมิที่ต่างกัน ภายใต้ย่านอุณหภูมิการใช้งาน หลังจากอุณหภูมิครบวัฏจักร เริ่มจากจุดการใช้งานอุณหภูมิน้อยสุดไปมากที่สุด หรือจากจุดอุณหภูมิการใช้งานมากที่สุดไปน้อยสุด ด้วยความผันแปรที่ผู้ใช้เป็นศูนย์

ความล่าช้าเนื่องจากความดัน: การเบี่ยงเบนของเอาต์พุตของแต่ละแรงดันที่ต่างกัน เมื่อความดันนี้ครบวัฏจักร จากอัตราแรงดันน้อยสุดไปมากที่สุด และจากอัตราแรงดันมากที่สุดไปน้อยสุดที่อุณหภูมิ 25 °C

7) เวลาตอบสนอง ถูกกำหนดด้วยเวลาในการเพิ่มการเปลี่ยนแปลงในเอาต์พุตจาก 10 - 90% ของค่าสุดท้าย เมื่อมีขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงเฉพาะในแรงดัน

8) เวลาในการอุ่นเครื่อง ถูกกำหนดด้วยเวลาที่ต้องการใช้สำหรับการให้อุปกรณ์ตอบสนองแรงดันเอาต์พุตที่ระบุ หลังจากแรงดันมีความเสถียรแล้ว

9) การชดเชย คือ การเบี่ยงเบนเอาต์พุตของผลิตภัณฑ์เมื่อใช้งานถึง 1,000 ชั่วโมงของพัลส์แรงดัน วัฏจักรอุณหภูมิ ด้วยการทดสอบไบแอส



รูปที่ 3.6 แสดงแรงดันเอาต์พุตกับความดันแตกต่าง

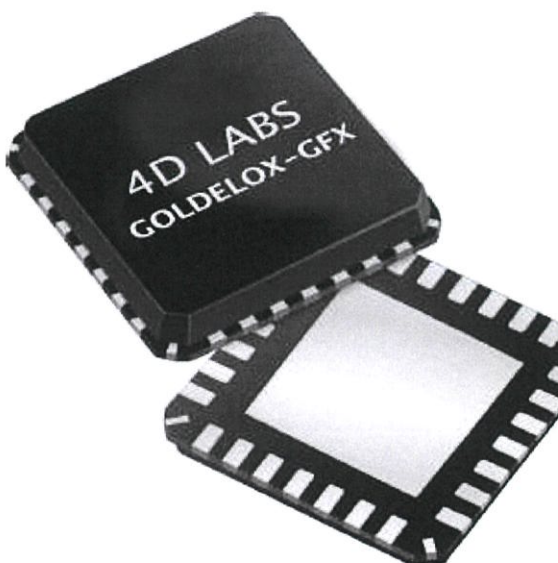
อ้างอิงจาก : เอกสาร MPX5050, (www.freescale.com/support)

3.2.2 อุปกรณ์ชิป รุ่น GODELOX-GFX2

GOLDELOX-GFX2 เป็นชิปควบคุมการออกแบบกราฟิกเพื่อเชื่อมกับจอแสดงผลกราฟิก OLED และจอแสดงผลกราฟิก LCD สามารถแสดงข้อความ รูปภาพ และภาพเคลื่อนไหวได้ มีการเชื่อมต่อแบบ Plug-n-Play ชิปสามารถออกแบบได้ง่าย โดยสัญญาณข้อมูลและสัญญาณควบคุมทั้งหมดถูกจัดเตรียมไว้ โดยชิปเชื่อมต่อโดยตรงไปยังจอแสดงผลเพียงแค่เลือกการแสดงผล และการ

เชื่อมต่อไปยัง GOLDELOX-GFX2 อีกทั้งมีข้อได้เปรียบ คือ ลดเวลาในการการออกแบบและประหยัดค่าใช้จ่าย

GOLDELOX-GFX2 เป็นตระกูลของโปรเซสเซอร์ที่ขับเคลื่อนโดยการเพิ่มประสิทธิภาพสูงด้วยหน่วยประมวลผลเสมือนกับรหัสชุดคำสั่งของการออกแบบเพื่อดำเนินการรวบรวมโปรแกรม 4DGL (4D กราฟิกภาษา) ครอบคลุมอินพุตและเอาต์พุต คุณสมบัติสามารถนำไป SPI อนุกรมอนาล็อกดิจิตอล ปุ่มจอยสติคและดัลลัสอุปกรณ์ 1-wire สามารถสร้างเสียงที่ซับซ้อน ผลกระทบสำหรับการขยายเสียงกำเนิดคือเสียงแบบ RTTTL



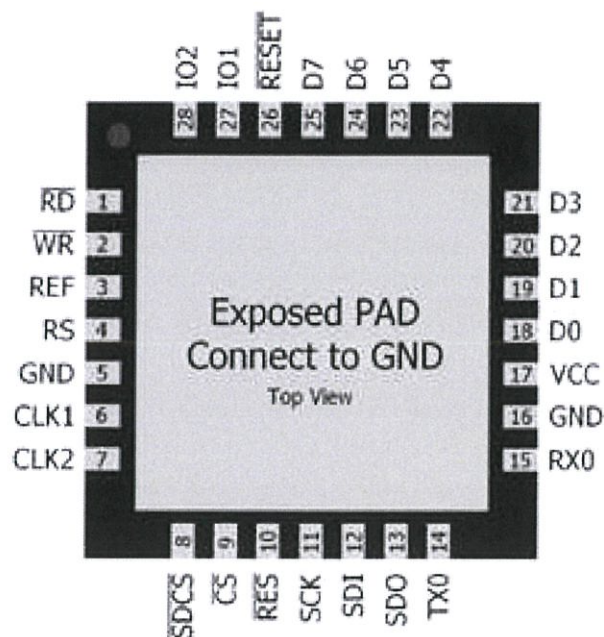
รูปที่ 3.7 แสดง GOLDELOX-GFX2 ของ 4DGL

อ้างอิงจาก : เอกสาร GOLDELOX-GFX2, (www.4d-Labs.com)

คุณสมบัติ

- ต้นทุนต่ำ ลดปัญหาในส่วนการเชื่อมต่อจอแสดงผลกราฟิก OLED LCD และ TFT กับผู้ใช้
- เป็นกราฟิกที่ฝั่งหน่วยประมวลผลแบบเดี่ยวหรือติดต่อเพื่อควบคุมโฮสต์ใด ๆ ที่เป็นหน่วยประมวลผลกราฟิกร่วม
- เชื่อมต่อกับจอแสดงผลสีที่รองรับ 80 อนุกรม CPU 8 บิต สัญญาณข้อมูลและสัญญาณควบคุมทั้งหมด
- ภายในมีการประมวลผลที่มีประสิทธิภาพสูงเสมือนเครื่องยนต์ (EVE) ด้วยชุดคำสั่งรหัสไบต์ที่ใหญ่เหมาะสำหรับ 4DGL และภาษากราฟิก 4 มิติระดับสูง
- รองรับพอร์ต 2 x GPIO
 - ดิจิตอลอินพุทเอาต์พุท
 - ตัวแปลงอนาล็อก/ดิจิตอลที่มีความละเอียด 8/10 บิต

- เสียงรบกวนคอมเพิล็กซ์
 - เฉพาะเครื่องยนต์ปรับแต่ง RTTTL
 - จอยสติ๊กแบบ Multi-Switch
 - ดัลลัส 1 ขด
- หน่วยความจำแฟลช 10 KB สำหรับจัดเก็บรหัสผู้ใช้งานและ 510 ไบต์ (255 x vars 16 บิต) จาก RAM สำหรับตัวแปรผู้ใช้งาน
 - 1 x 32 บิต ระบบจับเวลา ทำงานด้วยความละเอียด 1msec
 - 4x 16 บิต ตัวจับเวลาผู้ใช้งาน ด้วยความละเอียด 1msec
 - ฮาร์ดแวร์พอร์ตอนุกรม Asynchronous กับคุณสมบัติ Auto baud (300 ถึง 256K baud)
 - พอร์ตการเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์ SPI สำหรับการ์ดหน่วยความจำ USD/uSDHC หรือชิปหน่วยความจำแฟลชแบบอนุกรมสำหรับจัดเก็บไอคอน, รูปภาพ, ภาพเคลื่อนไหว ฯลฯ
 - ชุดที่ครอบคลุมของการสร้างขึ้นในระดับสูง 4DGL ฟังก์ชันกราฟิกและขั้นตอนวิธีการที่สามารถวาดวงกลมเส้น ข้อความ และอื่น ๆ อีกมากมาย
 - แสดงภาพสีเต็มภาพเคลื่อนไหว ไอคอนและคลิปวิดีโอ
 - ระบบโครงสร้างภายใน 8x8 ตัวอักษรและแบบอักษรไม่จำกัด ผู้ใช้สามารถปรับแต่งหรือกำหนดสัดส่วนระยะห่างระหว่างตัวอักษรได้
 - แรงดันไฟฟ้า 3.3 โวลต์ 12 มิลลิแอมแปร์
 - มีขนาดเล็ก 6 มิลลิเมตร x 6 มิลลิเมตร 28 ขา



รูปที่ 3.8 แสดงขาของ GOLDELOX-GFX2

อ้างอิงจาก : เอกสาร GOLDELOX-GFX2, (www.4d-Labs.com)

ตารางที่ 3.2 การกำหนดค่าของขาและภาพรวม

ขา	สัญลักษณ์	I/O	คำอธิบาย
1	RD	O	แสดงสัญญาณไฟแฟลชอ่าน GOLDELOX-GFX2 อ้างสัญญาณนี้เป็น LOW เมื่ออ่านข้อมูลจากการแสดง เชื่อมต่อขานี้เพื่ออ่าน (RD) สัญญาณของจอแสดงผล
2	WR	O	แสดงสัญญาณไฟแฟลชเขียน GOLDELOX-GFX2 อ้าง สัญญาณนี้เป็น LOW เมื่อเขียนข้อมูลไปยังจอแสดงผล เชื่อมต่อขานี้เพื่อเขียน (WR) สัญญาณของจอแสดงผล
3	REF	P	ตัวเก็บประจุควบคุมแรงดันไฟฟ้าภายในตัวกรอง เชื่อมต่อไปยังตัวเก็บประจุ 4.7u และ 10uF จากขานี้ไปที่กราวด์
4	RS	P	การเลือกการแสดงผลสถานะ LOW: แสดงดัชนีหรือแสดงสถานะที่ถูกเลือก HIGH: แสดง GRAM หรือข้อมูลการลงทะเบียนที่ถูกเลือก เชื่อมต่อขานี้ไปยังตัวเลือกการใช้งาน (RS หรือ A0 หรือ C / D หรือที่ตัวรวมสัญญาณของจอแสดงผล
5	GND	P	กราวด์
6	CLK1	I	ระบบนาฬิกา อินพุต 1 ของผลึก 12MHz
7	CLK2	O	ระบบนาฬิกา อินพุต 2 ของผลึก 12MHz
8	SDCS	O	ชิปการเลือกอุปกรณ์ SPI เชื่อมต่อขานี้กับสัญญาณของอุปกรณ์ SPI ภายนอก (การ์ดหน่วยความจำ SD/SDHC, ชิพแฟลชอนุกรม ฯลฯ) เพื่อเปิดใช้งานชิป (CE หรือ CS)
9	CS	O	ชิปการเลือกหน้าจอล GOLDELOX-GFX2 อ้างสัญญาณนี้เป็น LOW เมื่อมีการเข้าถึงหน้าจอ เชื่อมต่อขานี้ไปยังสัญญาณชิปการเลือก (CS) จากหน้าจอ
10	RES	O	การ RESET หน้าจอล GOLDELOX-GFX2 เริ่มที่ LOW เชื่อมต่อขานี้เพื่อตั้งค่าสัญญาณใหม่ (RES) ของจอแสดงผล
11	SCK	O	เอาต์พุตนาฬิกาแบบอนุกรม SPI เชื่อมต่อขานี้ไปยัง Clock SPI Serial (SCK) ของสัญญาณอุปกรณ์ภายนอก สวมไว้สำหรับการ์ดหน่วยความจำ SD/SDHCหรือชิพแฟลชหน่วยความจำแบบอนุกรม
12	SDI	I	การป้อนข้อมูลอนุกรม SPI เชื่อมต่อขานี้ไปยังสัญญาณ SPI Serial Data Out (SDO)ของอุปกรณ์ภายนอก สวมไว้สำหรับการ์ดหน่วยความจำ SD / SDHCหรือชิพแฟลชหน่วยความจำแบบอนุกรม
13	SDO	O	อนุกรมข้อมูลเอาต์พุต SPI เชื่อมต่อขานี้ไปยังข้อมูลสัญญาณอินพุตแบบอนุกรม SPI (SDI)ของอุปกรณ์ภายนอก สวมไว้สำหรับการ์ดหน่วยความจำ SD / SDHCหรือชิพแฟลชหน่วยความจำแบบอนุกรม

ตารางที่ 3.2 การกำหนดค่าของขาและภาพรวม (ต่อ)

ขา	สัญลักษณ์	I/O	คำอธิบาย
14	TX0	O	ขาการส่ง asynchronous อนุกรม ข้อมูลเอาต์พุตเป็นที่ระดับแรงดันไฟฟ้า TTL เชื่อมต่อขาไปยังสัญญาณที่ได้รับจากอุปกรณ์แบบอนุกรมภายนอก (RX) ขานี้ใช้ไฟได้ในระดับ 5.0V
15	RX0	I	ขารับอนุกรม asynchronous เชื่อมต่อขาไปยังสัญญาณที่ส่งมาจากอุปกรณ์ภายนอกแบบอนุกรม (Tx) ขานี้ใช้ไฟในระดับ 5.0V
16	GND	P	กราวด์
17	VCC	P	จ่ายไฟบวกเทียบกับกราวด์
18	D0	I/O	บัสแสดงข้อมูลบิต 0
19	D1	I/O	บัสแสดงข้อมูลบิต 1
20	D2	I/O	บัสแสดงข้อมูลบิต 2
21	D3	I/O	บัสแสดงข้อมูลบิต 3
22	D4	I/O	บัสแสดงข้อมูลบิต 4
23	D5	I/O	บัสแสดงข้อมูลบิต 5
24	D6	I/O	บัสแสดงข้อมูลบิต 6
25	D7	I/O	บัสแสดงข้อมูลบิต 7
26	RESET	I	สัญญาณ Reset หลัก เชื่อมต่อตัวต้านทาน 4.7K จากขาไปยัง VCC
27	IO1	I/O	วัตถุประสงค์ทั่วไปขา IO1 ความต้านทาน 2.4 สำหรับรายละเอียดเพิ่มเติม
28	IO2	I/O	วัตถุประสงค์ทั่วไปขา IO1 ความต้านทาน 2.4 สำหรับรายละเอียดเพิ่มเติม
PAD	GND	P	สัมผัสแผ่นโลหะภายใต้แพ็คเกจที่จะต้องเชื่อมต่อกับ GND

3.2.3 อุปกรณ์ μ OLED-160-G1

จอแสดงผลรุ่น μ OLED-160-G1 (GFX) มีขนาดหน้าจอ 1.7 นิ้ว ซึ่งเป็นโมดูลที่ใหญ่ที่สุด จอแสดงผล รุ่น μ OLED-160-G1 (GFX) มีประสิทธิภาพการแสดงผลขนาดกะทัดรัด โปรแกรมมีความสามารถด้านการแสดงผลกราฟิกและหน้าจอมีความรวดเร็วในการแสดงผล GOLDELOX-GFX2 มีพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตของหน่วยประมวลผล เชื่อมต่อแบบอนุกรมกับอุปกรณ์ภายนอก อุปกรณ์ Plug-n-Play ทำให้ง่ายต่อการผสมผสานองค์ประกอบภาพเป็นการออกแบบผลิตภัณฑ์ต่างๆ

คุณสมบัติ

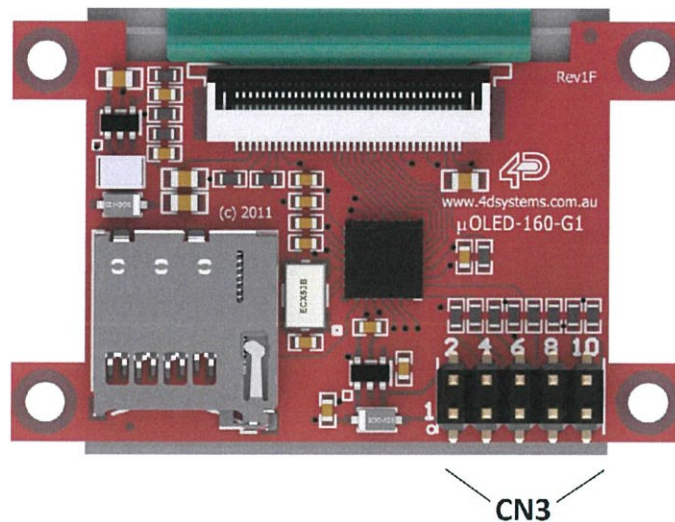
- ต้นทุนต่ำ เหมาะสำหรับด้านการการเชื่อมต่อหน้าจอกกราฟิกแบบ OLED
- ความละเอียด 160 x 128 พิกเซล 65K สี หน้าจอแบบ PMOLED
- ขนาดจอ 1.7 นิ้ว 52 x 32 x 6.1 มิลลิเมตร พื้นที่ใช้งาน 33.6 มิลลิเมตร x 27 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.9 แสดงจอแสดงผล μ OLED-160-G1 (GFX)

อ้างอิงจาก : เอกสาร μ OLED-160-G1 (GFX), (www.4dsystems.com.au)

- ขาเชื่อมต่อ 10 ขากับอุปกรณ์ภายนอก VCC, TX, RX, GND, RESET, IO1, IO2
- Powered by 4D-Labs GOLDELOX-GFX2 หน่วยประมวลผลกราฟิกสูงสำหรับ 4DGL ระดับสูง 4D ภาษากราฟิก
- รองรับพอร์ต 2 \times GPIO:
 - ดิจิตอลอินพุต/เอาต์พุต
 - ตัวแปลงอนาล็อก/ดิจิตอลที่มีความละเอียด 8/10 บิต
- หน่วยความจำ 10K สำหรับจัดเก็บรหัสผู้ใช้งานและ 510 ของ RAM สำหรับเก็บผู้ใช้ตัวแปร (255 \times 16 บิต)
- การเชื่อมต่อแบบอนุกรม TTL คุณสมบัติ Auto-baud (300 ถึง 256K baud)
- การ์ดหน่วยความจำ Micro-SD on-board สำหรับการจัดเก็บของไอคอน, รูปภาพ, ภาพเคลื่อนไหว ฯลฯ รองรับ Micro-SD 64 MB ถึง 2 GB เช่นเดียวกับการ์ดหน่วยความจำ Micro-SDHC เริ่มต้นจาก 4 GB ขึ้นไป
- ภายในมีชุดครอบคลุมการสร้างฟังก์ชันกราฟิก 4 มิติระดับสูง และอัลกอริทึมที่สามารถวาดวงกลมเส้น ข้อความ และอื่น ๆ อีกมากมาย
- แสดงภาพสี ภาพเคลื่อนไหว ไอคอนและคลิปวิดีโอ
- รองรับแบบอักษรวินโดวส์ทั้งหมดที่มีอยู่และรองรับตัวอักษรจากภายนอก
- ย่านการทำงาน 4.0 - 5.5 โวลต์
- มาตรฐาน RoHS



รูปที่ 3.10 แสดงวงจรของจอแสดงผล μ OLED-160-G1 (GFX)

อ้างอิงจาก : เอกสาร μ OLED-160-G1 (GFX), (www.4dsystems.com.au)

ตารางที่ 3.3 การกำหนดขาของพอร์ต

ขา	สัญลักษณ์	I/O	คำอธิบาย
1	VCC	I	ตัวจ่ายแรงดันหลัก + ขาอินพุต ve ขั้วกลับ ช่วงแรงดันที่ใช้คือ 4.0 - 5.5 โวลต์ นิยมใช้ 5.0 โวลต์
2	NC	-	ไม่มีการเชื่อมต่อ
3	TX	O	ขาการส่งอนุกรมอะซิงโครนัสข้อมูลเอาต์พุตที่แรงดันไฟฟ้าระดับ TTL เชื่อมต่อขาไปยังสัญญาณอุปกรณ์รับภายนอกแบบอนุกรม (RX) ขานี้ใช้ไฟระดับ 5.0 โวลต์
4	IO2	O	วัดอุปสรรคทั่วไปขา IO2
5	RX	I	ขารับอนุกรม asynchronous เชื่อมต่อขานี้ไปยังอุปกรณ์ภายนอกส่งสัญญาณแบบอนุกรม (Tx) ขานี้ใช้ไฟระดับ 5.0 โวลต์
6	IO1	I	วัดอุปสรรคทั่วไปขา IO2
7	GND	P	รองรับกราวด์
8	GND	P	รองรับกราวด์
9	RESET	I	สัญญาณรีเซ็ตหลัก ถูกดึงขึ้นไปภายใน 3.3 โวลต์ ผ่านตัวต้านทาน 4.7K ซีพจรต่ำที่ใช้งานมากกว่า 2 ไมโครวินาที จะถูกรีเซ็ตค่าโมดูล ถ้าโมดูลต้องการรีเซ็ตค่าภายนอกใช้ประเภทวงจรสะสม ขานี้ผ่านหนึ่งในพอร์ตของมันโดยใช้ open collector
10	3.3Vout	P	เอาต์พุตควบคุม 3.3 โวลต์ ใช้ได้จนถึง 50 mA อำนาจของวงจรภายนอก

3.2.4 ถุงยางพันแขน (Cuff) ที่ใช้สำหรับการวัดความดันโลหิต

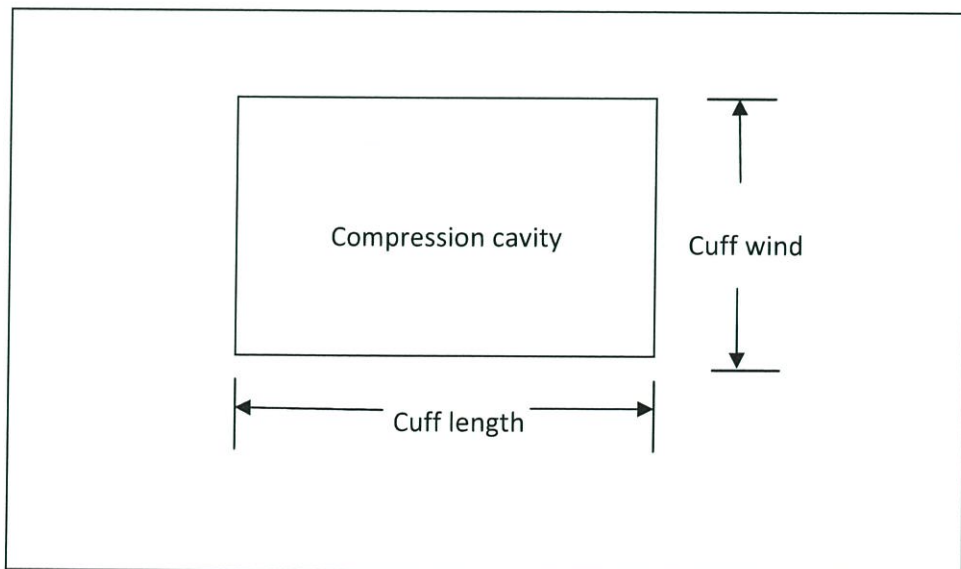
การวัดความดันโลหิตที่แม่นยำและถูกต้องขึ้นอยู่กับความแตกต่างของความกว้างของถุงยางพันแขนที่ใช้จะต้องเหมาะสมกับเส้นรอบวงแขน ความกว้างของถุงยางพันแขนต่อเส้นรอบวงของถุงยางพันแขนมีผลต่อค่าความดันที่ถุงยางพันแขน เมื่อนำไปวางอยู่เหนือหลอดเลือดแดงเพื่อให้ความดันที่ถุงยางพันแขนถูกส่งผ่านเข้าไปยังผนังหลอดเลือดได้อย่างเต็มที่ อัตราความกว้างของถุงยางพันแขนต่อเส้นรอบวงแขนอย่างน้อยที่สุดควรมีค่าประมาณ 40 เซนติเมตร สำหรับถุงยางพันแขนที่ใช้วัดผู้ใหญ่และเด็กโตประมาณ 45 เซนติเมตร ขนาดของความกว้างของถุงยางพันแขนจะประมาณ 1.2 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเมื่อพันแขน ในการวัดความดันโลหิตให้มีความเที่ยงตรงและแม่นยำต้องไม่มีการรั่วหรือนำไปใช้ประโยชน์หรือต่อเข้ากับเครื่องมือวัด (Load) อย่างอื่นอาจทำให้ค่าความดันภายในถุงยางพันแขน (Cuff) ไม่คงที่หรือมีค่าความคลาดเคลื่อนได้

