

เครื่องชั่งน้ำหนักสำหรับผู้ป่วยติดเตียง

Weighing scale for patient on bed



ชานน พรวงศ์เลิศ
Chanon Pornwongloet

ปริญญาบัตรนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เครื่องชั่งน้ำหนักสำหรับผู้ป่วยติดเตียง

Weighing scale for patient on bed