เมื่อใช้ขนาดของถุงยางพันแขน (Cuff) เล็กเกินไปมีผลต่อการวัดความดันโลหิตดังนี้

1. ความดันที่ถุงยางพันแขนจะกระจายความดันลมและส่งไปกดลงยังหลอดเลือดแดงไม่เต็มที่
2. ความดันที่ถุงยางพันแขนจะมีค่าความดันมากกว่าความเป็นจริงทั้งค่าความดันซิสโตลิกและค่าความดันไดแอสโตลิกเมื่อเทียบกับค่าความดันโลหิตที่หลอดเลือดแดงใหญ่ทำให้ค่าความดันโลหิตที่วัดได้มีค่าสูงกว่าค่าที่แท้จริง

เมื่อใช้ขนาดของถุงยางพันแขน (Cuff) ใหญ่เกินไปมีผลต่อการวัดความดันโลหิตดังนี้

1. ความดันที่ถุงยางพันแขนจะขยายใหญ่ขึ้นและถูกส่งผ่านไปยังหลอดเลือดแดงได้ไม่แน่นอนพอที่จะปิดหลอดเลือด
2. ความดันที่ถุงยางพันแขนจะมีค่าความดันน้อยกว่าความเป็นจริงทั้งค่าความดันซิสโตลิกและค่าความดันไดแอสโตลิก เมื่อเทียบกับค่าความดันโลหิตที่หลอดเลือดแดงใหญ่ทำให้ค่าความดันที่วัดได้มีค่าต่ำกว่าค่าที่แท้จริง



รูปที่ 3.11 แสดงลักษณะของถุงยางพันแขน (Cuff) ที่ใช้วัดความดันโลหิต

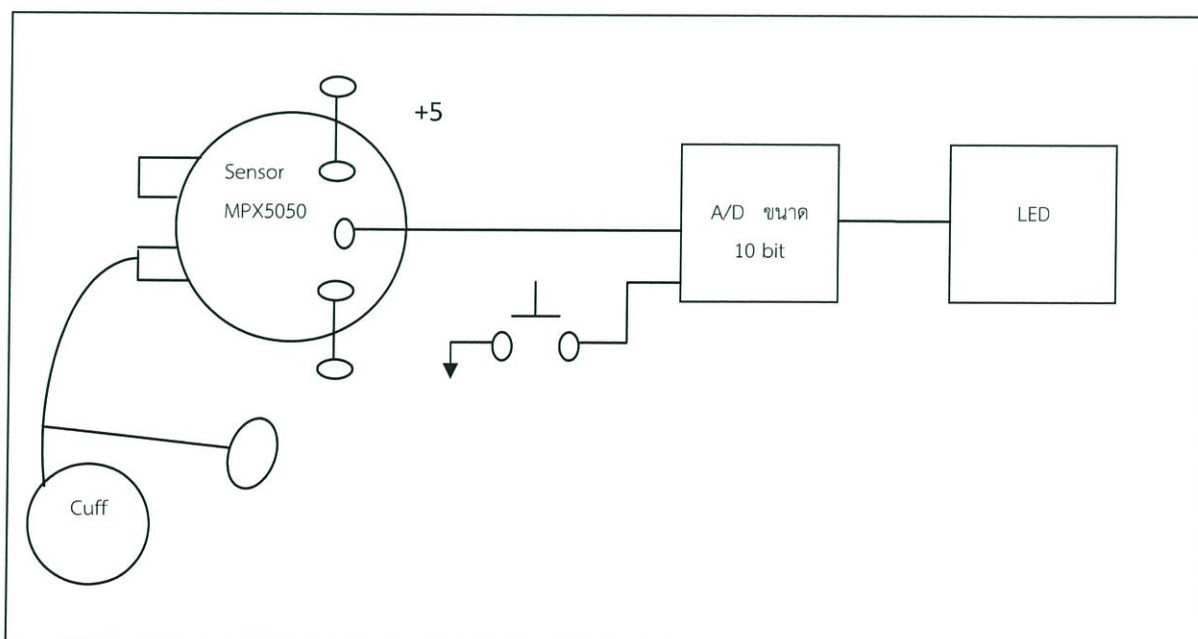
ตารางที่ 3.4 แสดงลักษณะของถุงยางพันแขนตามคำแนะนำของ AAMI (Association for the Advancement of Medical Instrumentation)

ขนาดเส้นรอบวงของแขน(cm)	การเรียกชื่อของ Cuff	ขนาดความกว้างของ Cuff (cm)	ขนาดความยาวของ Cuff (cm)
5.0 – 7.5	Newborn	3	5
7.5 – 13	Inflate	5	8
13 – 20	Child	8	13
17 – 26	Small Adult	11	17
24 – 32	Adult	13	24
32 – 42	Large Adult	17	32
42 – 50**	Thigh	20	42

หมายเหตุ : ** คือสำหรับคนไข้ที่มีขนาดเส้นรอบวงแขนใหญ่มาก การวัดค่าความดันโลหิตให้พันถุงยางพันแขนที่ตำแหน่งขา (leg) หรือที่ตำแหน่ง Femoral

ถ้าใช้ขนาดของถุงยางพันแขนที่มีความกว้างเล็กมาก มีผลทำให้ค่าความดันโลหิตที่วัดได้มีความผิดพลาดมากกว่าที่ใช้ถุงยางพันแขนที่มีความกว้างใหญ่ ดังนั้นการใช้ขนาดของถุงยางพันแขนที่ใช้ไม่ควรกว้างหรือแคบเกินไป ถ้าถุงยางพันแขนมีขนาดกว้างเกินไปทำให้ค่าความดันที่ได้จะต่ำกว่าค่าที่แท้จริงหรือถ้าถุงยางพันแขนมีขนาดแคบเกินไปจะได้ค่าความดันสูงเกินค่าที่แท้จริง

3.3 วงจรการทำงานของเครื่องวัดความดันโลหิต



บทที่ 4

หลักการ และระบบการวัดความดันโลหิตด้วยวิธีออสซิลโลเมตริก

4.1 หลักการวัดความดันโลหิตด้วยวิธีออสซิลโลเมตริก

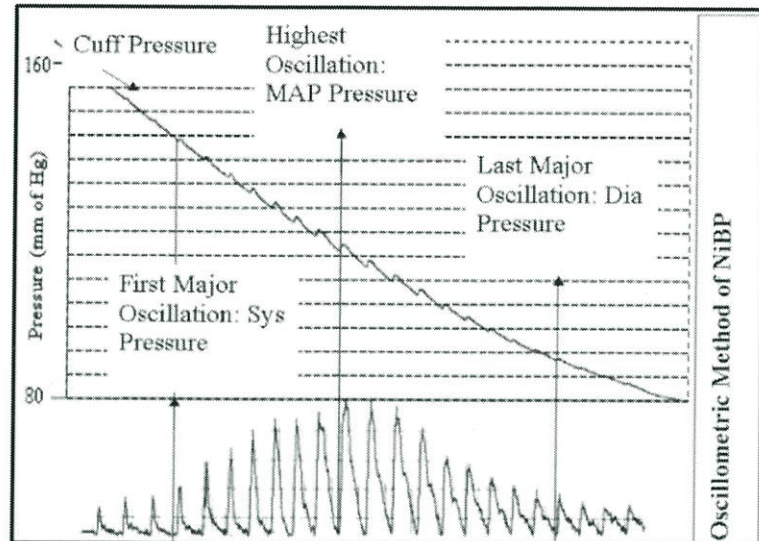
หลักการวัดความดันโลหิตด้วยวิธีออสซิลโลเมตริก เป็นวิธีการตรวจวัดโดยทางอ้อม โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของสัญญาณพัลส์กับสัญญาณค่าความดันของอากาศที่เกิดจากการสั่นตัวของอากาศภายในถุงยางพันแขน (Cuff) ซึ่งอาศัยหลักการพื้นฐานของการไหลของโลหิตผ่านหลอดเลือดโลหิตแดงใหญ่บริเวณใต้ถุงยางพันแขนที่พันอยู่รอบๆ แขนที่อยู่ในระดับเดียวกับหัวใจและบริเวณเหนือข้อศอก แล้วสูบลมเข้าถุงยางพันแขนจนถึงระดับหนึ่งที่ยังพอ ทำให้หลอดเลือดแดงบริเวณนั้นถูกปิดกั้นชั่วคราวแล้วค่อยๆ ปล่อยลมออกจากถุงยางพันแขนทีละน้อยจนกระทั่งความดันของโลหิตขณะนั้นมีค่ามากกว่าค่าความดันภายในถุงยางพันแขน ทำให้โลหิตแดงเริ่มไหลทะลักและวังวนผนังของหลอดเลือดโลหิตแดง ลักษณะการไหลของโลหิตเป็นแบบการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulence Flow) ทำให้ผนังหลอดเลือดเกิดการสั่นตัวช่วงนี้จะเริ่มเกิดค่าความดันแตกต่างที่เกิดจากหลอดเลือดกระทำต่อถุงยางพันแขน วัดความดันช่วงนี้คือ ช่วงความดันซิสโตลิก (ความดันสูง) หลังจากนั้นเมื่อลดความดันของถุงยางพันแขนลงเรื่อยๆ โลหิตจะสามารถไหลผ่านหลอดเลือดได้เร็วขึ้นและจะเกิดค่าความดันแตกต่างเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จนถึงจุดที่มีค่าความดันแตกต่างสูงสุดช่วงนี้คือความดันเฉลี่ย หลังจากผ่านจุดนี้ไปแล้วค่าความดันแตกต่างก็จะลดลงเรื่อยๆ เนื่องจากโลหิตสามารถไหลผ่านหลอดเลือดได้ตามปกติ ความดันแตกต่างจะลดลงจนกระทั่งไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าความดันแตกต่างซึ่งช่วงที่ค่าความดันแตกต่างไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงคือ ช่วงความดันไดแอสโตลิก (ความดันต่ำ) ดังแสดงในรูปที่ 4.1

$$\text{ค่าความดันเฉลี่ยเท่ากับ } MAP = \frac{\text{systolic} - \text{diastolic}}{3} + \text{diastolic}$$

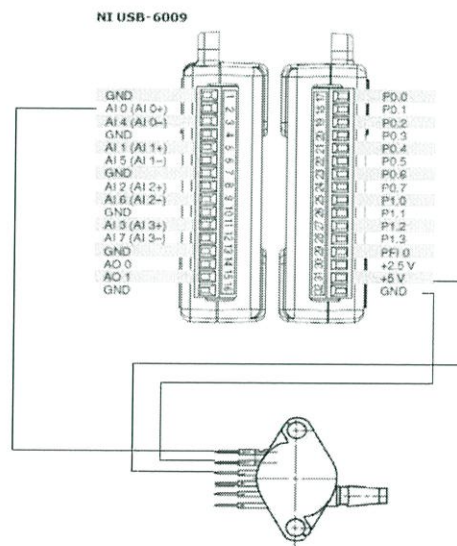
4.2 การทดลองหลักการวัดความดันโลหิตด้วยวิธีออสซิลโลเมตริก

เมื่อศึกษาหลักการวัดความดันโลหิตด้วยวิธีออสซิลโลเมตริกแล้วจะนำเอาหลักการทดลองที่ได้มาทำการทดลองโดยใช้ LabVIEW เข้ามาช่วยในการประมวลผลสัญญาณ

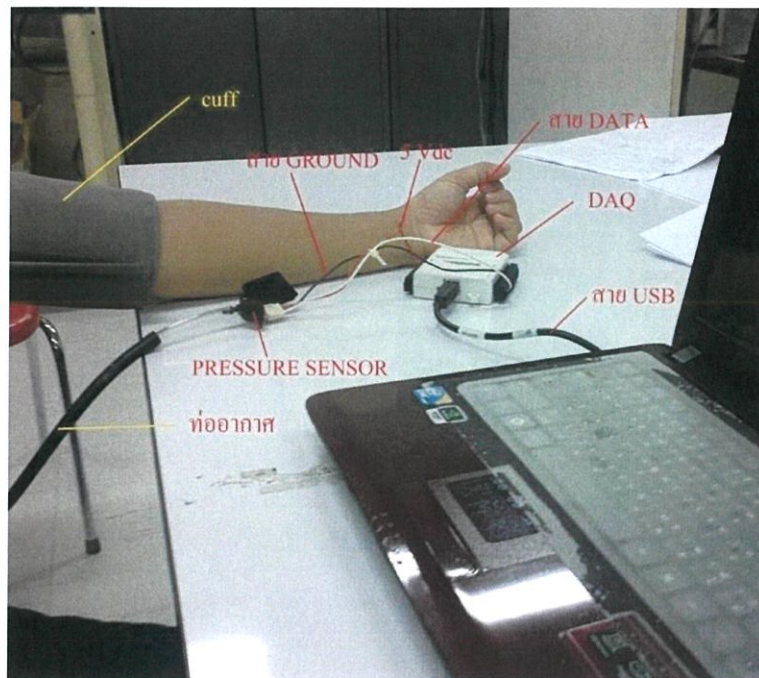
ขั้นตอนที่ 1 นำเอาสายของถุงยางวัดความดันต่อเข้ากับเซนเซอร์ความดันและนำเอาเซนเซอร์ความดันต่อเข้ากับตัว DAQ และทำการเชื่อมต่อ DAQ เข้ากับคอมพิวเตอร์โดยผ่านทางช่อง USB



รูปที่ 4.1 แสดงหลักการวัดความดันเลือดด้วยวิธีออสซิลโลเมตริก
อ้างอิงจาก : <http://www.biomedical-engineering-online.com/content/4/1/49/figure/F1?highres=y>

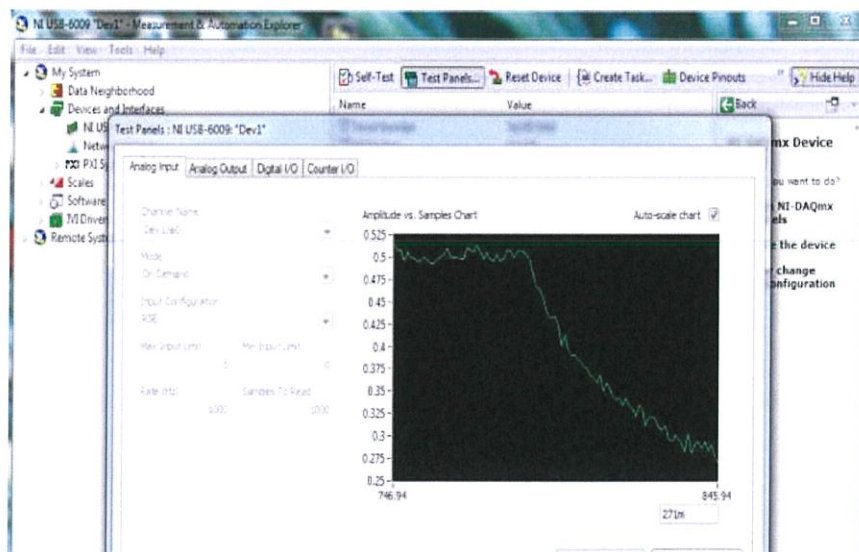


รูปที่ 4.2 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างเซนเซอร์ความดันกับ DAQ



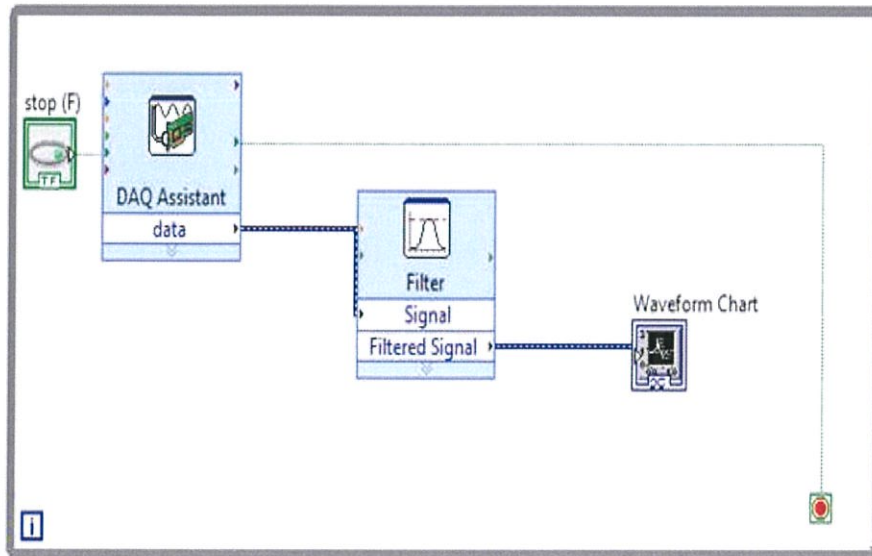
รูปที่ 4.3 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองและการเชื่อมต่อ

ขั้นตอนที่ 2 ทดสอบสัญญาณที่ได้จาก DAQ ว่ามีลักษณะตามที่ถูกต้องหรือไม่ โดยทดสอบผ่านโปรแกรม National Instruments Measurement & Automation Explorer

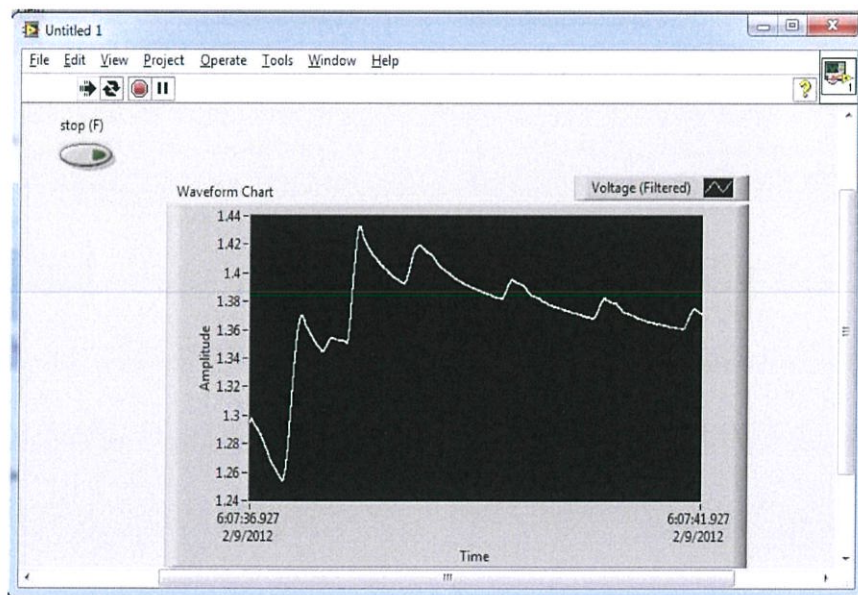


รูปที่ 4.4 แสดงกราฟที่ได้จากการทดสอบโปรแกรม National Instruments Measurement & Automation Explorer

ขั้นตอนที่ 3 เขียนโปรแกรมเพื่อแสดงค่าความดันเลือดที่ได้จากเซนเซอร์ความดันโดยใช้ บล็อก DAQ Assistant ในการดึงค่าความดันที่ได้จากเซนเซอร์ความดัน และทำการกรองสัญญาณที่ได้โดยใช้ บล็อก Filter ในการกรองสัญญาณให้ได้ตามที่ต้องการ



รูปที่ 4.5 แสดงบล็อกไดอะแกรมของโปรแกรม LabVIEW



รูปที่ 4.6 แสดงกราฟที่ได้จากการทดลองวัดความดันโลหิตด้วย LabVIEW

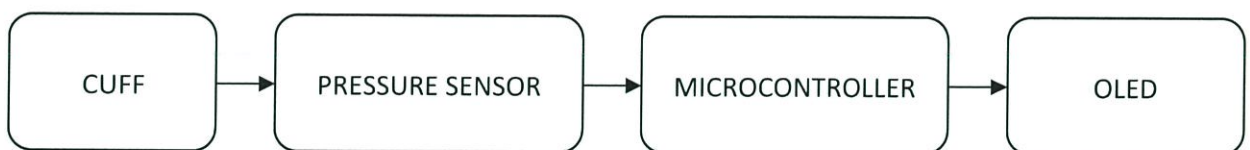
จากการทดลองเมื่อเพิ่มความดันของถุงยางพ่นแขนไปถึง 180 มิลลิเมตรปรอท กราฟจะยังไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงแต่เมื่อลดความลลงมาเรื่อยๆถึงช่วง 120 มิลลิเมตรปรอท กราฟจะเริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงและค่าความแตกต่างของความดันจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนถึงจุดหนึ่งแล้วค่าความแตกต่างของความดันก็จะลดลงเรื่อยๆจนไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงซึ่งอยู่ในช่วง 80 มิลลิเมตรปรอท จากการทดลองจะพบว่าในช่วงที่กราฟเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากเกิดค่าความดันแตกต่างขึ้นจุดนี้จะเป็นจุดที่เรียกว่า ค่าความดันซิสโตลิก (ความดันสูง) คือช่วงที่ความดันเลือดมีค่าสูงกว่าความดันของถุงยางพ่นแขนความดันเลือดจึงสามารถไหลผ่านได้เล็กน้อย หลังจากนั้นค่าความดันแตกต่างก็จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆเนื่องจากโลหิตสามารถไหลผ่านได้มากขึ้น ทำให้ผนังของหลอดเลือดเกิดการสั่นมากขึ้นและมีค่าความดันมากที่สุดคือค่า MAP (ค่าความดันเฉลี่ย) พอผ่านจุดนี้ไปแล้วค่าความดันแตกต่างก็จะลดลงเรื่อยๆไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าความดันเลยซึ่งระหว่างจุดที่เกิดค่าความดันแตกต่างกับจุดที่ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าความดันแตกต่างจุดนี้คือจุดที่เรียกว่า ค่าความดันไดแอสโตลิก (ความดันต่ำ) เนื่องจากช่วงนี้โลหิตสามารถไหลผ่านหลอดเลือดได้ตามปกติทำให้ผนังของหลอดเลือดไม่เกิดการสั่นตัวจึงไม่มีค่าความดันแตกต่าง

จากการทดลองได้ผลการทดลองตรงกับหลักการทางทฤษฎีในการวัดความดันโลหิตแบบออสซิลโลเมตริกซึ่งอาศัยหลักการความดันแตกต่างเข้ามาใช้ในการวัดวัดดันซิสโตลิก ไดแอสโตลิก และความดันเฉลี่ย

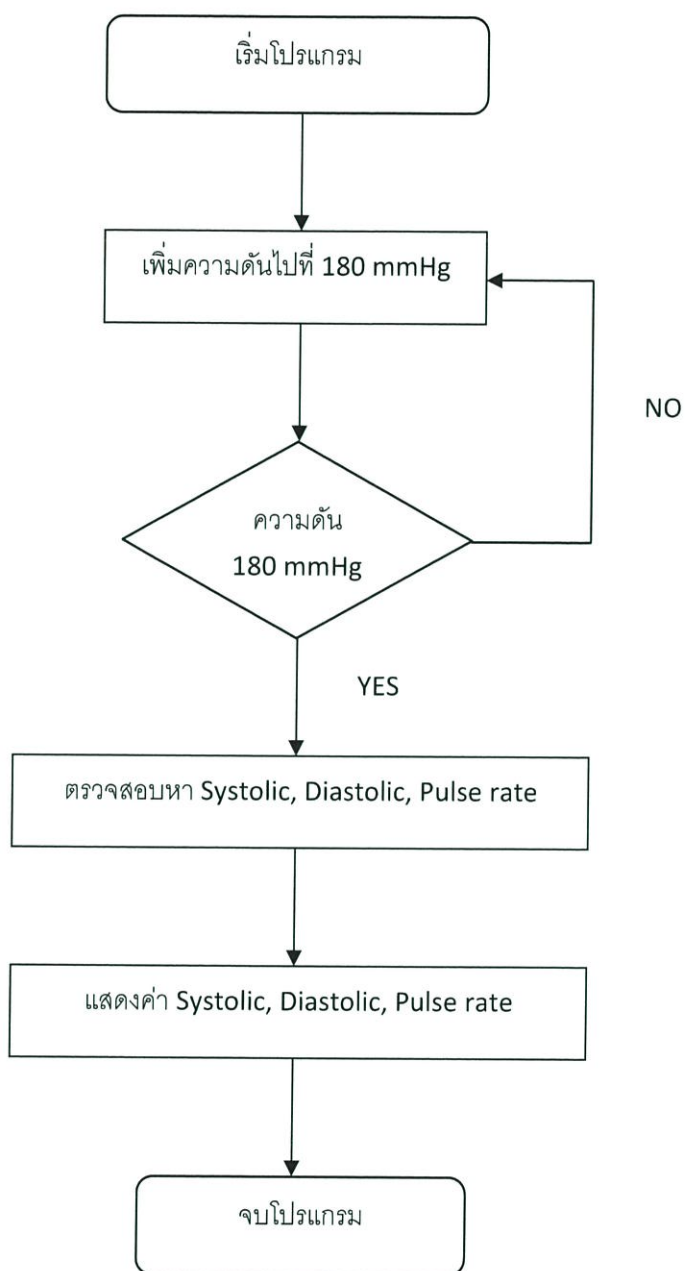
4.3 การนำเอาหลักการวัดความดันโลหิตด้วยวิธีออสซิลโลเมตริกมาประยุกต์ใช้กับ

อุปกรณ์ GODELOX-GFX2

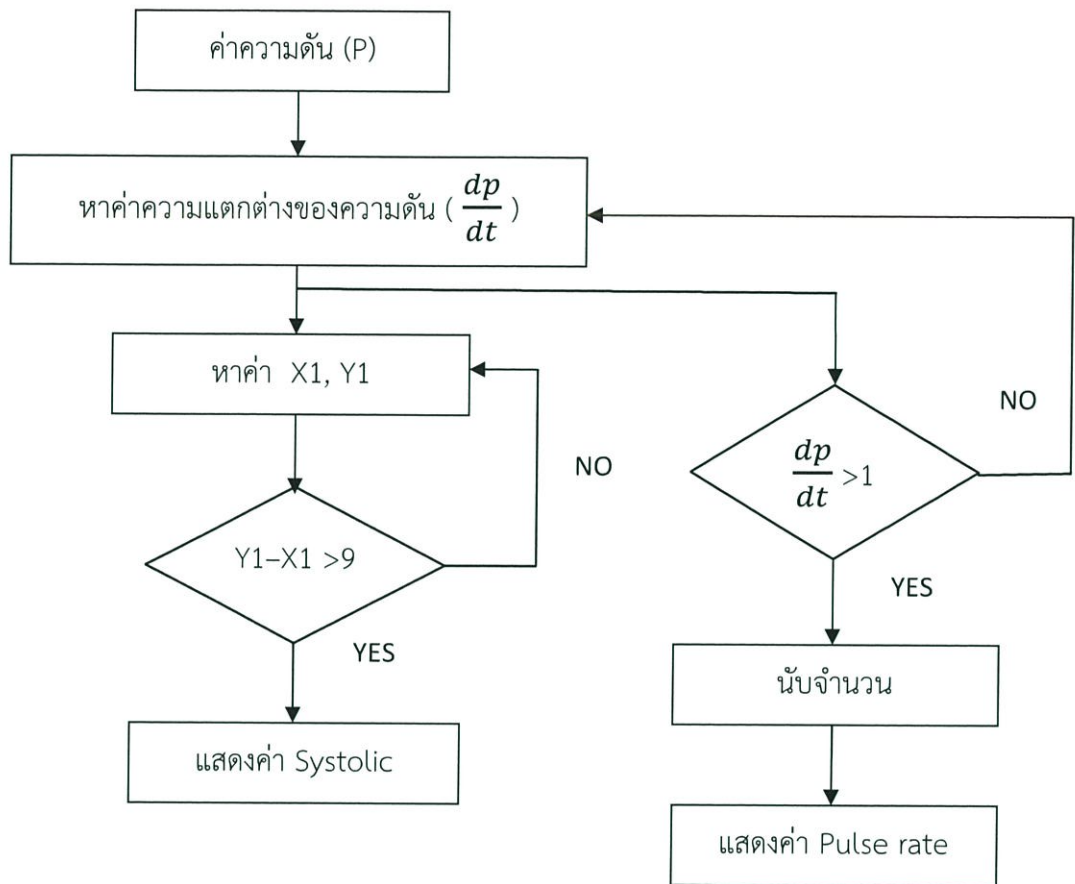
จากการทดลองข้างต้นผลที่ได้นั้นตรงกับหลักการทางทฤษฎีของการวัดความดันเลือดด้วยวิธีออสซิลโลเมตริกดังนั้นจึงนำเอาความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้กับ GODELOX-GFX2 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ของ 4D SYSTEMS



ขั้นตอนการทำงานของเครื่องวัดความดันโลหิต



ขั้นตอนการตรวจหาความดันสูงความดันต่ำและอัตราการเต้นของหัวใจ



หลักการในการวัดความดัน จะหาค่าความแตกต่างของความดัน ($\frac{dp}{dt}$) โดยที่ นำเอาค่าความดันก่อนหน้า - ค่าความดันล่าสุด จะได้ค่าความดันแตกต่างเมื่อค่าความดันแตกต่างมากกว่า 9 ($Y1-X1 > 9$) จะได้ค่าความดันโลหิตสูงเรียกว่า ความดันซิสโตลิก (Systolic) ส่วนค่าความดันต่ำจะใช้หลักการเดียวกันคือหาค่าความแตกต่างของความดัน ถ้าความดันก่อนหน้า - ความดัน ล่าสุดน้อยกว่า 9 ($A1-B1 < 9$) จะได้ค่าความดันโลหิตต่ำเรียกว่า ความดันไดแอสโตลิก (Diastolic) การหาอัตราการเต้นของหัวใจจะใช้ค่าความดันแตกต่างมาหาอัตราการเต้นของหัวใจโดยถ้าค่าความดันแตกต่างมากกว่า 1 ($\frac{dp}{dt} > 1$) จะเกิดอัตราการเต้นของหัวใจ แต่ถ้า ($\frac{dp}{dt} < 1$) ก็จะไม่เกิดอัตราการเต้นของหัวใจ

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา และแนวทางการพัฒนา

5.1 สรุปผลการศึกษา

การวัดความดันโลหิตแบบทางอ้อม (Non Invasive Blood Pressure, NIPB) ด้วยวิธีการวัดความดันโลหิตแบบวิธีออสซิลโลเมตริกคือการนำเอาถุงยางพันแขน (Cuff) มาวัดหาค่าความดันที่แขนก่อนบน แล้วจึงเพิ่มความดันภายในถุงยางพันแขน (Cuff) เพื่อกดและปิดกั้นทางเดินของโลหิต โดยความดันที่ใส่เข้าไปภายในถุงยางพันแขน (Cuff) จะมีค่าความดันสูงกว่าค่าความดันโลหิตสูงสุด แล้วจึงค่อยๆ ปลดปล่อยความดันให้ลดลงทีละน้อยพร้อมกับตรวจจับสัญญาณ เมื่อนำเอาหลักการทฤษฎีที่ใช้ในการวัดความดันโลหิตวิธีแบบออสซิลโลเมตริก ไปทดลองกับโปรแกรม LabVIEW ผลการทดลองที่ได้เป็นไปตามทฤษฎีที่วัดความดันโลหิตแบบออสซิลโลเมตริก แต่เมื่อนำมาใช้กับอุปกรณ์ GODELOX-GFX2 นั้นผลการทดลองที่ได้มีค่าไม่เป็นไปตามหลักการทางทฤษฎี เนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องของการนำสัญญาณเข้ามาประมวลผลและเรื่องลักษณะการประมวลผลที่แตกต่างกัน ในเรื่องการนำสัญญาณเข้ามาเนื่องจากตัวเซนเซอร์ความดันที่ใช้ไม่ได้ค่าเอาที่พูดออกมาตามความต้องการ ไม่ต้องมีวงจรเพื่อทำการขยายสัญญาณเพิ่ม ดังนั้นสัญญาณที่เข้ามาจะเข้ามาโดยตรงโดยไม่ผ่านวงจรขยายสัญญาณ เมื่อสัญญาณเหล่านี้เข้ามาที่ตัว LabVIEW จะมีการเลือกใช้ฟังก์ชันฟิลเตอร์ภายในโปรแกรมเพื่อใช้ในการกรองสัญญาณทำให้สัญญาณที่ได้มีความสมบูรณ์ตามที่ต้องการ อีกทั้งคอมพิวเตอร์ยังสามารถประมวลผลสัญญาณที่เร็วกว่า ทำให้ผลการทดลองเป็นไปตามหลักการ แต่เมื่อสัญญาณต่อเข้ากับอุปกรณ์ GODELOX-GFX2 ซึ่งไม่มีฟังก์ชันฟิลเตอร์ภายในอุปกรณ์โดยตรง ดังนั้นการกรองสัญญาณทำได้ยากทำให้สัญญาณที่ได้นั้นไม่มีความสมบูรณ์ และเนื่องจากอุปกรณ์ GODELOX-GFX2 นั้นประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์จึงทำให้การประมวลผลสัญญาณนั้นไม่เร็วพอทำให้สัญญาณที่ได้ไม่มีความสมบูรณ์ ดังนั้นเมื่อนำเอาอุปกรณ์ GODELOX-GFX2 มาทำการวัดหาค่าความดันเครื่องวัดความดันโลหิตจะสามารถวัดค่าความดันสูงและวัดอัตราการเต้นของหัวใจได้ แต่ค่าความดันโลหิตต่ำนั้นสามารถหาค่าได้ แต่ค่าที่ได้นั้นจะเกิดความผิดพลาดมากเกินช่วงที่จะรับได้ สำหรับค่าความดันโลหิตสูงและอัตราการเต้นของหัวใจนั้นค่าที่ได้นั้นก็มีความผิดพลาด แต่ค่าความผิดพลาดนั้นอยู่ในช่วงที่รับได้

5.2 ปัญหาที่พบการในการทดลอง

จากหลักการในการวัดความดันโลหิตด้วยวิธีออสซิลโลเมตริกเมื่อทำการทดลองตามหลักการด้วยโปรแกรม LabVIEW ผลการทดลองที่ได้นั้นตรงตามหลักการทางทฤษฎีเนื่องจากว่าโปรแกรม LabVIEW นั้นมีบล็อกที่ใช้ในส่วนกรองสัญญาณโดยตรง และมีให้เลือกหลายชนิด ดังนั้นจึงได้สัญญาณตามที่ต้องการ และในการประมวลผลสัญญาณนั้นใช้คอมพิวเตอร์ในการประมวลผลหาสัญญาณ ดังนั้นสัญญาณที่ได้จึงมีความสมบูรณ์ใกล้เคียงกับสัญญาณจริง แต่เมื่อนำเอาหลักการในการ

วัดความดันโลหิตด้วยวิธีออสซิลโลเมตริกมาประยุกต์ใช้กับ GODELOX-GFX2 ซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการประมวลผลสัญญาณซึ่งมีความเร็วในการประมวลผลน้อยกว่าคอมพิวเตอร์ ดังนั้นสัญญาณที่ได้จึงไม่ค่อยสมบูรณ์และอีกอย่าง GODELOX-GFX2 นั้นใช้ภาษาเฉพาะในการเขียนโปรแกรมดังนั้นในขั้นตอนการองสัญญาณ และการหาค่าความแตกต่างของสัญญาณ นั้นต้องเขียนโปรแกรมขึ้นมาซึ่งไม่เหมือนกับโปรแกรม LabVIEW ที่มีฟังก์ชันในการกรองสัญญาณ และการหาค่าความแตกต่าง โดยเฉพาะดังนั้นในการเขียนโปรแกรมจึงค่อนข้างยากเพราะต้องเขียนโปรแกรมที่เป็นฟังก์ชันเฉพาะจึงทำให้ผลการทดลองที่ได้นั้นไม่เป็นไปตามหลังการทางทฤษฎีที่ใช้วัดความดันด้วยวิธีออสซิลโลเมตริก และค่าความดันต่ำที่วัดได้เกิดค่าความผิดพลาดมากเกินไป

5.3 แนวทางในการพัฒนา

จากการทดลองทำให้ทราบว่า การใช้หลักการวัดด้วยวิธีออสซิลโลเมตริกนั้นต้องใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ค่อนข้างมีประสิทธิภาพในการประมวลผลเร็วจึงจะสามารถประมวลผลสัญญาณที่มีขนาดเล็กได้ วิธีการวัดด้วยวิธีออสซิลโลเมตริกนั้นเป็นการวัดที่มีประสิทธิภาพ เพียงแต่ต้องเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ให้เหมาะสม อีกทั้งในเรื่องของภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมควรเป็นภาษาที่ง่ายในการพัฒนาโปรแกรม สามารถหาข้อมูลได้ง่าย เพื่อที่จะสามารถพัฒนาตัวอุปกรณ์ได้ง่ายขึ้น เมื่อสร้างเครื่องมือที่ทำการวัดความดันโลหิตด้วยวิธีแบบออสซิลโลเมตริกด้วยมือแล้ว ต่อจากนั้นทำการพัฒนาให้เป็นแบบระบบอัตโนมัติเพื่อง่ายต่อการใช้งาน และสามารถใช้งานภายในบ้านได้ เพราะในปัจจุบันนี้พบผู้ป่วยที่เป็นโรคเกี่ยวกับความดันมากขึ้น ดังนั้นการมีอุปกรณ์ในการตรวจวัดความดันโลหิตภายในบ้านก็สามารถทำให้ผู้ป่วยที่เป็นโรคเกี่ยวกับความดันโลหิตสามารถประเมินการใช้ในชีวิตประจำวันของผู้ป่วยเองได้

บรรณานุกรม

1. American Heart Association. "Human Blood Pressure Determination by Sphygmomanometer", Fighting Heart Disease and Stroke. 1994.
2. Deborah A. Gorny. "Arterial Blood Pressure Measurement Technique", American Association of Critical Nurses Journal, Vol. 4, no. 1, February 1993, pp.66-78.
3. D.G. Beevers. A Guide to Blood Pressure Measurement Technique. Cardiovascular Monitoring, 1988.
4. กิติพล ชิตสกุล, : "ทรานสดิวเซอร์วัดแรงดันโลหิตและการแสดงผล", วิทยานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2529.
5. ชูศักดิ์ เวชแพศย์. การเฝ้าระวังทางคลินิก หลักการ เครื่องและวิธีการ, โครงการวิจัยและพัฒนาอุปกรณ์ชีวการแพทย์ มหาวิทยาลัยมหิดล 2535.
6. บังอร ชมเดช. สรีรวิทยาของระบบไหลเวียนโลหิต, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.
7. พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ : เครื่องวัดความดันโลหิตควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์, วิทยานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2533.
8. พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ, ยุทธนา คัดใจเดียว, พิชัย คูศิริวานิชกร, รศ.ดร.มนัส สังวรศิลป์, : "เครื่องวัดความดันโลหิตควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์",การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 13, 2533. P.41-49.
9. ขวลิต อระเอี่ยม, ดร.กิติพล ชิตสกุล, รศ.ดร.มนัส สังวรศิลป์, : "ระบบการวัดความดันโลหิตโดยใช้วิธีออสซิลโลเมตริก", การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า, ครั้งที่ 18 มหาวิทยาลัยมหานคร. พฤศจิกายน 2538. หน้า 572-578.
10. ชูศักดิ์ เวชแพศย์. สรีรวิทยา. โครงการตำรา-ศิริราช คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล. โรงพิมพ์อักษรสมัย พิมพ์ครั้งแรก 1,500 เล่ม ; พ.ศ. 2520 : หน้า 89-94
11. ชูศักดิ์ เวชแพศย์. การเฝ้าระวังทางคลินิก หลักการ , เครื่อง, และวิธีการ. ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล. พิมพ์ครั้งแรก ; พ.ศ. 2535 : หน้า 83 - 99
12. ออสซิลโลเมตริ ทฤษฎีสำหรับความดันซิสโตลิก และไดแอสโตลิก. จุลสารชมรม อุปกรณ์การแพทย์ ปีที่ 5 ฉบับที่ 14 ประจำเดือนพฤษภาคม ตุลาคม 2537 ; สิทธิชัย ใจตุ้ม : หน้า 14-16

ภาคผนวก ก

Pressure Sensor MPX5050

Freescale Semiconductor

MPX5050
Rev 11, 03/2010

Integrated Silicon Pressure Sensor On-Chip Signal Conditioned, Temperature Compensated and Calibrated

The MPX5050 series piezoresistive transducer is a state-of-the-art monolithic silicon pressure sensor designed for a wide range of applications, but particularly those employing a microcontroller or microprocessor with A/D inputs. This patented, single element transducer combines advanced micromachining techniques, thin-film metallization, and bipolar processing to provide an accurate, high level analog output signal that is proportional to the applied pressure.

Features

- 2.5% Maximum Error over 0° to 85°C
- Ideally suited for Microprocessor or Microcontroller-Based Systems
- Temperature Compensated Over -40° to +125°C
- Patented Silicon Shear Stress Strain Gauge
- Durable Epoxy Unibody Element
- Easy-to-Use Chip Carrier Option

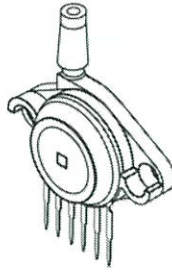
**MPX5050
MPXV5050
MPVZ5050
Series**
0 to 50 kPa (0 to 7.25 psi)
0.2 to 4.7 V Output

ORDERING INFORMATION								
Device Name	Case No.	# of Ports			Pressure Type			Device Marking
		None	Single	Dual	Gauge	Differential	Absolute	
Unibody Package (MPX5050 Series)								
MPX5050D	867	•				•		MPX5050D
MPX5050DP	867C			•		•		MPX5050DP
MPX5050GP	867B		•		•			MPX5050GP
MPX5050GP1	867B		•		•			MPX5050GP
Small Outline Package (MPXV5050 Series)								
MPXV5050GP	1369		•		•			MPXV5050GP
MPXV5050DP	1351			•		•		MPXV5050DP
MPXV5050GC6U	482A		•		•			MPXV5050G
MPXV5050GC6T1	482A		•		•			MPXV5050G
Small Outline Package (Media Resistant Gel) (MPVZ5050 Series)								
MPVZ5050GW7U	1560		•		•			MZ5050GW

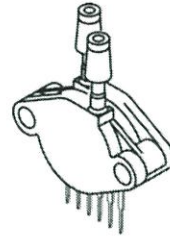
UNIBODY PACKAGES



MPX5050D
CASE 867-08



MPX5050GP
CASE 867B-04



MPX5050DP
CASE 857C-05

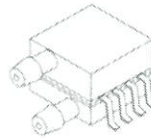
SMALL OUTLINE PACKAGES



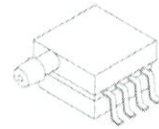
MPVZ5050GW7U
CASE 1560-03



MPXV5100GC6U
CASE 482A-01



MPXV5050DP
CASE 1351-01



MPXV5050GP
CASE 1369-01

Operating Characteristics

Table 1. Operating Characteristics ($V_S = 5.0$ Vdc, $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted, $P_1 > P_2$. Decoupling circuit shown in Figure 4 required to meet electrical specifications.)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Pressure Range ⁽¹⁾	P_{OP}	0	—	50	kPa
Supply Voltage ⁽²⁾	V_S	4.75	5.0	5.25	Vdc
Supply Current	I_o	—	7.0	10	mAdc
Minimum Pressure Offset ⁽³⁾ @ $V_S = 5.0$ Volts	V_{off}	0.088	0.2	0.313	Vdc
Full Scale Output ⁽⁴⁾ @ $V_S = 5.0$ Volts	V_{FSO}	4.587	4.7	4.813	Vdc
Full Scale Span ⁽⁵⁾ @ $V_S = 5.0$ Volts	V_{FSS}	—	4.5	—	Vdc
Accuracy ⁽⁶⁾	—	—	—	±2.5	% V_{FSS}
Sensitivity	V/P	—	90	—	mV/kPa
Response Time ⁽⁷⁾	t_R	—	1.0	—	ms
Output Source Current at Full Scale Output	I_{o+}	—	0.1	—	mAdc
Warm-Up Time ⁽⁸⁾	—	—	20	—	ms
Offset Stability ⁽⁹⁾	—	—	±0.5	—	% V_{FSS}

1. 1.0 kPa (kiloPascal) equals 0.145 psi.

2. Device is ratiometric within this specified excitation range.

3. Offset (V_{off}) is defined as the output voltage at the minimum rated pressure.

4. Full Scale Output (V_{FSO}) is defined as the output voltage at the maximum or full rated pressure.

5. 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.

6. Accuracy (error budget) consists of the following:

Linearity: Output deviation from a straight line relationship with pressure 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 over the temperature range of 0° to 85°C , relative to 25°C .

TcOffset: Output deviation with minimum pressure applied, over the temperature range of 0° to 85°C , relative to 25°C .

Variation from Nominal: The variation from nominal values, for Offset or Full Scale Span, as a percent of V_{FSS} at 25°C .

7. 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.

8. Warm-up Time is defined as the time required for the product to meet the specified output voltage after the Pressure has been stabilized.

9. Offset Stability is the product's output deviation when subjected to 1000 hours of Pulsed Pressure, Temperature Cycling with Bias Test.

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.

Figure 1 shows a block diagram of the internal circuitry integrated on a pressure sensor chip.

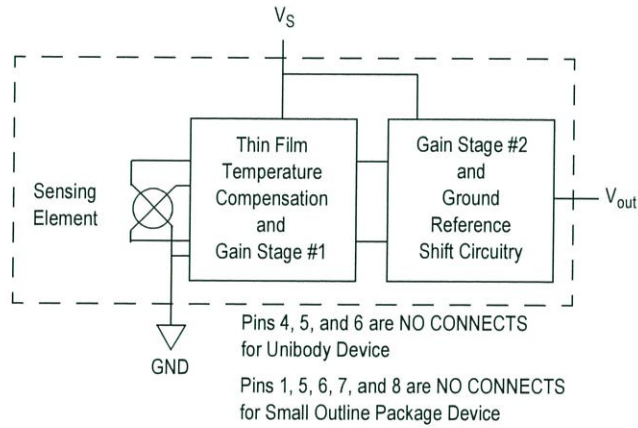


Figure 1. Fully Integrated Pressure Sensor Schematic

On-chip Temperature Compensation and Calibration

Figure 3 illustrates the Differential/Gauge Sensing Chip in the basic chip carrier (Case 867). A fluorosilicone gel isolates the die surface and wire bonds from the environment, while allowing the pressure signal to be transmitted to the sensor diaphragm.

The MPX5050/MPXV5050G 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.

Figure 2 shows the sensor output signal relative to pressure input. Typical, minimum, and maximum output curves are shown for operation over a temperature range of 0° to 85°C using the decoupling circuit shown in Figure 4. The output will saturate outside of the specified pressure range.

Figure 4 shows the recommended decoupling circuit for interfacing the output of the integrated sensor to the A/D input of a microprocessor or microcontroller. Proper decoupling of the power supply is recommended.

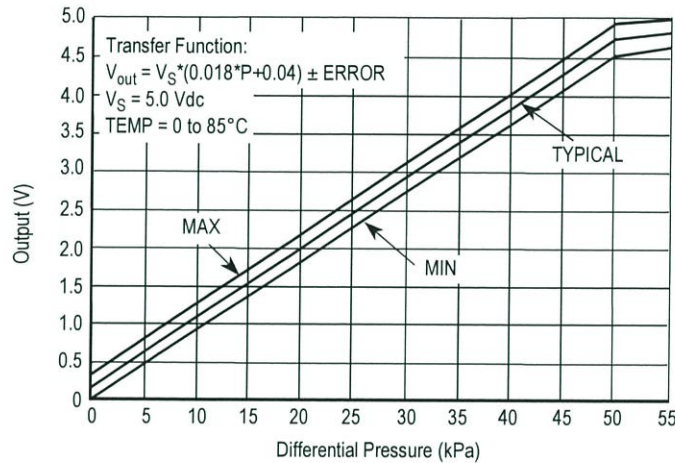


Figure 2. Output vs. Pressure Differential

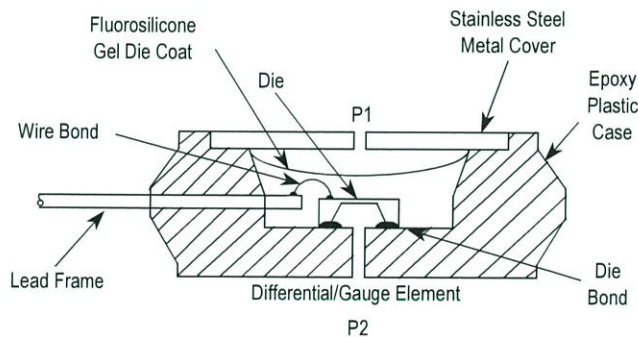


Figure 3. Cross-Sectional Diagram (not to scale)

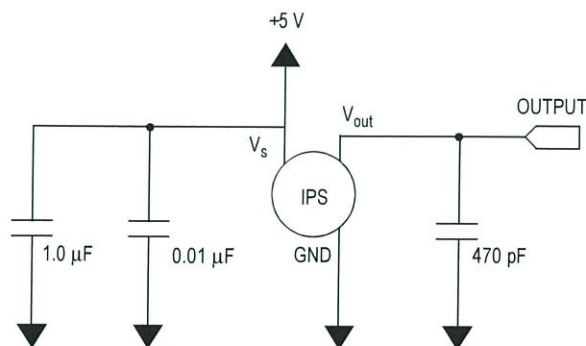
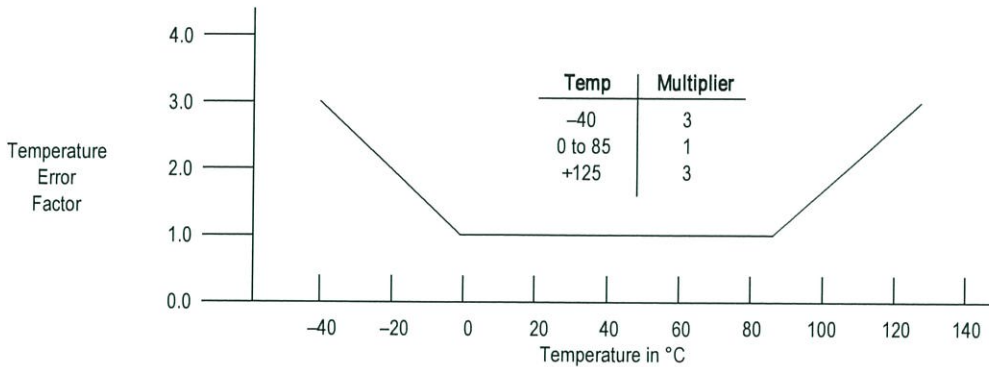


Figure 4. Recommended Power Supply Decoupling and Output Filtering (For additional output filtering, please refer to Application Note AN1646)

Transfer Function

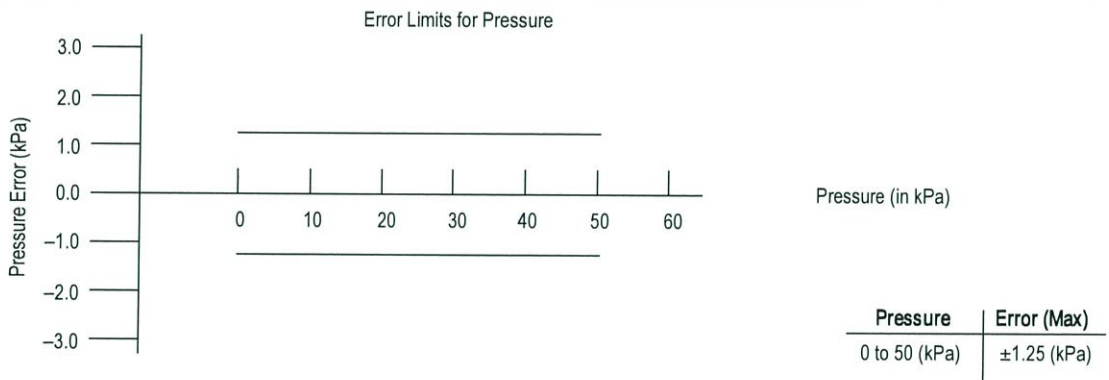
Nominal Transfer Value: $V_{out} = V_S (P \times 0.018 + 0.04)$
 $\pm (\text{Pressure Error} \times \text{Temp. Factor} \times 0.018 \times V_S)$
 $V_S = 5.0 \text{ V} \pm 0.25 \text{ Vdc}$

Temperature Error Band



NOTE: The Temperature Multiplier is a linear response from 0° to -40°C and from 85° to 125°C.

Pressure Error Band



PRESSURE (P1)/VACUUM (P2) SIDE IDENTIFICATION TABLE

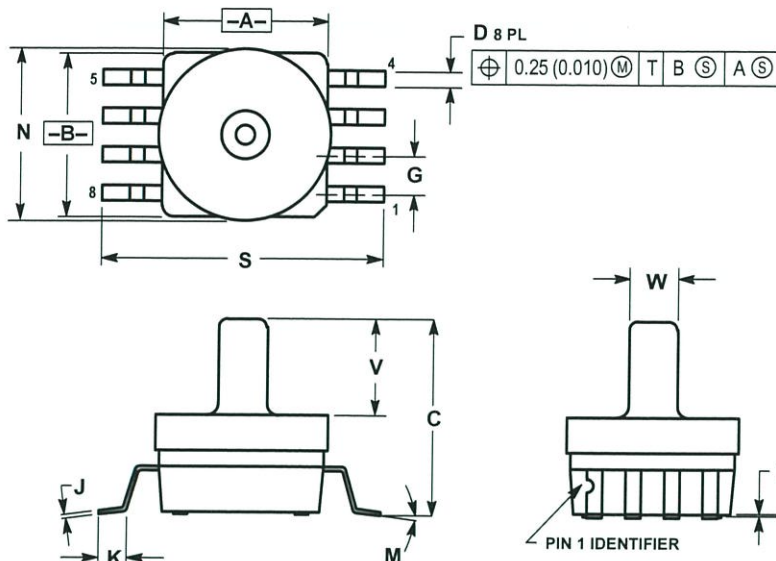
Freescale designates the two sides of the pressure sensor as the Pressure (P1) side and the Vacuum (P2) side. The Pressure (P1) side is the side containing fluorosilicone gel which protects the die from harsh media. The MPX pressure

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

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

Part Number	Case Type	Pressure (P1) Side Identifier
MPX5050D	867	Stainless Steel Cap
MPX5050DP	867C	Side with Part Marking
MPX5050GP	867B	Side with Port Attached
MPXV5050GP	1369	Side with Port Attached
MPXV5050DP	1351	Side with Part Marking
MPXV5050GC6U/T1	482A	Vertical Port Attached

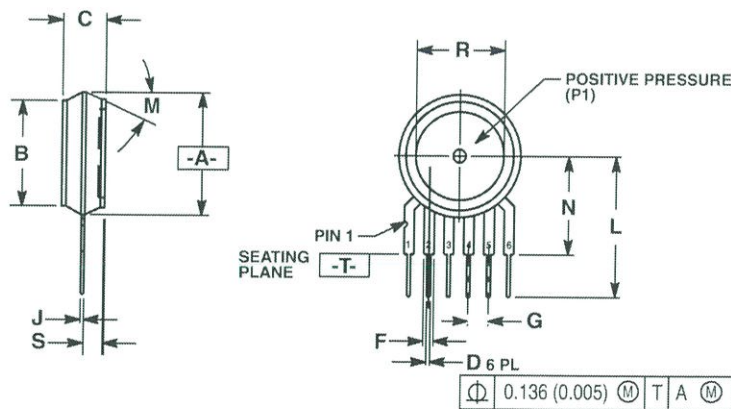
PACKAGE DIMENSIONS



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
 3. DIMENSION A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
 4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006).
 5. ALL VERTICAL SURFACES 5° TYPICAL DRAFT.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.415	0.425	10.54	10.79
B	0.415	0.425	10.54	10.79
C	0.500	0.520	12.70	13.21
D	0.038	0.042	0.96	1.07
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.002	0.010	0.05	0.25
J	0.009	0.011	0.23	0.28
K	0.061	0.071	1.55	1.80
M	0°	7°	0°	7°
N	0.444	0.448	11.28	11.38
S	0.709	0.725	18.01	18.41
V	0.245	0.255	6.22	6.48
W	0.115	0.125	2.92	3.17

**CASE 482A-01
ISSUE A
UNIBODY PACKAGE**



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
 3. DIMENSION -A- IS INCLUSIVE OF THE MOLD STOP RING. MOLD STOP RING NOT TO EXCEED 16.00 (0.630).

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.595	0.630	15.11	16.00
B	0.514	0.534	13.06	13.56
C	0.200	0.220	5.08	5.59
D	0.027	0.033	0.68	0.84
F	0.048	0.064	1.22	1.63
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
J	0.014	0.016	0.36	0.40
L	0.695	0.725	17.65	18.42
M	30° NOM		30° NOM	
N	0.475	0.495	12.07	12.57
R	0.430	0.450	10.92	11.43
S	0.090	0.105	2.29	2.66

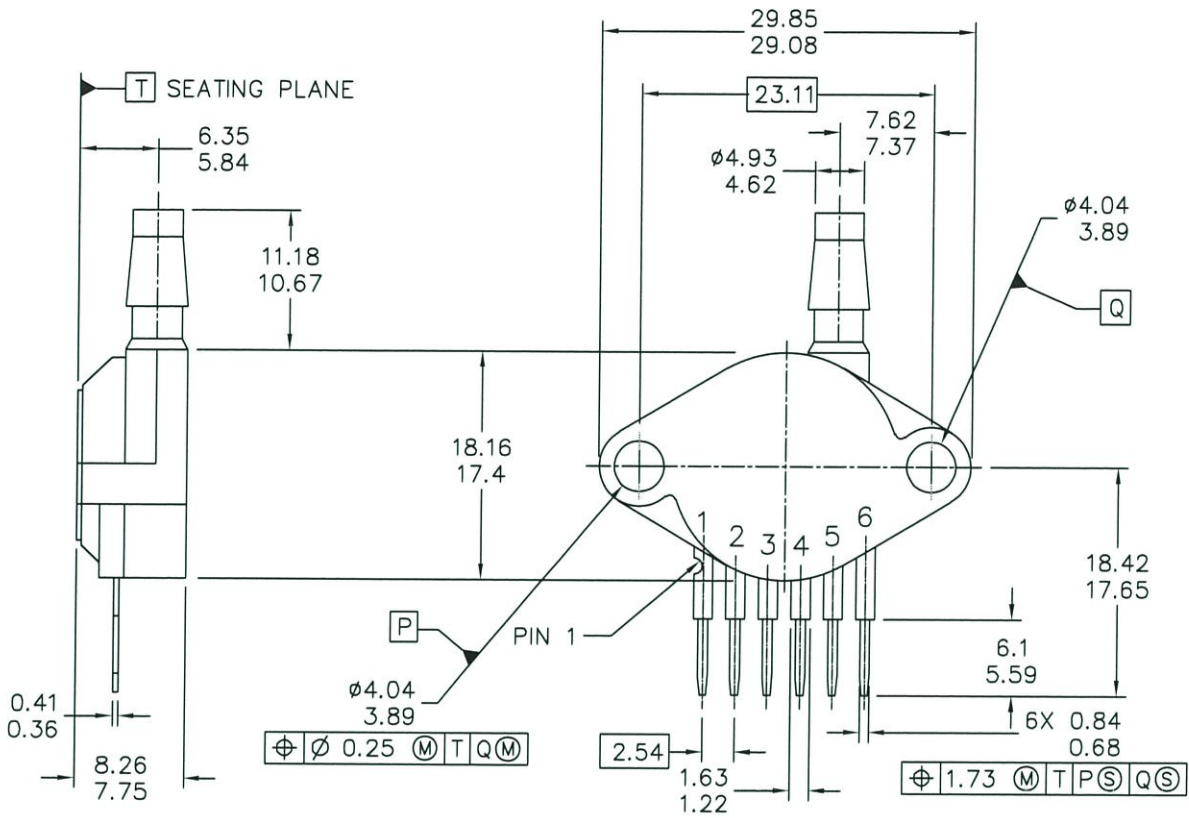
- STYLE 1:
PIN 1: VOUT
2: GROUND
3: VCC
4: V1
5: V2
6: VEX

- STYLE 2:
PIN 1: OPEN
2: GROUND
3: -VOUT
4: VSUPPLY
5: +VOUT
6: OPEN

- STYLE 3:
PIN 1: OPEN
2: GROUND
3: -VOUT
4: +VSUPPLY
5: -VOUT
6: OPEN

**CASE 867-08
ISSUE N
UNIBODY PACKAGE**

PACKAGE DIMENSIONS



© FREESCALE SEMICONDUCTOR, INC. ALL RIGHTS RESERVED.	MECHANICAL OUTLINE	PRINT VERSION NOT TO SCALE	
TITLE: SENSOR, 6 LEAD UNIBODY CELL, AP & GP 01ASB09087B	DOCUMENT NO: 98ASB42796B		REV: G
	CASE NUMBER: 867B-04		28 JUL 2005
	STANDARD: NON-JEDEC		

CASE 867B-04
ISSUE G
UNIBODY PACKAGE

PACKAGE DIMENSIONS

NOTES:

1. DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
2. DIMENSIONS AND TOLERANCES PER ASME Y14.5M-1994.
3. 867B-01 THRU -3 OBSOLETE, NEW STANDARD 867B-04.

STYLE 1:

- PIN 1: V OUT
 2: GROUND
 3: VCC
 4: V1
 5: V2
 6: V EX

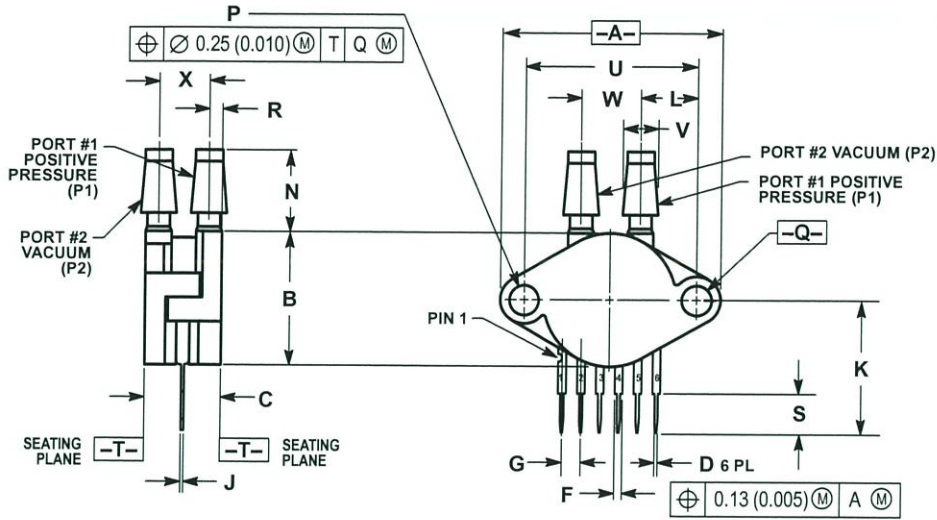
© FREESCALE SEMICONDUCTOR, INC. ALL RIGHTS RESERVED.	MECHANICAL OUTLINE	PRINT VERSION NOT TO SCALE	
TITLE: SENSOR, 6 LEAD UNIBODY CELL, AP & GP 01ASB09087B	DOCUMENT NO: 98ASB42796B	REV: G	
	CASE NUMBER: 867B-04	28 JUL 2005	
	STANDARD: NON-JEDEC		

PAGE 2 OF 2

**CASE 867B-04
 ISSUE G
 UNIBODY PACKAGE**

MPX5050

PACKAGE DIMENSIONS



- NOTES:
 1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	1.145	1.175	29.08	29.85
B	0.685	0.715	17.40	18.16
C	0.405	0.435	10.29	11.05
D	0.027	0.033	0.68	0.84
F	0.048	0.064	1.22	1.63
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
J	0.014	0.016	0.36	0.41
K	0.695	0.725	17.65	18.42
L	0.290	0.300	7.37	7.62
N	0.420	0.440	10.67	11.18
P	0.153	0.159	3.89	4.04
Q	0.153	0.159	3.89	4.04
R	0.063	0.083	1.60	2.11
S	0.220	0.240	5.59	6.10
U	0.910 BSC		23.11 BSC	
V	0.182	0.194	4.62	4.93
W	0.310	0.330	7.87	8.38
X	0.248	0.278	6.30	7.06

- STYLE 1:
 PIN 1. V_{OUT}
 2. GROUND
 3. V_{CC}
 4. V_I
 5. V₂
 6. V_{EX}

CASE 867C-05
 ISSUE F
 UNIBODY PACKAGE

PACKAGE DIMENSIONS

NOTES:

1. CONTROLLING DIMENSION: INCH
2. INTERPRET DIMENSIONS AND TOLERANCES PER ASME Y14.5M-1994.

3. DIMENSIONS DO NOT INCLUDE MOLD FLASH OR PROTRUSIONS.
MOLD FLASH AND PROTRUSIONS SHALL NOT EXCEED .006 PER SIDE.

4. DIMENSION DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE .008 MAXIMUM.

STYLE 1:

PIN 1: GND
 PIN 2: +Vout
 PIN 3: Vs
 PIN 4: -Vout
 PIN 5: N/C
 PIN 6: N/C
 PIN 7: N/C
 PIN 8: N/C

STYLE 2:

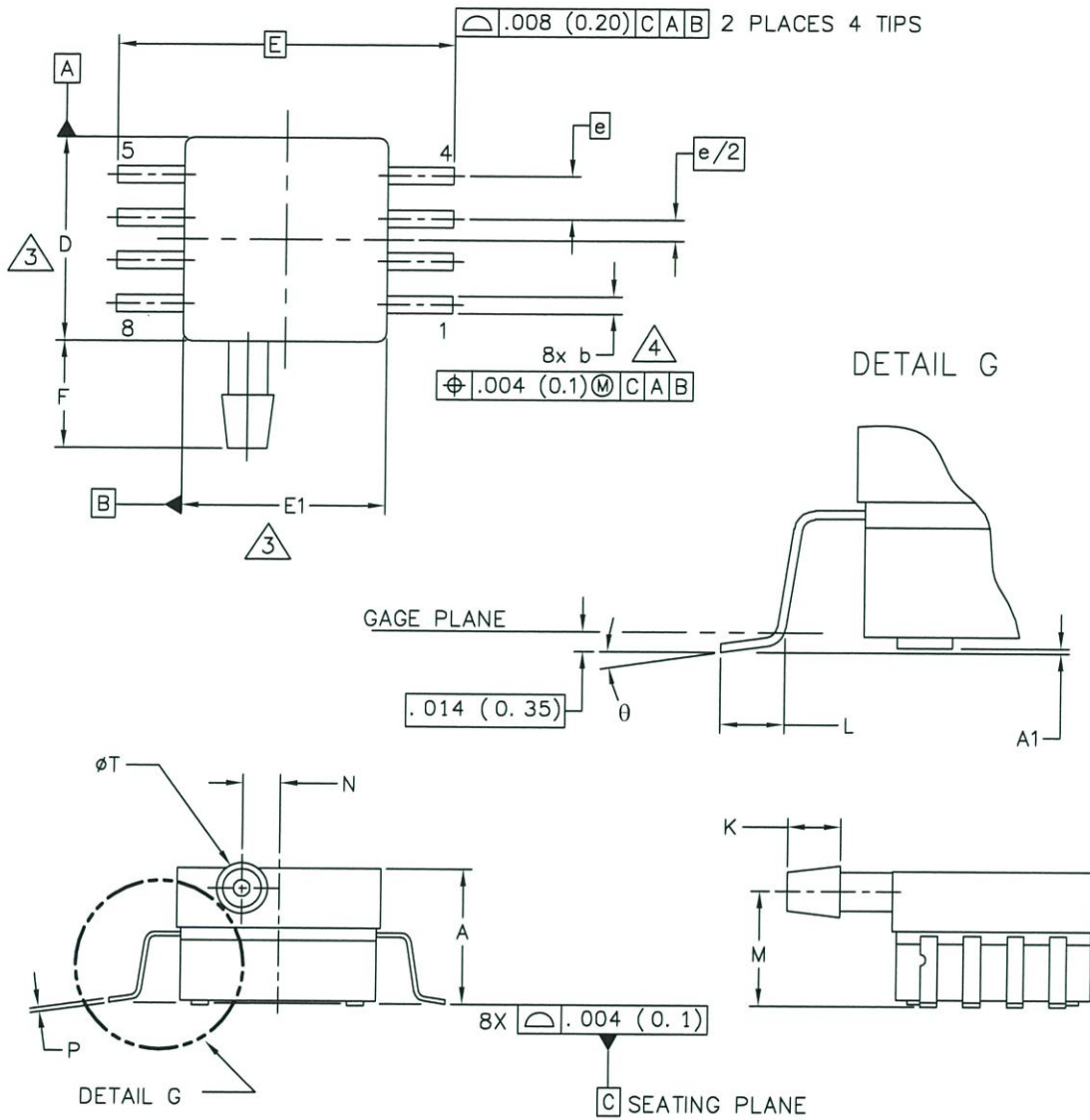
PIN 1: N/C
 PIN 2: Vs
 PIN 3: GND
 PIN 4: Vout
 PIN 5: N/C
 PIN 6: N/C
 PIN 7: N/C
 PIN 8: N/C

© FREESCALE SEMICONDUCTOR, INC. ALL RIGHTS RESERVED.		MECHANICAL OUTLINE		PRINT VERSION NOT TO SCALE	
TITLE: 8 LD SNSR, DUAL PORT		DOCUMENT NO: 98ASA99255D		REV: A	
		CASE NUMBER: 1351-01		27 JUL 2005	
		STANDARD: NON-JEDEC			

PAGE 2 OF 2

**CASE 1351-01
 ISSUE A
 SMALL OUTLINE PACKAGE**

PACKAGE DIMENSIONS



© FREESCALE SEMICONDUCTOR, INC. ALL RIGHTS RESERVED.	MECHANICAL OUTLINE		PRINT VERSION NOT TO SCALE	
	TITLE: 8 LD SOP, SIDE PORT		DOCUMENT NO: 98ASA99303D	REV: B
		CASE NUMBER: 1369-01	24 MAY 2005	
		STANDARD: NON-JEDEC		

**CASE 1369-01
ISSUE B
SMALL OUTLINE PACKAGE**

PACKAGE DIMENSIONS

NOTES:

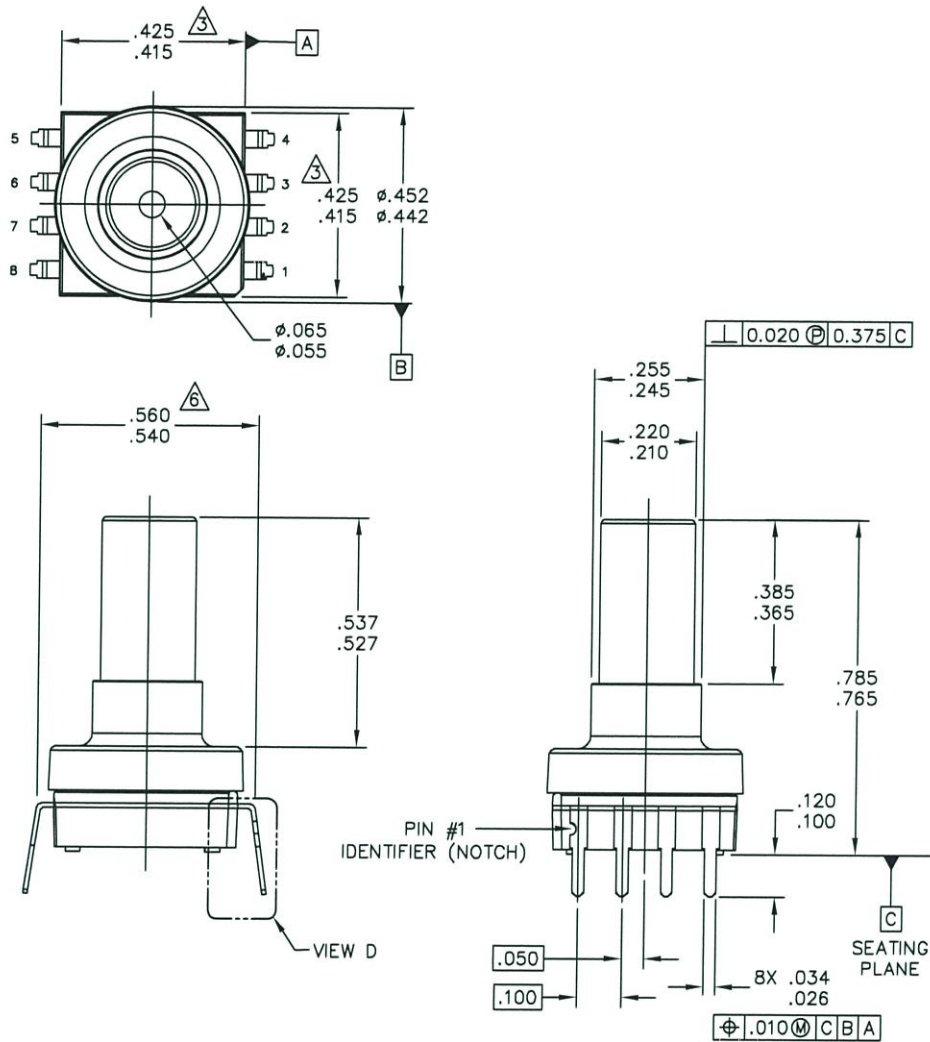
- 1. CONTROLLING DIMENSION: INCH
- 2. INTERPRET DIMENSIONS AND TOLERANCES PER ASME Y14.5M-1994.
- 3. DIMENSIONS DO NOT INCLUDE MOLD FLASH OR PROTRUSIONS. MOLD FLASH AND PROTRUSIONS SHALL NOT EXCEED .006 (0.152) PER SIDE.
- 4. DIMENSION DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE .008 (0.203) MAXIMUM.

DIM	INCHES		MILLIMETERS		DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX		MIN	MAX	MIN	MAX
A	.300	.330	7.11	7.62	θ	0°	7°	0°	7°
A1	.002	.010	0.05	0.25	-	---	---	---	---
b	.038	.042	0.96	1.07	-	---	---	---	---
D	.465	.485	11.81	12.32	-	---	---	---	---
E	.717 BSC		18.21 BSC		-	---	---	---	---
E1	.465	.485	11.81	12.32	-	---	---	---	---
e	.100 BSC		2.54 BSC		-	---	---	---	---
F	.245	.255	6.22	6.47	-	---	---	---	---
K	.120	.130	3.05	3.30	-	---	---	---	---
L	.061	.071	1.55	1.80	-	---	---	---	---
M	.270	.290	6.86	7.36	-	---	---	---	---
N	.080	.090	2.03	2.28	-	---	---	---	---
P	.009	.011	0.23	0.28	-	---	---	---	---
T	.115	.125	2.92	3.17	-	---	---	---	---

<small>© FREESCALE SEMICONDUCTOR, INC. ALL RIGHTS RESERVED.</small>	MECHANICAL OUTLINE	PRINT VERSION NOT TO SCALE
TITLE: 8 LD SOP, SIDE PORT	DOCUMENT NO: 98ASA99303D	REV: B
	CASE NUMBER: 1369-01	24 MAY 2005
	STANDARD: NON-JEDEC	

**CASE 1369-01
ISSUE B
SMALL OUTLINE PACKAGE**

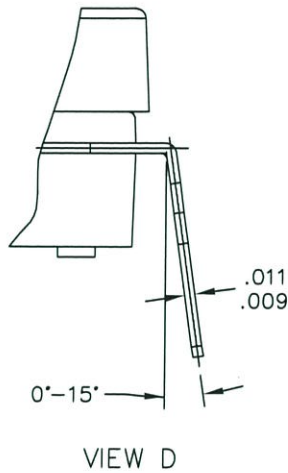
PACKAGE DIMENSIONS



© FREESCALE SEMICONDUCTOR, INC. ALL RIGHTS RESERVED.	MECHANICAL OUTLINE	PRINT VERSION NOT TO SCALE
TITLE: SO, 8 I/O, .420 X .420 PKG, .100 IN PITCH	DOCUMENT NO: 98ASA10611D	REV: D
	CASE NUMBER: 1560-03	25 FEB 2009
	STANDARD: NON-JEDEC	

**CASE 1560-03
ISSUE D
SMALL OUTLINE PACKAGE**

PACKAGE DIMENSIONS



© FREESCALE SEMICONDUCTOR, INC. ALL RIGHTS RESERVED.	MECHANICAL OUTLINE	PRINT VERSION NOT TO SCALE	
TITLE: SO, 8 I/O, .420 X .420 PKG, .100 IN PITCH	DOCUMENT NO: 98ASA10611D	REV: D	
	CASE NUMBER: 1560-03	25 FEB 2009	
	STANDARD: NON-JEDEC		

**CASE 1560-03
ISSUE D
SMALL OUTLINE PACKAGE**

PACKAGE DIMENSIONS

NOTES:

1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ASME Y14.5M - 1994.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
3. DIMENSIONS DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION IS .006.
5. ALL VERTICAL SURFACES 5° TYPICAL DRAFT.
6. DIMENSION TO CENTER OF LEAD WHEN FORMED PARALLEL.

© FREESCALE SEMICONDUCTOR, INC. ALL RIGHTS RESERVED.	MECHANICAL OUTLINE	PRINT VERSION NOT TO SCALE	
TITLE: SO, 8 I/O, .420 X .420 PKG, .100 IN PITCH	DOCUMENT NO: 98ASA10611D	REV: D	
	CASE NUMBER: 1560-03	25 FEB 2009	
	STANDARD: NON-JEDEC		

PAGE 3 OF 3

**CASE 1560-03
ISSUE D
SMALL OUTLINE PACKAGE**

How to Reach Us:

Home Page:

www.freescale.com

Web Support:

<http://www.freescale.com/support>

USA/Europe or Locations Not Listed:

Freescale Semiconductor, Inc.
Technical Information Center, EL516
2100 East Elliot Road
Tempe, Arizona 85284
1-800-521-6274 or +1-480-768-2130
www.freescale.com/support

Europe, Middle East, and Africa:

Freescale Halbleiter Deutschland GmbH
Technical Information Center
Schatzbogen 7
81829 Muenchen, Germany
+44 1296 380 456 (English)
+46 8 52200080 (English)
+49 89 92103 559 (German)
+33 1 69 35 48 48 (French)
www.freescale.com/support

Japan:

Freescale Semiconductor Japan Ltd.
Headquarters
ARCO Tower 15F
1-8-1, Shimo-Meguro, Meguro-ku,
Tokyo 153-0064
Japan
0120 191014 or +81 3 5437 9125
support.japan@freescale.com

Asia/Pacific:

Freescale Semiconductor China Ltd.
Exchange Building 23F
No. 118 Jianguo Road
Chaoyang District
Beijing 100022
China
+86 10 5879 8000
support.asia@freescale.com

For Literature Requests Only:

Freescale Semiconductor Literature Distribution Center
1-800-441-2447 or +1-303-675-2140
Fax: +1-303-675-2150
[.DCForFreescaleSemiconductor@hibbertgroup.com](mailto:DCForFreescaleSemiconductor@hibbertgroup.com)

Information in this document is provided solely to enable system and software implementers to use Freescale Semiconductor products. There are no express or implied copyright licenses granted hereunder to design or fabricate any integrated circuits or integrated circuits based on the information in this document.

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

Freescale™ and the Freescale logo are trademarks of Freescale Semiconductor, Inc., Reg. U.S. Pat. & Tm. Off. All other product or service names are the property of their respective owners.

© Freescale Semiconductor, Inc. 2010. All rights reserved.



ภาคผนวก ข
μOLED-160-G1



4D SYSTEMS

μOLED-160-G1(GFX)

4DGL Platform OLED Display Module

Data Sheet

Document Date: 16th December 2011
Document Revision: 5.0



4D SYSTEMS

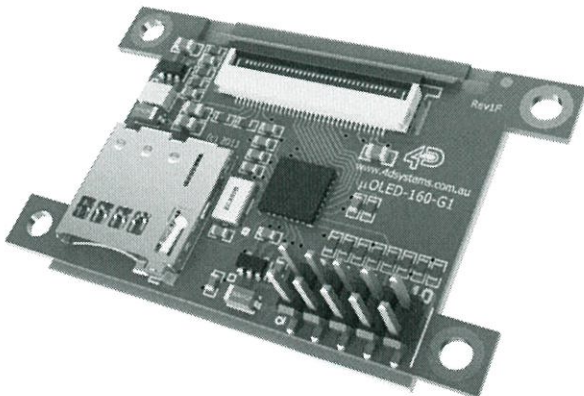
μOLED-160-G1(GFX) 4DGL OLED Display Module

Data Sheet

Description



The μOLED-160-G1(GFX) display module brings to life a breathtaking 1.7" screen, which is the biggest μOLED module available in its range. Driven by the GOLDELOX-GFX2 processor, the μOLED-160-G1(GFX) acts as the perfect cost effective compact display solution for any application requiring a plethora of colour and awe on a sharply refined screen. Achieving playback of shapes, text, images and animation is made possible by the GOLDELOX-GFX2 graphics processor. A series of I/O ports are also made accessible in conjunction with serial communications for interfacing with external devices. This plug-n-play device makes simple work out of incorporating a visual component into any product design, with an assortment of built in functions ready and waiting at the user's disposal.



Features

- Low-cost OLED display graphics user interface solution.
- 160 x 128 resolution, 65K true to life colours, PMOLED screen.
- 1.7" diagonal size, 52 x 32 x 6.1mm. Active Area: 33.6mm x 27mm.
- No back lighting with near 180° viewing angle.
- Easy 10 pin interface to any external device: **VCC, TX, RX, GND, RESET, IO1, IO2.**
- Powered by the 4D-Labs **GOLDELOX-GFX2** graphics processor highly optimised for 4DGL, the high level 4D Graphics Language.
- 2 x GPIO ports supports:
 - Digital I/O
 - A/D converter with 8/10 bit resolution
 - Complex sound generation
 - Dedicated RTTTL tune engine
 - Multi-Switch Joystick
 - Dallas 1-Wire
- 10K bytes of flash memory for user code storage and 510 bytes of RAM for user variables (255 x 16bit vars).
- Serial TTL interface with auto-baud feature (300 to 256K baud).
- On-board micro-SD memory card adaptor for storing of icons, images, animations, etc. Supports 64MB to 2GB micro-SD as well as micro-SDHC memory cards starting from 4GB and above.
- Comprehensive set of built in high level 4DGL graphics functions and algorithms that can draw lines, circles, text, and much more.
- Display full colour images, animations, icons and video clips.
- Supports all available Windows fonts and characters (imported as external fonts).
- 4.0V to 5.5V range operation (single supply).
- RoHS Compliant.

Table of Contents

1. Pin Configuration and Summary.....3

2. Hardware Platform.....4

2.1 Serial Interface - UART5

 TX pin 3 (Serial Transmit):.....5

 RX pin 5 (Serial Receive):.....5

2.2 General Purpose I/O Interface.....5

 IO1 pin 6 (General Purpose IO1):.....5

 IO2 pin 4 (General Purpose IO2):.....5

 Input/Output:.....5

 Analogue to Digital Converter:.....5

 Dallas 1-Wire:.....5

 Sound Output:.....6

 Joystick - Multi Switch:.....6

2.3 System Pins.....7

 VCC pin 1 (Module Supply Voltage Input):.....7

 3.3Vout pin 10 (3.3V Regulated Output):.....7

 GND pins 7,8 (Module Ground):.....7

 RESET pin 9 (Module Master Reset):.....7

3. Software Platform - 4DGL.....7

4. Module Features.....10

 4.1 The Display – 1.7” PMOLED.....10

 4.2 The GOLDELOX-GFX2 Processor.....10

 4.3 micro-SD/micro-SDHC Memory Card.....10

5. Programming - System Updates.....11

6. OLED Screen Precautions.....11

7. Development and Support Tools.....12

 7.1 PmmC Loader – Software Programming Tool12

 7.2 microUSB – Hardware Programming Tool.....12

 7.3 FONT Extract – Software Tool.....12

 7.4 Graphics Composer – Software Tool.....12

 7.5 Development and Carrier Boards.....13

 7.6 4DGL Workshop3 – Complete IDE Editor, Compiler, Linker, Downloader.....13

8. Mechanical Dimensions.....14

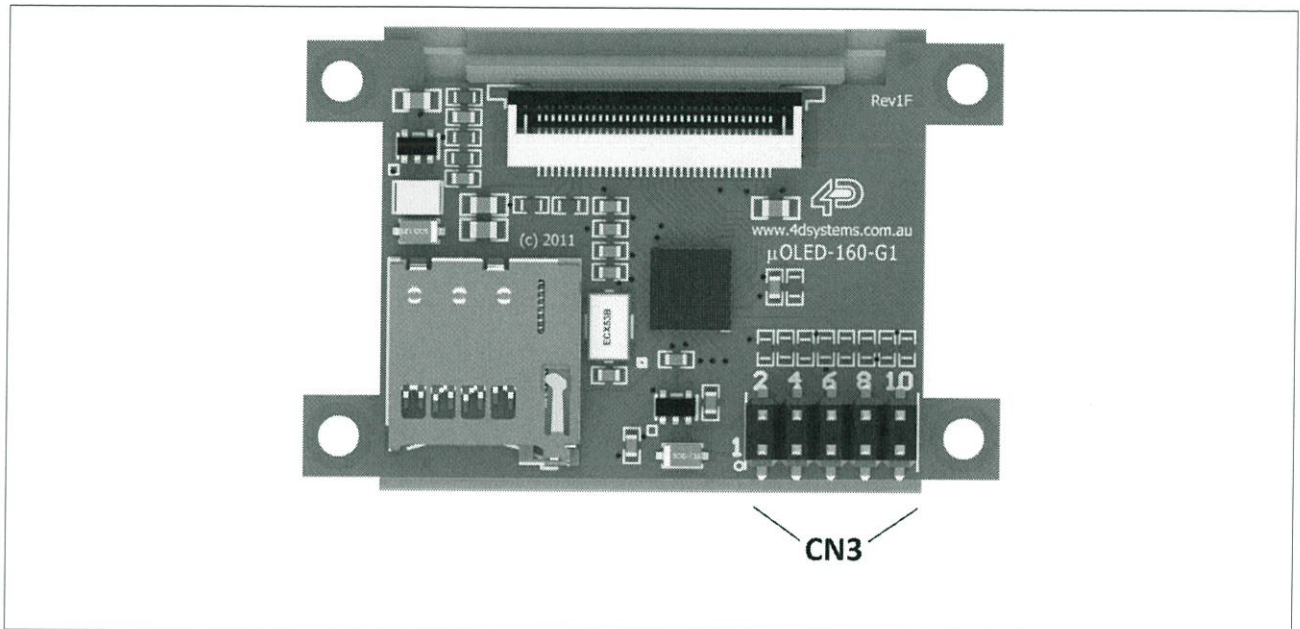
9. Specifications and Ratings.....15

Proprietary Information.....17

Disclaimer of Warranties & Limitation of Liability.....17

Contact Information.....17

1. Pin Configuration and Summary



CN3 Programming and Expansion Pin Outs

Pin	Symbol	I/O	Description
1	VCC	I	Main Voltage Supply +ve input pin. Reverse polarity protected. Range is 4.0V to 5.5V, nominal 5.0V.
2	NC	-	Not Connected
3	TX	O	Asynchronous Serial Transmit pin. Output data is at TTL voltage levels. Connect this pin to external device Serial Receive (Rx) signal. This pin is tolerant up to 5.0V levels.
4	IO2	O	General purpose IO2 pin. See section 2.2 for more detail.
5	RX	I	Asynchronous Serial Receive pin. Connect this pin to external device Serial Transmit (Tx) signal. This pin is tolerant up to 5.0V levels.
6	IO1	I	General purpose IO1 pin. See section 2.2 for more detail.
7	GND	P	Supply Ground.
8	GND	P	Supply Ground.
9	RESET	I	Master Reset signal. Internally pulled up to 3.3V via a 4.7K resistor. An active Low pulse greater than 2 micro-seconds will reset the module. If the module needs to be reset externally, only use open collector type circuits. This pin is not driven low by any internal conditions. The host should control this pin via one of its port pins using an open collector/drain arrangement.
10	3.3Vout	P	3.3V regulated output. Available current up to 50mA to power external circuitry.

I: Input, O: Output, A: Analogue, P: Power

2. Hardware Platform

The μOLED-160-G1(GFX) provides both a hardware and a software platform. This section describes in detail the hardware platform, namely the user interface pins.

2.1 Serial Interface - UART

The μOLED-160-G1(GFX) has a dedicated hardware UART that can communicate with external serial devices.

The primary features are:

- Full-Duplex 8 bit data transmission and reception through the TX and RX pins.
- Data format: 8 bits, No Parity, 1 Stop bit.
- Auto Baud feature.
- Baud rates from 300 baud up to 256K baud.

The Serial port is also the primary interface for downloading compiled 4DGL application code as well as future PmmC updates for the on-board GOLDELOX-GFX2 processor. Refer to **Section 5. Programming-System Updates** for more details.

TX pin 3 (Serial Transmit):

Asynchronous Serial port Transmit pin, TX. The serial output data is at TTL voltage levels. Connect this pin to external serial device Rx signal.

RX pin 5 (Serial Receive):

Asynchronous Serial port Receive pin, RX. Connect this pin to external serial device Transmit Tx signal.

2.2 General Purpose I/O Interface

There are two GPIO pins available, IO1 and IO2. Each GPIO has a multitude of high level functions associated with it and these can be selected within 4DGL user application code.

Refer to the separate document titled **“GOLDELOX-GFX2-Internal-Functions.pdf”** for a complete set of built in 4DGL library functions.

IO1 pin 6 (General Purpose IO1):

General purpose IO1 pin. The table below lists the available GPIO functions and features.

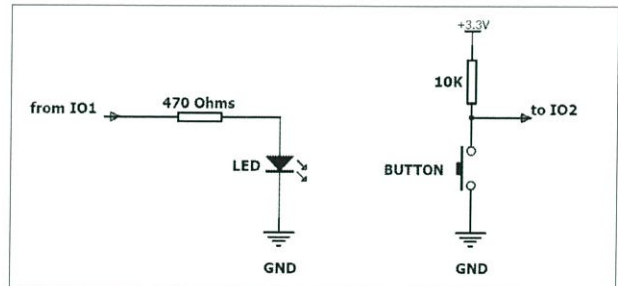
IO2 pin 4 (General Purpose IO2):

General purpose IO2 pin. The table below lists the available GPIO functions and features.

GPIO Functions and Features		
Function	IO1	IO2
Digital Input	√	√
Digital Output	√	√
A/D Converter 8/10 bits	√	--
Dallas 1-Wire support	√	√
Sound Generation, RTTTL Tunes	√	√
Joystick – 5 position multi-switch	√	--

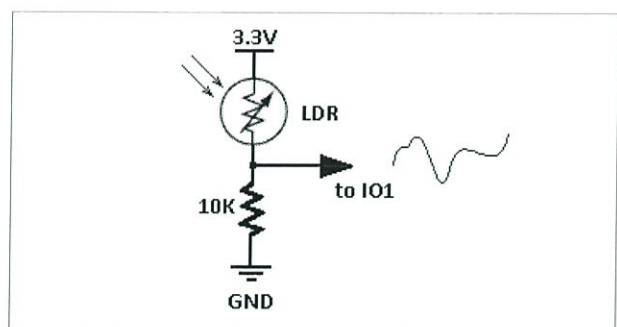
Input/Output:

Both IO1 and IO2 pins can be programmed to be Inputs or Outputs. Diagram below shows a LED connected to IO1 (programmed as an output) and a button connected to IO2 (programmed as an input).



Analogue to Digital Converter:

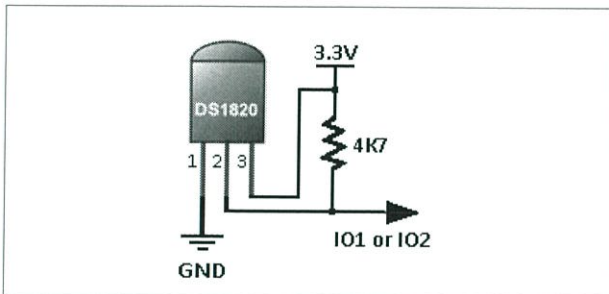
The IO1 pin can be programmed as an A/D input. Option is available to select 8 bit or 10 bit resolution. Diagram below is a circuit of a Light Dependant Resistor (LDR) connected to IO1 to measure and record changes in ambient light.



Dallas 1-Wire:

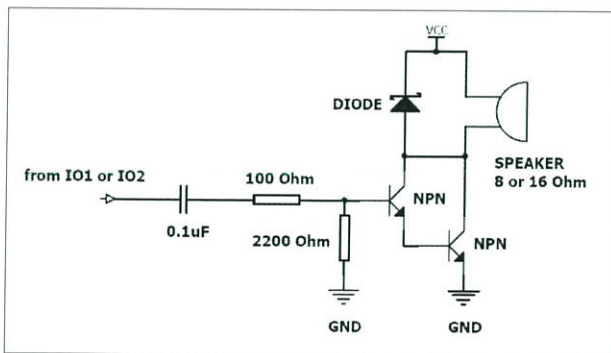
The Dallas 1-Wire protocol is a form of serial communications designed to operate over a single data line plus ground reference. Multiple 1-Wire devices can be attached to the same shared data line to network many devices. One wire device support is available on both the IO1 and the IO2 pins on the µOLED-160-G1(GFX) module.

The diagram below depicts a typical 1-Wire temperature sensor interface.



Sound Output:

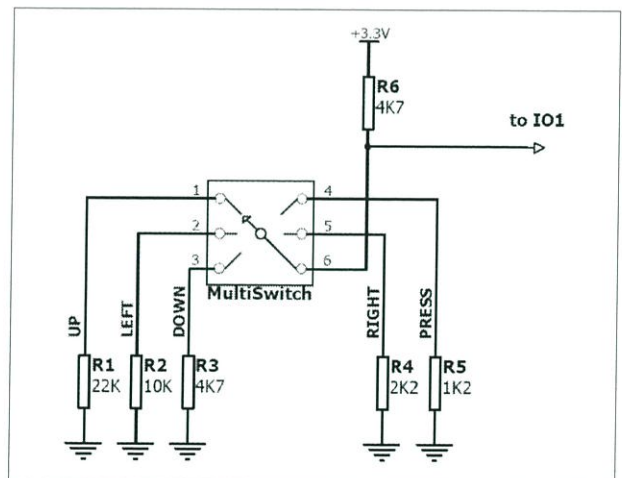
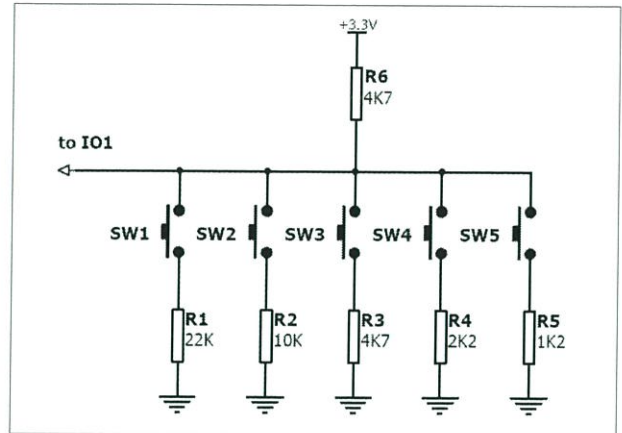
The µOLED-160-G1(GFX) module is capable of generating complex sounds and RTTTL tunes from its IO1 and IO2 pins. A simple speaker circuit as shown below can be utilised.



Joystick - Multi Switch:

Multiple buttons or a multi-switch Joystick can be connected to the IO1 pin on the µOLED-160-G1(GFX) module. Up to 5 buttons or a 5 position multi-switch joystick connects to a junction of a resistor ladder network that forms a voltage divider. The A/D converter of the IO1 pin internally reads the analogue value and decodes it accordingly. This feature is supported by dedicated 4DGL library functions. The following

diagrams indicate how to connect up to 5 individual buttons or a multi-switch joystick to the IO1 pin.



Unused buttons do not need resistors to be connected to the circuit. Table below lists the buttons and corresponding resistor values.

Number of Buttons	Button Number	Resistor Value
1	SW1	22K
2	SW2	10K
3	SW3	4.7K
4	SW4	2.2K
5	SW5	1.2K

2.3 System Pins

VCC pin 1 (Module Supply Voltage Input):

Module supply voltage input pin. This pin must be connected to a regulated supply voltage in the range of 4.0 Volts to 5.5 Volts DC. Nominal operating voltage is 5.0 Volts.

3.3Vout pin 10 (3.3V Regulated Output):

External circuitry that requires a regulated 3.3V supply can be powered up via this pin. Maximum available current is 50ma.

GND pins 7,8 (Module Ground):

Module ground pins. These pins must be connected to ground.

RESET pin 9 (Module Master Reset):

Module Master Reset pin. An active low pulse of greater than 2 micro-seconds will reset the module. Internally pulled up to 3.3V via 4.7K resistor. Only use open collector type circuits to reset the device if an external reset is required.

3. Software Platform - 4DGL

The heart of the μOLED-160-G1(GFX) module is the GOLDELOX-GFX2 graphics processor from 4D Labs. The GOLDELOX-GFX2 belongs to a family of processors powered by a highly optimised soft core virtual engine, E.V.E. (Extensible Virtual Engine).

EVE is a proprietary, high performance virtual processor with an extensive byte-code instruction set optimised to execute compiled 4DGL programs. 4DGL (4D Graphics Language) was specifically developed from ground up for the EVE engine core. It is a high level language which is easy to learn and simple to understand yet powerful enough to tackle many embedded graphics applications.

4DGL is a graphics oriented language allowing rapid application development and the syntax structure was designed using elements of popular languages such as C, Basic, Pascal and others. Programmers familiar with these languages will feel right at home with 4DGL. It includes many familiar instructions such as IF..ELSE..ENDIF, WHILE..WEND, REPEAT..UNTIL, GOTO, PRINT as well as some specialised instructions SERIN, SEROUT, GFX_LINE, GFX_CIRCLE and many more. This section only covers the syntax of the available instructions and functions. For a more in depth study refer to the following documents:

"4DGL-Programmers-Reference-Manual.pdf" and
"GOLDELOX-GFX2-4DGL-Internal-Functions.pdf"

The following is a brief outline of 4DGL instructions and functions available for the μOLED-160-G1(GFX) module:

Generic 4DGL Instructions:

- if..else..endif
- while..wend
- repeat..until/forever
- gosub..endsub
- func..endfunc
- goto
- for/next
- switch/case

GPIO Functions:

- pin_HI(pin)
- pin_LO(pin)
- pin_Read(pin)
- pin_Set(mode, pin)
 - OUTPUT, INPUT, ANALOGUE_8, ANALOGUE_10, ONEWIRE, SOUND
- joystick()
- OW_Reset()
- OW_Read()
- OW_Read9()
- OW_Write(data)

Memory Access Functions:

- peekB(address)
- peekW(address)
- pokeB(address, byte_value)
- pokeW(address, word_value)
- bits_Set(address, mask)
- bits_Clear(address, mask)
- bits_Flip(address, mask)
- bits_Test(address, mask)

User Stack Functions:

- setsp(index)
- getsp()
- pop()
- push(value)
- drop(n)
- call()
- exec(functionPtr, argCount)

Maths Functions:

- ABS(value)
- MIN(value1, value2)
- MAX(value1, value2)
- SWAP(&var1, &var2)
- SIN(angle)
- COS(angle)
- RAND()
- SEED(number)
- SQRT(number)
- OVF ()

Text and String Functions:

- txt_MoveCursor(line, column)
- putchar(char)
- _putstr(pointer)

- putnum(format, value)
- print(...)
- to(outstream)
- charwidth('char')
- charheight('char')
- strwidth(pointer)
- strheight()
- strlen(pointer)
- txt_Set(function, value)

txt_Set shortcuts:

- txt_FGcolour(colour)
- txt_BGcolour(colour)
- txt_FontID(id)
- txt_Width(multiplier)
- txt_Height(multiplier)
- txt_Xgap(pixelcount)
- txt_Ygap(pixelcount)
- txt_Delay(millisecs)
- txt_Opacity(mode)
- txt_Bold(mode)
- txt_Italic(mode)
- txt_Inverse(mode)
- txt_Underlined(mode)
- txt_Attributes(value)

Graphics Functions:

- gfx_Cls()
- gfx_ChangeColour(oldColour, newColour)
- gfx_Circle(x, y, radius, colour)
- gfx_CircleFilled(x, y, radius, colour)
- gfx_Line(x1, y1, x2, y2, colour)
- gfx_Hline(y, x1, x2, colour)
- gfx_Vline(x, y1, y2, colour)
- gfx_Rectangle(x1, y1, x2, y2, colour)
- gfx_RectangleFilled(x1, y1, x2, y2, colour)
- gfx_Polyline(n, vx, vy, colour)
- gfx_Polygon(n, vx, vy, colour)
- gfx_Triangle(x1, y1, x2, y2, x3, y3, colour)
- gfx_Dot()
- gfx_Bullet(radius)
- gfx_OrbitInit(&x_dest, &y_dest)
- gfx_Orbit(angle, distance)
- gfx_PutPixel(x, y, colour)
- gfx_GetPixel(x, y)
- gfx_MoveTo(xpos, ypos)
- gfx_MoveRel(xoffset, yoffset)

- gfx_IncX()
- gfx_IncY()
- gfx_LineTo(xpos, ypos)
- gfx_LineRel(xpos, ypos)
- gfx_BoxTo(x2, y2)
- gfx_SetClipRegion()
- gfx_ClipWindow(x1, y1, x2, y2)
- gfx_FocusWindow()
- gfx_Set(function, value)

gfx_Set shortcuts:

- gfx_PenSize(mode)
- gfx_BGcolour(colour)
- gfx_ObjectColour(colour)
- gfx_Clipping(mode)
- gfx_FrameDelay(delay)
- gfx_ScreenMode(delay)
- gfx_OutlineColour(colour)
- gfx_Contrast(value)
- gfx_LinePattern(pattern)
- gfx_ColourMode(mode)

Display I/O Functions:

- disp_Init(initTable, stateMachine)
- disp_WriteControl(value)
- disp_WriteByte(value)
- disp_WriteWord(value)
- disp_ReadByte()
- disp_ReadWord()
- disp_BlitPixelFill(colour, count)
- disp_BlitPixelsToMedia()
- disp_BlitPixelsFromMedia(pixelcount)
- disp_SkipPixelsFromMedia(pixelcount)
- disp_BlitPixelsToCOM()
- disp_BlitPixelsFromCOM(mode)

Media Functions (SD/SDHC Memory Card):

- media_Init()
- media_SetAdd(HIword, LOword)
- media_SetSector(HIword, LOword)
- media_ReadByte()
- media_ReadWord()
- media_WriteByte(byte_val)
- media_WriteWord(word_val)
- media_Flush()
- media_Image(x, y)
- media_Video(x, y)
- media_VideoFrame(x, y, frameNumber)

SPI Control Functions:

- spi_Init(speed, inp_mode, out_mode)
- spi_Read()
- spi_Write(byte)
- spi_Disable()

Serial (UART) Communications Functions:

- serin()
- serout(char)
- setbaud(rate)
- com_AutoBaud(timeout)
- com_Init(buffer, buffsize, qualifier)
- com_Reset()
- com_Count()
- com_Full()
- com_Error()
- com_Sync()
- com_Checksum()
- com_PacketSize()

Sound and Tune (RTTTL) Functions:

- beep(note, duration)
- tune_Play(tuneptr)
- tune_Pause()
- tune_Continue()
- tune_Stop()
- tune_End()
- tune_Playing()

General Purpose Functions:

- pause(time)
- lookup8 (key, byteConstList)
- lookup16 (key, wordConstList)

To assist with the development of your 4DGL applications on the Windows platform, the 4DGL-Workshop3 IDE combines a full-featured editor, a compiler, linker and a down-loader into a single PC-based application. It's all you need to code, test and run your applications. The editor provides sophisticated features to help you rapidly and reliably develop your applications.

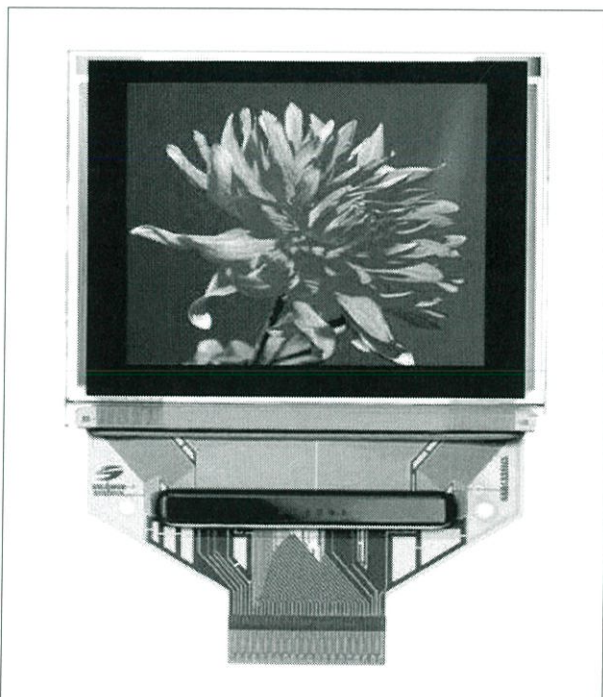
4. Module Features

The μOLED-160-G1(GFX) module is equipped to accommodate most applications. Some of the main features of the module are listed below.

4.1 The Display – 1.7” PMOLED

The μOLED-160-G1(GFX) is equipped with a full colour PMOLED screen. Some of the features of the screen are:

- Screen Size: 1.7” diagonal
- Screen Dimensions: 40 x 33.5mm.
- Viewing Area: 33.6 x 27mm
- 65K true to life colours
- Brightness: 100 cd/m2
- Contrast Ratio: 5000:1
- Viewing Angle: greater than 160 degrees
- No Back lighting



4.2 The GOLDELOX-GFX2 Processor

The module is designed around the GOLDELOX-GFX2 Graphics Controller from 4D-Labs.



The GOLDELOX-GFX2 is a custom embedded graphics controller designed to interface with many popular OLED and LCD display panels. Powerful graphics, text, image, animation and countless more features are built right inside the chip. It offers a simple plug-n-play interface to many 8bit 80-Series colour LCD and OLED displays.

The chip is designed to work with minimal design effort and all of the data and control signals are provided by the chip to interface directly to the display. Simply choose your display and interface it to the GOLDELOX-GFX2 on your application board. This offers enormous advantage to the designer in development time and cost saving and takes away all of the burden of low level design.

The data sheet for the chip is available from the www.4dsystems.com.au website:

“GOLDELOX-GFX2-DS-revx.pdf”

4.3 micro-SD/micro-SDHC Memory Card

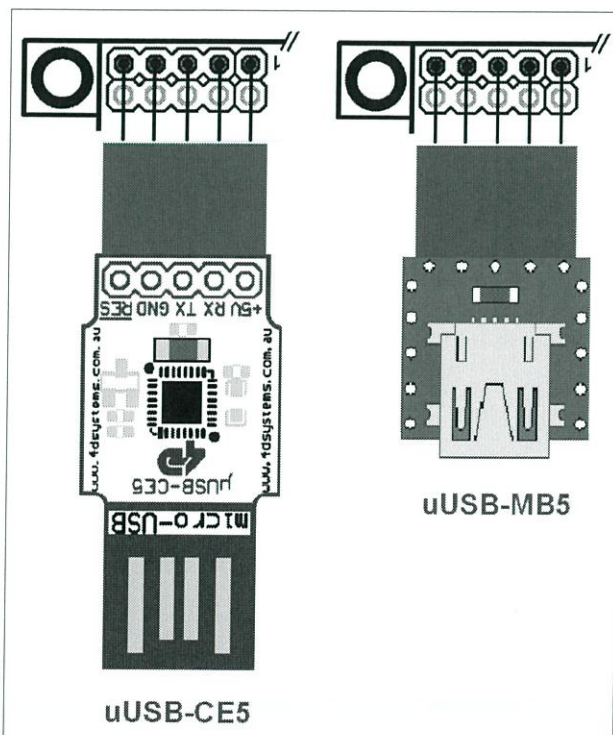
The module supports micro-SD/micro-SDHC memory cards via the on-board micro-SD connector. The memory card is used for all multimedia file retrieval such as images, animations and movie clips. The memory card can also be used as general purpose storage for data logging applications. Support is available for off the shelf micro-SD with up to 2GB capacity and for high capacity HC memory cards starting from 4GB and above.

5. Programming - System Updates

The GOLDELOX-GFX2 processor on the μOLED-160-G1(GFX) module can be re-programmed with the latest PmmC configuration for updates and future proofing. The chip-level configuration is available as a PmmC (Personality-module-micro-Code) file and the programming must be performed over the serial interface. All of the high level internal 4DGL functions are part of the GOLDELOX-GFX2 PmmC configuration file so please check regularly for the latest updates and enhancements.

It is recommended that the μOLED-160-G1(GFX) display module be socketed on the application board so that it can be easily removed for PmmC programming.

The PmmC file is programmed into the device with the aid of “*PmmC Loader*”, a PC based software tool. To provide a link between the PC and the μOLED module, a USB to Serial converter is required. A range of custom made micro-USB devices such as the μUSB-MB5 and the μUSB-CE5 are available from 4D Systems. For further details refer to 'Section 7: Development and Support Tools'.



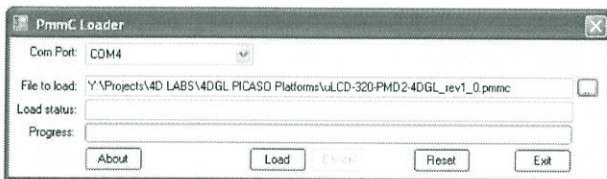
6. OLED Screen Precautions

- Avoid having a White Background. The more pixels that are lit up, the more the display module will consume current. A full white screen will have the highest power consumption.
- Avoid displaying objects or text on White Backgrounds. This will cause a smearing effect which is inherent to all PMOLED displays. Instead try a shaded mixed colour as the background or better still a black background. Ideally have mixed coloured objects/text/icons on a black background.
- Avoid having to display the same image/object on the screen for lengthy periods of time. This will cause a burn-in which is a common problem with all types of display technologies. Blank the screen after a while or dim it very low by adjusting the contrast. Better still; implement a screen saver feature.
- The display can be easily scratched. The soft polarisation film on the glass surface may be damaged if rubbed by hard objects. Handle with care to avoid scratching the display.
- Moisture and water can damage the display. Moisture on the surface of a powered display will cause the electrodes to corrode. Wipe off any moisture gently or let the display dry before usage.
- Dirt from fingerprint oil and fat can easily stain the surface of the display. Gently wipe off any stains with a soft lint-free cloth.
- The performance of the display will degrade under high temperature and humidity. Avoid such conditions when storing.
- Displays are susceptible to mechanical shock and any force exerted on the module may result in deformed zebra strips and cracks.
- Always use the mounting holes on the module's printed circuit board to mount the display.

7. Development and Support Tools

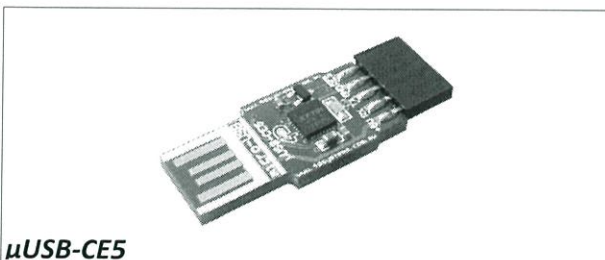
7.1 PmmC Loader – Software Programming Tool

The 'PmmC Loader' is a free software tool for Windows based PC platforms. Use this tool to program the latest PmmC file into the GOLDELOX-GFX2 chip embedded in the μOLED module. It is available for download from the 4D Systems website, www.4dsystems.com.au

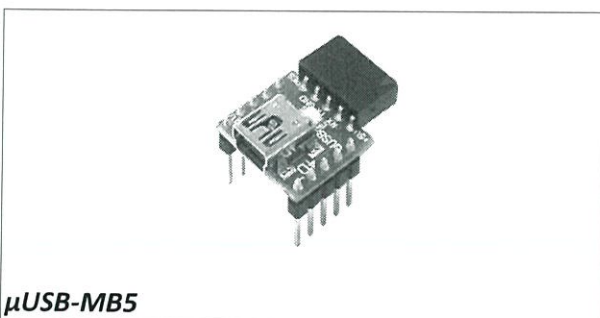


7.2 microUSB – Hardware Programming Tool

The micro-USB module is a USB to Serial bridge adaptor that provides a convenient physical link between the PC and the μOLED module. A range of custom made micro-USB devices such as the μUSB-MB5 and the μUSB-CE5 are available from 4D Systems (must be purchased separately). The micro-USB module is an essential tool for PmmC programming as well as for using available software tools to test μOLED-160-G1(GFX) module.



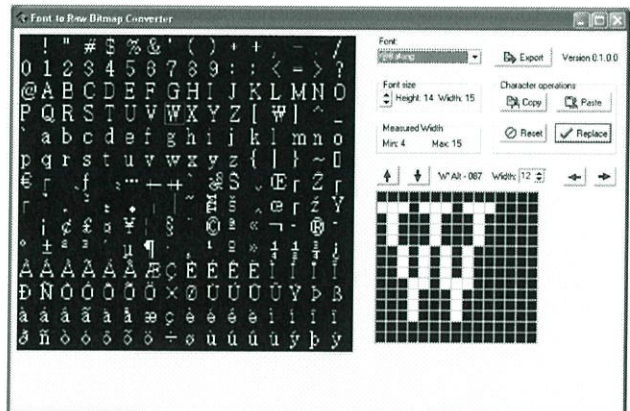
μUSB-CE5



μUSB-MB5

7.3 FONT Tool – Software Tool

The Font-Tool is a free software tool for Windows based PC platforms. Use this tool to assist in the conversion of standard Windows fonts (including True Type) into the bitmap fonts used by the GOLDELOX-GFX2 chip.

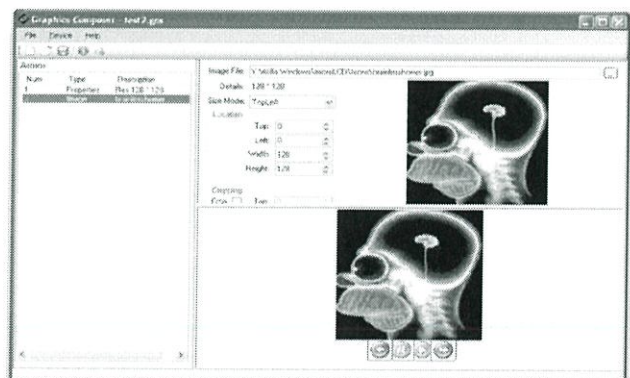


Disclaimer: Windows fonts may be protected by copyright laws. This software is provided for experimental purposes only.

7.4 Graphics Composer – Software Tool

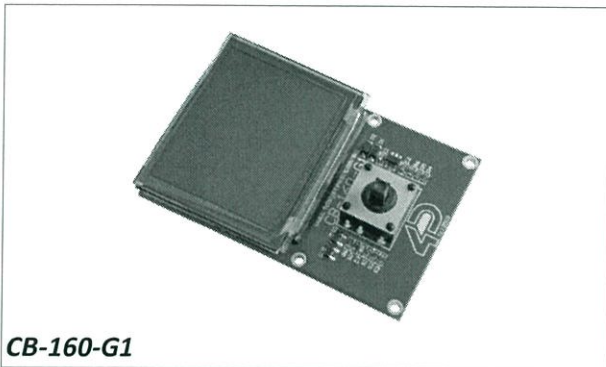
The Graphics Composer is a free software tool for Windows. This software tool is an aid to composing a slide show of images, animations and movie-clips (multi-media objects) which can then be downloaded into the micro-SD/micro-SDHC memory card that is supported by the μOLED-160-G1(GFX). The multimedia objects can then be called within the user application 4DGL program.

It is available for download from the 4D Systems website, www.4dsystems.com.au

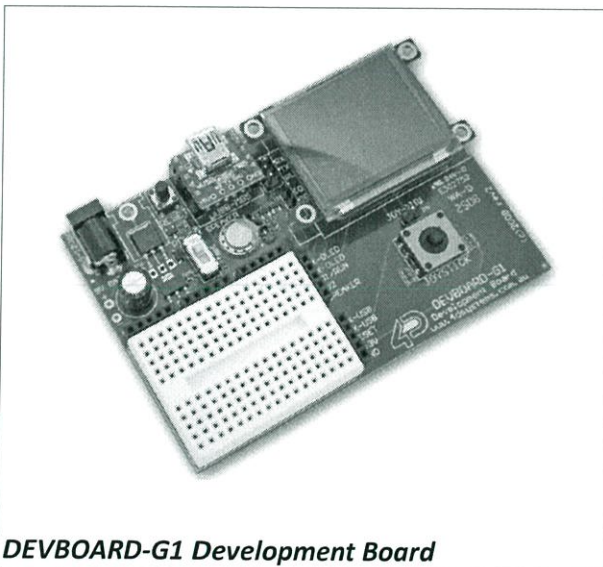


7.5 Development and Carrier Boards

CB-160-G1: is the carrier board for the μOLED-160-G1(GFX) display module. It has a tiny 5-position Joystick as well as a miniature speaker and driver circuit.



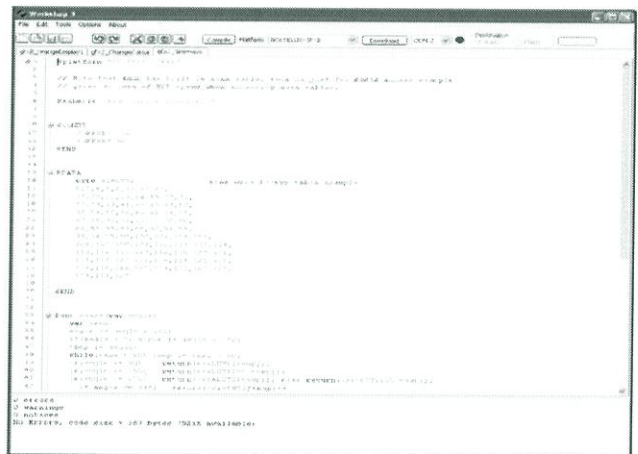
DEVBOARD-G1: is a compact and low-cost all in one development platform for the μOLED-160-G1(GFX) display module. This board is the ideal platform for learning and experimenting with the display module.



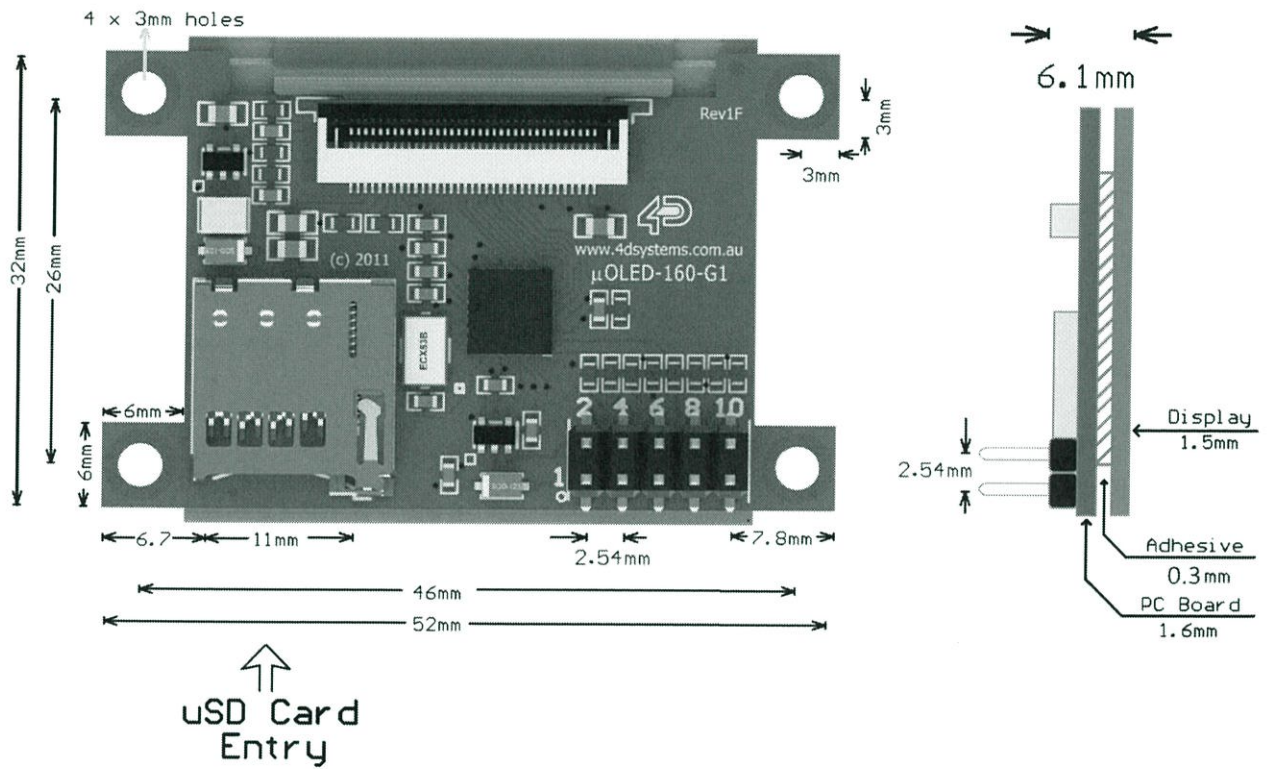
7.6 4DGL-Workshop3 – Complete IDE Editor, Compiler, Linker, Downloader

The 4DGL-Workshop3 IDE provides an integrated software development environment for all of the 4D family of processors and modules. The IDE combines the Editor, Compiler, Linker and Down-Loader to develop complete 4DGL application code. All user application code is developed within the Workshop3 IDE.

It is available for download from the 4D Systems website, www.4dsystems.com.au



8. Mechanical Dimensions



9. Specifications and Ratings

Absolute Maximum Ratings	
Operating ambient temperature	-35°C to +75°C
Storage temperature	-40°C +80°C
Voltage on any digital input pin with respect to GND	-0.3V to 6.0V
Voltage on SWITCH pin with respect to GND	-0.3V to 6.0V
Voltage on VCC with respect to GND	-0.3V to 6.0V
Maximum current out of GND pin	300mA
Maximum current into VCC pin	250mA
Maximum output current sunk/sourced by any pin	4.0mA
Total power dissipation	1.0W

NOTE: Stresses above those listed here may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at those or any other conditions above those indicated in the recommended operation listings of this specification is not implied. Exposure to maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

Recommended Operating Conditions					
Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Supply Voltage (VCC)		4.0	5.0	5.5	V
Operating Temperature		-30	--	+70	°C
Input Low Voltage	RX pin	GND	--	0.8	V
Input High Voltage	RX pin	2.0	3.3	5.0	V
Reset Pulse	External Open Collector	2.0	--	--	μs
Operational Delay	Power-Up or External Reset	1000	--	--	ms

Global Characteristics based on Operating Conditions					
Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Supply Current (ICC)	VCC = 5.0V	14	40	120	mA
Low Power Current (ICC)	VCC = 5.0V, Contrast = 0	300	500	--	μA
Output Low Voltage (VOL)	TX, IO1, IO2 pins, IOL = 3.4mA	--	--	0.4	V
Output High Voltage (VOH)	TX, IO1, IO2 pins, IOL = -2.0mA	2.4	--	3.3	V
A/D Converter Resolution	IO1 pin	--	8	10	bits
Capacitive Loading	All pins	--	--	50	pF
Flash Memory Endurance	PmmC/4DGL Programming	--	1000	--	E/W

Current Consumption based on Display Usage

Contrast Setting (Range: 0-15)	Current (mA)	Display Usage
High Contrast		
15	13.5	All pixels OFF (Black screen)
15	40.0	Screen has mix text and graphics (Typical usage)
15	115.0	All pixels ON (White screen)
Medium Contrast		
8	13.5	All pixels OFF (Black screen)
8	32.0	Screen has mix text and graphics (Typical usage)
8	110.0	All pixels ON (White screen)
Low Contrast		
0	13.5	All pixels OFF (Black screen)
0	18.0	Screen has mix text and graphics (Typical usage)
0	41.0	All pixels ON (White screen)
Don't Care	0.3	Screen Power-Down command executed

Optical Characteristics

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Luminance (L)	VCC = 5.0V	70	100	--	cd/m ²
Viewing Angle (VA)	VCC = 5.0V	160	--	--	degree
Contrast Ratio (CR)	VCC = 5.0V	2000:1	5000:1	--	--
Operational Lifetime (LT)	50% checker board pattern. 90 cd/m ² . End of lifetime is 50% initial intensity.	10000	15000	--	hours
Storage Lifetime (ST)	Ta = 25°C, 50% RH	20000	--	--	hours

Ordering Information

Order Code: μOLED-160-G1(GFX)

Package: 150mm x 95mm (ZIF Bag dimensions).

Packaging: Module sealed in bubble bag inside a ZIF bag, both Antistatic.

External Documentation References

GOLDELOX-GFX2-DS.pdf
 4DGL-Programmers-Reference-Manual.pdf
 GOLDELOX-GFX2-4DGL-Internal-Functions.pdf

Proprietary Information

The information contained in this document is the property of 4D Systems Pty. Ltd. and may be the subject of patents pending or granted, and must not be copied or disclosed without prior written permission.

4D Systems endeavours to ensure that the information in this document is correct and fairly stated but does not accept liability for any error or omission. The development of 4D Systems products and services is continuous and published information may not be up to date. It is important to check the current position with 4D Systems. 4D Systems reserves the right to modify, update or make changes to Specifications or written material without prior notice at any time.

All trademarks belong to their respective owners and are recognised and acknowledged.

Disclaimer of Warranties & Limitation of Liability

4D Systems makes no warranty, either express or implied with respect to any product, and specifically disclaims all other warranties, including, without limitation, warranties for merchantability, non-infringement and fitness for any particular purpose.

Information contained in this publication regarding device applications and the like is provided only for your convenience and may be superseded by updates. It is your responsibility to ensure that your application meets with your specifications.

In no event shall 4D Systems be liable to the buyer or to any third party for any indirect, incidental, special, consequential, punitive or exemplary damages (including without limitation lost profits, lost savings, or loss of business opportunity) arising out of or relating to any product or service provided or to be provided by 4D Systems, or the use or inability to use the same, even if 4D Systems has been advised of the possibility of such damages.

4D Systems products are not fault tolerant nor designed, manufactured or intended for use or resale as on line control equipment in hazardous environments requiring fail – safe performance, such as in the operation of nuclear facilities, aircraft navigation or communication systems, air traffic control, direct life support machines or weapons systems in which the failure of the product could lead directly to death, personal injury or severe physical or environmental damage ('High Risk Activities'). 4D Systems and its suppliers specifically disclaim any expressed or implied warranty of fitness for High Risk Activities.

Use of 4D Systems' products and devices in 'High Risk Activities' and in any other application is entirely at the buyer's risk, and the buyer agrees to defend, indemnify and hold harmless 4D Systems from any and all damages, claims, suits, or expenses resulting from such use. No licenses are conveyed, implicitly or otherwise, under any 4D Systems intellectual property rights..

Contact Information

For Technical Support : support@4dsystems.com.au

For Sales Support : sales@4dsystems.com.au

Website : www.4dsystems.com.au

Copyright 4D Systems Pty. Ltd. 2000-2011.

ภาคผนวก ค
GODELOX-GFX2



GOLDELOX-GFX₂ **Embedded 4DGL Graphics Controller**

Advance Information

Document Date: 17th November 2011
Document Revision: 3.0

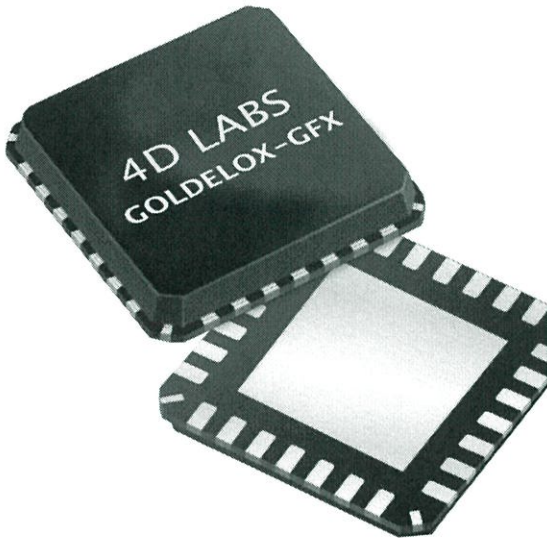


4D LABS

GOLDELOX-GFX2 Embedded Graphics Controller

Advance Information

Description



The **GOLDELOX-GFX2** is a custom embedded graphics controller designed to interface with many popular OLED and LCD display panels. Powerful graphics, text, image, animation and countless more features are built right inside the chip. It offers a simple plug-n-play interface to many 8bit 80-Series colour LCD and OLED displays.

The chip is designed to work with minimal design effort and all of the data and control signals are provided by the chip to interface directly to the display. Simply choose your display and interface it to the GOLDELOX-GFX2 on your application board. This offers enormous advantage to the designer in development time and cost saving and takes away all of the burden of low level design.

The GOLDELOX-GFX2 belongs to a family of processors powered by a highly optimised soft core virtual engine, E.V.E. (Extensible Virtual Engine). **EVE** is a proprietary, high performance virtual processor with an extensive byte-code instruction set optimised to execute compiled 4DGL programs. 4DGL (4D Graphics Language) was specifically developed from ground up for the EVE engine core. It is a high level language which is

easy to learn and simple to understand yet powerful enough to tackle many embedded graphics applications.

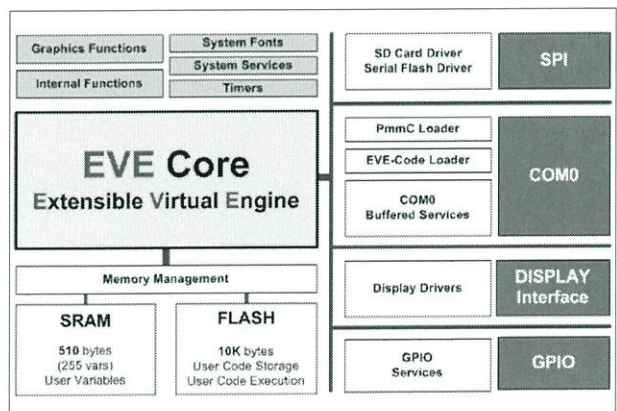
The device offers modest but comprehensive I/O features and can interface to SPI, serial, analogue, digital, buttons, joystick and Dallas 1-wire devices. Provision is also made for creating complex sound effects for audible user feedback with an extended RTTTL tone generator.

A basic system font is included, and unlimited customisable fonts with fixed or proportional spacing can be created using the free FONT-Tool provided.

All of the display built-in driver libraries implement and share the same high-level function interface. This allows your GUI application to be portable to different display controller types.

The software development tools such as 4DGL-Workshop3 IDE and Graphics Composer are FREE and there are no licensing requirements.

In short, the GOLDELOX-GFX2 offers one of the most flexible embedded graphics solutions available.



Features

- Low-cost OLED, LCD and TFT display graphics user interface solution.
- Ideal as a standalone embedded graphics processor or interface to any host controller as a graphics co-processor.
- Connect to any colour display that supports an 80-Series 8 bit wide CPU interface. All data and control signals are provided.
- Built in high performance virtual processor engine (EVE) with an extensive byte-code instruction set optimised for 4DGL, the high level 4D Graphics Language.
- 2 x GPIO ports supports:
 - Digital I/O
 - A/D converter with 8/10 bit resolution
 - Complex sound generation
 - Dedicated RTTTL tune engine
 - Multi-Switch Joystick
 - Dallas 1-Wire
- 10K bytes of flash memory for user code storage and 510 bytes (255 x 16bit vars) of RAM for user variables.
- 1 x 32bit free running system timer with 1msec resolution.
- 4 x 16bit user timers with 1msec resolution
- Asynchronous hardware Serial port with auto-baud feature (300 to 256K baud).
- Hardware SPI port interface for uSD/uSDHC memory cards or Serial Flash memory chips for storing of icons, images, animations, etc.
- Comprehensive set of built in high level 4DGL graphics functions and algorithms that can draw lines, circles, text, and much more.
- Display full colour images, animations, icons and video clips.
- 8x8 built-in system font and support for unlimited user customisable fonts with fixed or proportional spacing with the aid of a freely provided Font-Tool.
- Single 3.3 Volt Supply @12mA typical.
- Available in a tiny 6mm x 6mm 28pin QFN.

Applications

- Industrial (general).
- Test, measurement and general purpose instrumentation
- Elevator Control Systems.
- Point of Sale Terminals.
- Home Appliances (general).
- Security Systems.
- Access Control Systems.
- Air-conditioning Control Systems.
- Universal Remote Control.
- Automotive (general).
- Electronic Gauges and Meters.
- Portable ECG Systems.
- Portable Blood Pressure Monitors.
- Aviation (general).
- Gaming and Slot Machines.
- And much more..

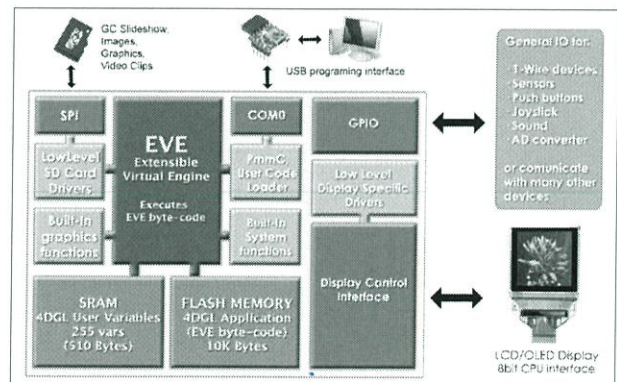
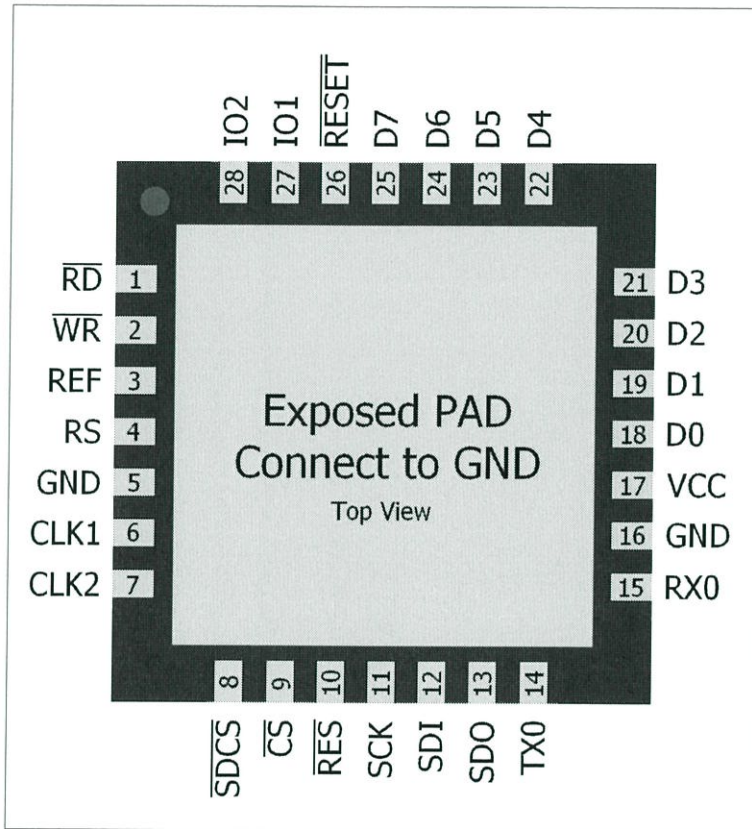


Table of Contents

1. Pin Configuration and Summary	4
2. Pin and Functional Description	6
2.1 Display Interface.....	7
2.2 SPI Interface – Master Mode Only.....	8
2.3 Serial Port - UART	8
2.4 General Purpose I/O Interface.....	9
2.5 System Pins.....	10
3. Software Platform - 4DGL	11
4. In Circuit Serial Programming-ICSP	13
5. Memory Organisation	14
5.1 System Registers Memory Map.....	14
6. Development and Support Tools	20
6.1 PmmC Loader – Software Programming Tool	20
6.2 microUSB – PmmC Programming Hardware Tool.....	20
6.3 Evaluation Display Modules.....	20
6.4 FONT Tool – Software Tool.....	21
6.5 Graphics Composer – Software Tool.....	21
6.6 4DGL Workshop3 – Complete IDE Editor, Compiler, Linker, Downloader.....	21
7. Reference Design	22
8. Timing Diagrams	24
8.1 Display Write Data Timing.....	24
8.2 Display Read Data Timing.....	25
8.3 SPI Timing.....	26
9. Package Details and PCB Land Pattern	27
10. Specifications and Ratings	29
Proprietary Information	30
Disclaimer of Warranties & Limitation of Liability	30

1. Pin Configuration and Summary



Pin	Symbol	I/O	Description
1	RD	O	Display Read strobe signal. GOLDELOX-GFX2 asserts this signal LOW when reading data from the display. Connect this pin to the Read (RD) signal of the display.
2	WR	O	Display Write strobe signal. GOLDELOX-GFX2 asserts this signal LOW when writing data to the display. Connect this pin to the Write (WR) signal of the display.
3	REF	P	Internal voltage regulator filter capacitor. Connect a 4.7uF to 10uF capacitor from this pin to Ground.
4	RS	O	Display Register Select. LOW: Display index or status register is selected. HIGH: Display GRAM or register data is selected. Connect this pin to the Register Select (RS or A0 or C/D or similar naming convention) signal of the display.
5	GND	P	Ground.
6	CLK1	I	System Clock input 1 of a 12Mhz crystal.

Pin	Symbol	I/O	Description
7	CLK2	O	System Clock input 2 of a 12Mhz crystal.
8	SDCS	O	SPI device Chip Select. Connect this pin to the Chip Enable (CE or CS) signal of the external SPI device (SD/SDHC memory card, Serial Flash chip, etc.).
9	CS	O	Display Chip Select. GOLDELOX-GFX2 asserts this signal LOW when accessing the display. Connect this pin to the Chip Select (CS) signal of the display.
10	RES	O	Display RESET. GOLDELOX-GFX2 initialises the display by strobing this pin LOW. Connect this pin to the Reset (RES) signal of the display.
11	SCK	O	SPI Serial Clock output. Connect this pin to the SPI Serial Clock (SCK) signal of the external device. Nominally reserved for SD/SDHC memory card or serial flash memory chip. See Section 8.3 for detailed timing diagram.
12	SDI	I	SPI Serial Data Input. Connect this pin to the SPI Serial Data Out (SDO) signal of the external device. Nominally reserved for SD/SDHC memory card or serial flash memory chip. See Section 8.3 for detailed timing diagram.
13	SDO	O	SPI Serial Data Output. Connect this pin to the SPI Serial Data In (SDI) signal of the external device. Nominally reserved for SD/SDHC memory card or serial flash memory chip. See Section 8.3 for detailed timing diagram.
14	TX0	O	Asynchronous Serial Transmit pin. Output data is at TTL voltage levels. Connect this pin to external device Serial Receive (Rx) signal. This pin is tolerant up to 5.0V levels.
15	RX0	I	Asynchronous Serial Receive pin. Connect this pin to external device Serial Transmit (Tx) signal. This pin is tolerant up to 5.0V levels.
16	GND	P	Ground.
17	VCC	P	Positive supply with respect to GND pin.
18	D0	I/O	Display Data Bus bit 0.
19	D1	I/O	Display Data Bus bit 1.
20	D2	I/O	Display Data Bus bit 2.
21	D3	I/O	Display Data Bus bit 3.
22	D4	I/O	Display Data Bus bit 4.
23	D5	I/O	Display Data Bus bit 5.
24	D6	I/O	Display Data Bus bit 6.
25	D7	I/O	Display Data Bus bit 7.
26	RESET	I	Master Reset signal. Connect a 4.7K resistor from this pin to VCC.
27	IO1	I/O/A	General purpose IO1 pin. See Section 2.4 for more detail.
28	IO2	I/O	General purpose IO2 pin. See Section 2.4 for more detail.
PAD	GND	P	Exposed metal pad under the package, must connect to GND.

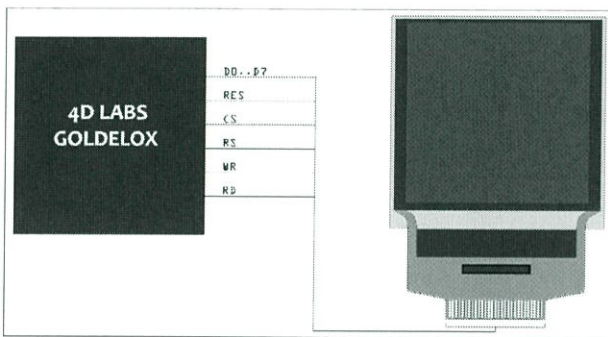
I: Input, O: Output, A: Analogue, P: Power

2. Pin and Functional Description

The GOLDELOX-GFX2 provides both a hardware and a software interface. This section describes in detail the hardware interface.

2.1 Display Interface

The GOLDELOX-GFX2 supports LCD and OLED displays with an 80-Series 8 bit wide CPU data interface. The connectivity to the display is easy and straight forward. The chip generates all of the necessary timing to drive the display.



CS	RS	RD	WR	Operation
0	0	0	1	Read Display Status Register
0	0	1	0	Write Display Index Register
0	1	0	1	Read Display GRAM Data
0	1	1	0	Write Register or GRAM Data
1	X	X	X	No Operation

Display Operation Table

D0-D7 pins (Display Data Bus):

The Display Data Bus (D0-D7) is an 8 bit bidirectional port and all data writes and reads occur over this bus. Other control signals such as RW, RD CS, and RS synchronise the data transfer to and from the display.

CS pin (Display Chip Select):

The access to the display is only possible when the Display Chip Select (CS) is asserted LOW. Connect this pin to the Chip Select (CS) signal of the display.

RS pin (Display Register Select):

The RS signal determines whether a register command or data is sent to the display.

LOW: Display index or status register is selected.

HIGH: Display GRAM or register data is selected.

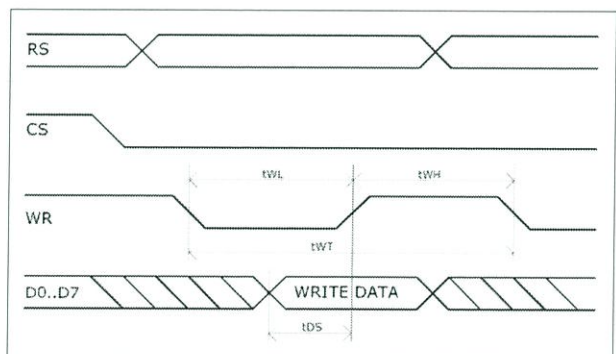
Connect this pin to the Register Select (RS) signal of the display. Different displays utilise various naming conventions such as RS, A0, C/D or similar. Be sure to check with your display manufacturer for the correct name and function.

RES pin (Display Reset):

Display RESET. GOLDELOX-GFX2 initialises the display by strobing this pin LOW. Connect this pin to the Reset (RES) signal of the display. This signal can also be used to control the back-light of the LCD or as the DC/DC converter enable. Refer to the reference design in Section 7 in this document for an example.

WR pin (Display Write):

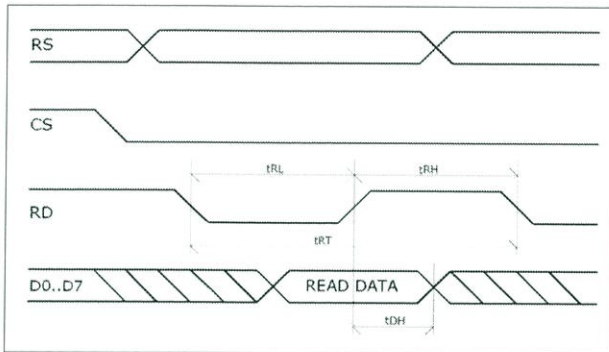
This is the display write strobe signal. The GOLDELOX-GFX2 asserts this signal LOW when writing data to the display in conjunction with the display data bus (D0-D7). Connect this pin to the Write (WR) signal of the display.



Item	Sym	Min	Typ	Max	Unit
Write Low Pulse	tWL	170	-	-	ns
Write High Pulse	tWH	85	-	-	ns
Write Bus Cycle Total	tWT	255	-	-	ns
Write Data Setup	tDS	85	-	-	ns

RD pin (Display Read):

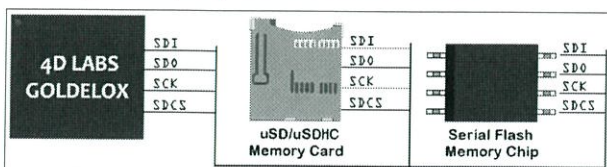
This is the display read strobe signal. The GOLDELOX-GFX2 asserts this signal LOW when reading data from the display in conjunction with the display data bus (D0-D7). Connect this pin to the Read (RD) signal of the display.



Item	Sym	Min	Typ	Max	Unit
Read Low Pulse	tRL	300	-	-	ns
Read High Pulse	tRH	300	-	-	ns
Read Bus Cycle Total	tRT	600	-	-	ns
Read Data Hold	tDH	150	-	-	ns

2.2 SPI Interface – Master Mode Only

The GOLDELOX-GFX2 supports uSD/uSDHC memory cards as well as Serial Flash memory chips via its hardware SPI interface. These storage devices are used for all multimedia file storage such as images, animations and movie clips. The memory card can also be used as general purpose storage for data logging applications. Support is available for uSD with up to 2GB capacity and for high capacity HC memory cards starting from 4GB and above. The GOLDELOX-GFX2 also supports any other general purpose SPI serial device.



SDI pin (SPI Serial Data In):

The SPI Serial Data Input (SDI). It connects to the Serial Data Out (SDO) pin of external SPI device.

SDO pin (SPI Serial Data Out):

The SPI Serial Data Output (SDO). This pin connects to the Serial Data In (SDI) signal of the external SPI device.

SCK pin (SPI Serial Clock):

The SPI Serial Clock output (SCK). This pin connects to the Serial Clock (SCK) signal of the external SPI device.

SDCS pin (SPI Chip Select):

SPI device Chip Select (SDCS). Connect this pin to the Chip Enable (CE or CS) signal of the external SPI device.

Also refer to “Section 8.3 SPI Timing Diagram “

2.3 Serial Port - UART

The GOLDELOX-GFX2 has a dedicated hardware UART that can communicate with external serial devices. This is referred to as the COM0 module. The primary features are:

- Full-Duplex 8 bit data transmission and reception through the TX and RX pins.
- Data format: 8 bits, No Parity, 1 Stop bit.
- Auto Baud feature.
- Baud rates from 300 baud up to 256K baud.
- Single byte transmits and receives or a fully buffered service. The buffered service feature runs in the background capturing and buffering serial data without the user application having to constantly poll the serial port. This frees up the application to service other tasks.

The Serial port is also the primary interface for downloading user application code (compiled 4DGL byte-code) into the GOLDELOX-GFX2 flash program memory. Once the download is complete the serial port is available for user application.

Note: Low level PmmC chip programming and updates also take place via the serial port.

Refer to “Section 4. In-Circuit-Serial-Programming (ICSP)” for further details.

TX pin (Serial Transmit):

Asynchronous Serial port Transmit pin, TX. Connect this pin to external serial device Serial

Receive (Rx) signal.

RX pin (Serial Receive):

Asynchronous Serial port Receive pin, RX. Connect this pin to external serial device Serial Transmit (Tx) signal.

2.4 General Purpose I/O Interface

There are 2 GPIO pins available, IO1 and IO2. Each GPIO has a multitude of high level functions associated with it and these can be selected within 4DGL user application code.

Refer to the separate document titled *“GOLDELOX-GFX2-Internal-Functions.pdf”* for a complete set of built in 4DGL library functions.

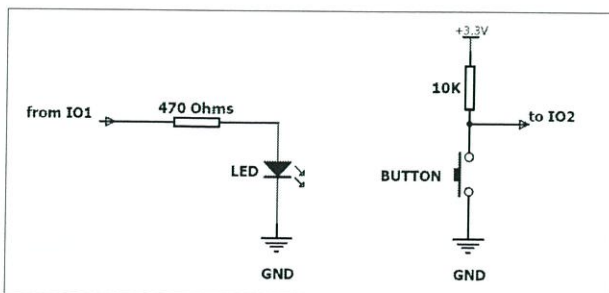
IO1, IO2 pins (General Purpose Input Output):

General purpose IO1, IO2 pins. The table below lists the available GPIO functions and features.

GPIO Functions and Features		
Function	IO1	IO2
Digital Input	√	√
Digital Output	√	√
A/D Converter 8/10 bits	√	--
Dallas 1-Wire support	√	√
Sound Generation, RTTTL Tunes	√	√
Joystick – 5 position multi-switch	√	--

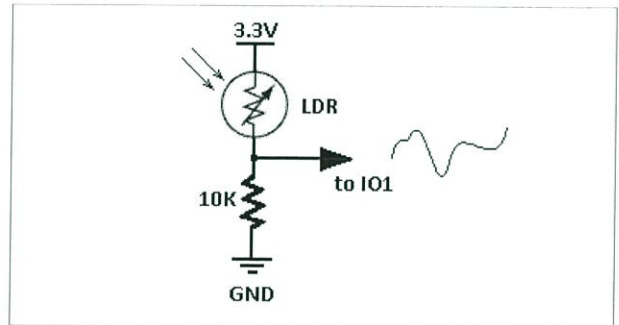
Input/Output:

Both IO1 and IO2 pins can be programmed to be Inputs or Outputs. Diagram below shows a LED connected to IO1 (programmed as an output) and a button connected to IO2 (programmed as an input).



Analog to Digital Converter:

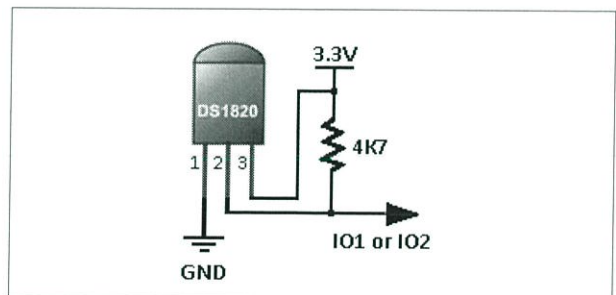
The IO1 pin can be programmed as an A/D input. Option is available to select 8 bit or 10 bit resolution. Diagram below is a circuit of a Light Dependant Resistor (LDR) connected to IO1 to measure and record changes in ambient light.



Dallas 1-Wire:

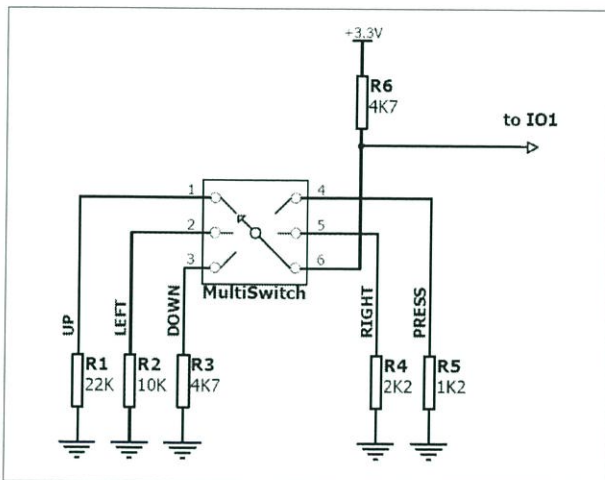
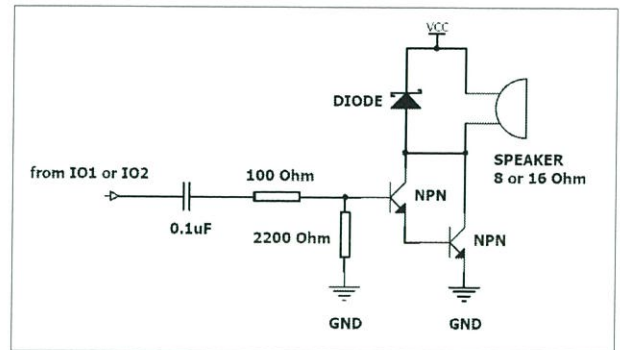
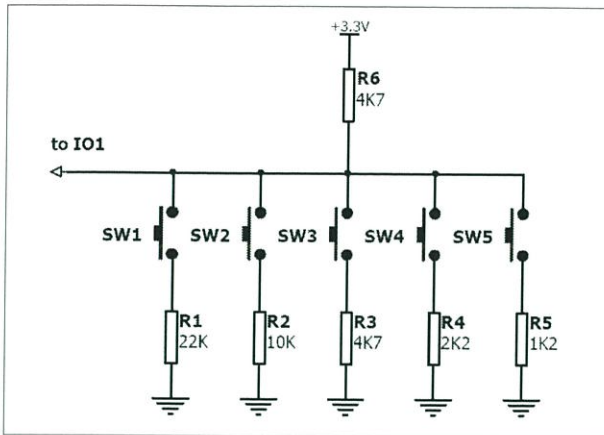
The Dallas 1-Wire protocol is a form of serial communications designed to operate over a single data line plus ground reference. Multiple 1-Wire devices can be attached to the same shared data line to network many devices. One wire device support is available on both the IO1 and the IO2 pins.

The diagram below depicts a typical 1-Wire temperature sensor interface.



Joystick - Multi Switch:

Multiple buttons or a multi-switch Joystick can be connected to the IO1 pin. Up to 5 buttons or a 5 position multi-switch joystick connects to a junction of a resistor ladder network that forms a voltage divider. The A/D converter of the IO1 pin internally reads the analogue value and decodes it accordingly. This feature is supported by dedicated 4DGL library functions. The following diagrams indicate how to connect up to 5 individual buttons or a multi-switch joystick to the IO1 pin.



Unused buttons do not need resistors to be connected to the circuit. The table below lists the buttons and corresponding resistor values.

Number of Buttons	Button Number	Resistor Value
1	SW1	22K
2	SW2	10K
3	SW3	4.7K
4	SW4	2.2K
5	SW5	1.2K

Sound Output:

The GOLDELOX-GFX2 is capable of generating complex sounds and RTTTL tunes from its IO1 and IO2 pins. A simple speaker circuit as shown below can be utilised.

2.5 System Pins

VCC pin (Device Supply Voltage):

Device supply voltage pin. This pin must be connected to a regulated supply voltage in the range of 3.0 Volts to 3.6 Volts DC. Nominal operating voltage is 3.3 Volts.

GND, PAD pins (Device Ground):

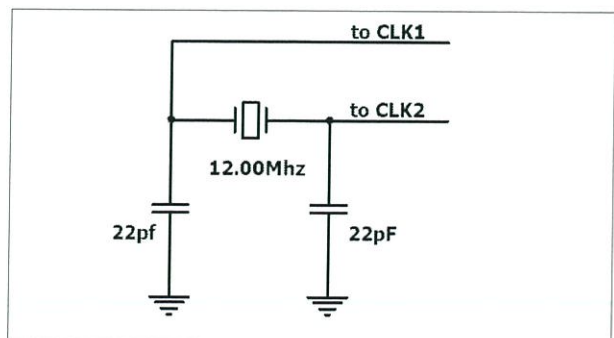
Device ground pins. These pins must be connected to ground.

RESET pin (Device Master Reset):

Device Master Reset pin. An active low pulse of greater than 2 micro-seconds will reset the device. Connect a resistor (1K through to 10K, nominal 4.7K) from this pin to VCC. Only use open collector type circuits to reset the device if an external reset is required. This pin is not driven low by any internal conditions.

CLK1, CLK2 pins (Device Oscillator Inputs):

CLK1 and CLK2 are the device oscillator pins. Connect a 12.00Mhz AT strip cut crystal with 22pf capacitors from each pin to GND as shown in the diagram below.



3. Software Platform - 4DGL

The GOLDELOX-GFX2 belongs to a family of processors powered by a highly optimised soft core virtual engine, E.V.E. (Extensible Virtual Engine).

EVE is a proprietary, high performance virtual processor with an extensive byte-code instruction set optimised to execute compiled 4DGL programs. 4DGL (4D Graphics Language) was specifically developed from ground up for the EVE engine core. It is a high level language which is easy to learn and simple to understand yet powerful enough to tackle many embedded graphics applications.

4DGL is a graphics oriented language allowing rapid application development and the syntax structure was designed using elements of popular languages such as C, Basic, Pascal and others. Programmers familiar with these languages will feel right at home with 4DGL. It includes many familiar instructions such as IF..ELSE..ENDIF, WHILE..WEND, REPEAT..UNTIL, GOSUB..ENDSUB, GOTO, PRINT as well as some specialised instructions SERIN, SEROUT, GFX_LINE, GFX_CIRCLE and many more. This section only covers the syntax of the available instructions and functions. For a more in depth study refer to the following documents:

"4DGL-Programmers-Reference-Manual.pdf"

"GOLDELOX-GFX2-4DGL-Internal-Functions.pdf"

The following is a brief outline of 4DGL instructions and functions available for the GOLDELOX-GFX2 device.

Generic 4DGL Instructions:

- if..else..endif
- while..wend
- repeat..until/forever
- gosub..endsub
- func..endfunc
- goto
- for...next
- switch...case

GPIO Functions:

- pin_HI(pin)
- pin_LO(pin)
- pin_Read(pin)
- pin_Set(mode, pin)
 - OUTPUT, INPUT, ANALOGUE_8, ANALOGUE_10, ONEWIRE, SOUND
- joystick()
- OW_Reset()
- OW_Read()
- OW_Read9()
- OW_Write(data)

Memory Access Functions:

- peekB(address)
- peekW(address)
- pokeB(address, byte_value)
- pokeW(address, word_value)
- bits_Set(address, mask)
- bits_Clear(address, mask)
- bits_Flip(address, mask)
- bits_Test(address, mask)

User Stack Functions:

- setsp(index)
- getsp()
- pop()
- push(value)
- drop(n)
- call()
- exec(functionPtr, argCount)

Maths Functions:

- ABS(value)
- MIN(value1, value2)
- MAX(value1, value2)
- SWAP(&var1, &var2)
- SIN(angle)
- COS(angle)
- RAND()
- SEED(number)
- SQRT(number)
- OVF ()

Text and String Functions:

- txt_MoveCursor(line, column)
- putch(char)
- putstr(pointer)
- putnum(format, value)

- print(...)
- to(outstream)
- charwidth('char')
- charheight('char')
- strwidth(pointer)
- strheight()
- strlen(pointer)
- txt_Set(function, value)

txt_Set shortcuts:

- txt_FGcolour(colour)
- txt_BGcolour(colour)
- txt_FontID(id)
- txt_Width(multiplier)
- txt_Height(multiplier)
- txt_Xgap(pixelcount)
- txt_Ygap(pixelcount)
- txt_Delay(millisecs)
- txt_Opacity(mode)
- txt_Bold(mode)
- txt_Italic(mode)
- txt_Inverse(mode)
- txt_Underlined(mode)
- txt_Attributes(value)

Graphics Functions:

- gfx_Cls()
- gfx_ChangeColour(oldColour, newColour)
- gfx_Circle(x, y, radius, colour)
- gfx_CircleFilled(x, y, radius, colour)
- gfx_Line(x1, y1, x2, y2, colour)
- gfx_Hline(y, x1, x2, colour)
- gfx_Vline(x, y1, y2, colour)
- gfx_Rectangle(x1, y1, x2, y2, colour)
- gfx_RectangleFilled(x1, y1, x2, y2, colour)
- gfx_Polyline(n, vx, vy, colour)
- gfx_Polygon(n, vx, vy, colour)
- gfx_Triangle(x1, y1, x2, y2, x3, y3, colour)
- gfx_Dot()
- gfx_Bullet(radius)
- gfx_OrbitInit(&x_dest, &y_dest)
- gfx_Orbit(angle, distance)
- gfx_PutPixel(x, y, colour)
- gfx_GetPixel(x, y)
- gfx_MoveTo(xpos, ypos)
- gfx_MoveRel(xoffset, yoffset)
- gfx_IncX()

- gfx_IncY()
- gfx_LineTo(xpos, ypos)
- gfx_LineRel(xpos, ypos)
- gfx_BoxTo(x2, y2)
- gfx_SetClipRegion()
- gfx_ClipWindow(x1, y1, x2, y2)
- gfx_FocusWindow()
- gfx_Set(function, value)

gfx_Set shortcuts:

- gfx_PenSize(mode)
- gfx_BGcolour(colour)
- gfx_ObjectColour(colour)
- gfx_Clipping(mode)
- gfx_FrameDelay(delay)
- gfx_ScreenMode(delay)
- gfx_OutlineColour(colour)
- gfx_Contrast(value)
- gfx_LinePattern(pattern)
- gfx_ColourMode(mode)

Display I/O Functions:

- disp_Init(initTable, stateMachine)
- disp_WriteControl(value)
- disp_WriteByte(value)
- disp_WriteWord(value)
- disp_ReadByte()
- disp_ReadWord()
- disp_BlitPixelFill(colour, count)
- disp_BlitPixelsToMedia()
- disp_BlitPixelsFromMedia(pixelcount)
- disp_SkipPixelsFromMedia(pixelcount)
- disp_BlitPixelsToCOM()
- disp_BlitPixelsFromCOM(mode)

Media Functions (SD/SDHC Card or Serial Flash):

- media_Init()
- media_SetAdd(HIword, LOword)
- media_SetSector(HIword, LOword)
- media_ReadByte()
- media_ReadWord()
- media_WriteByte(byte_val)
- media_WriteWord(word_val)
- media_Flush()
- media_Image(x, y)
- media_Video(x, y)
- media_VideoFrame(x, y, frameNumber)

Flash Memory chip Functions:

- flash_SIG()
- flash_ID()
- flash_BulkErase()
- flash_BlockErase(blockAddress)

SPI Control Functions:

- spi_Init(speed, inp_mode, out_mode)
- spi_Read()
- spi_Write(byte)
- spi_Disable()

Serial (UART) Communications Functions:

- serin()
- serout(char)
- setbaud(rate)
- com_AutoBaud(timeout)
- com_Init(buffer, buffsize, qualifier)
- com_Reset()
- com_Count()
- com_Full()
- com_Error()
- com_Sync()
- com_Checksum()
- com_PacketSize()

Sound and Tune (RTTTL) Functions:

- beep(note, duration)
- tune_Play(tuneptr)
- tune_Pause()
- tune_Continue()
- tune_Stop()
- tune_End()
- tune_Playing()

General Purpose Functions:

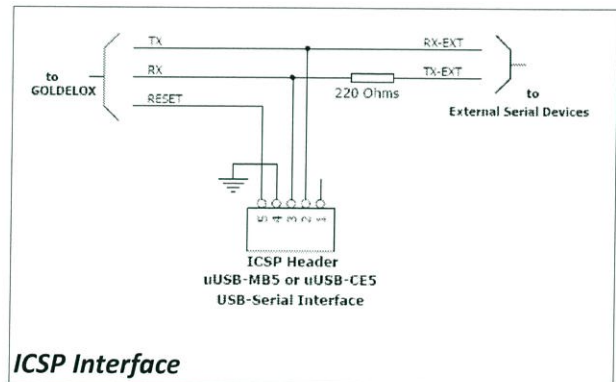
- pause(time)
- lookup8 (key, byteConstList)
- lookup16 (key, wordConstList)

To assist with the development of 4DGL applications, the 4DGL-Workshop3 IDE combines a full-featured editor, a compiler, a linker and a down-loader into a single PC-based application. It's all you need to code, test and run your applications.

4. In Circuit Serial Programming-ICSP

The GOLDELOX-GFX2 processor can be re-programmed with the latest PmmC configuration for updates and future proofing. The chip-level configuration is available as a PmmC (Personality-module-micro-Code) file and the programming must be performed over the serial interface. The chip-resident internal 4DGL functions are part of the GOLDELOX-GFX2 PmmC configuration file so please check regularly for the latest updates and enhancements.

A PmmC file can only be programmed into the device via its serial port and an access to this must be provided for on the target application board. This is referred to as In Circuit Serial Programming (ICSP). Diagram below provides a typical implementation for the ICSP interface.



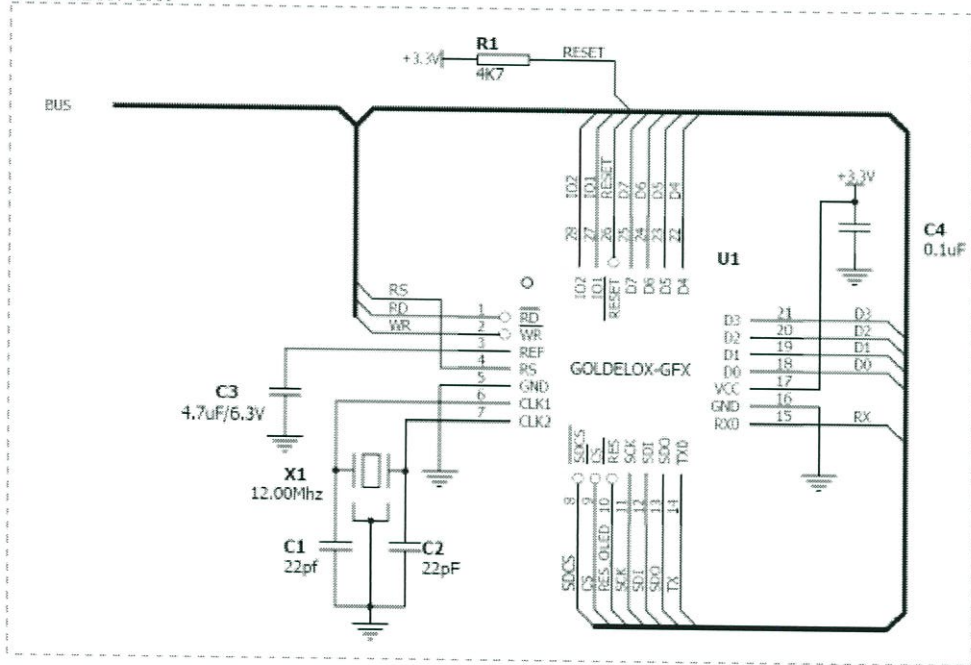
The PmmC file is programmed into the device with the aid of "**PmmC Loader**", a PC based software tool. To provide a link between the PC and the ICSP interface a USB to Serial converter is required. A range of custom made micro-USB devices such as the uUSB-MB5 and the uUSB-CE5 are available from 4D Systems. For further details refer to '**Section 6: Development and Support Tools**'.

Note: The GOLDELOX-GFX2 chip is shipped blank and it must be programmed with the PmmC configuration file.

ภาคผนวก ง

วงจรของเครื่องวัดความดันโลหิต

GOLDELOX-GFX



160x128 OLED (OPTION 3)

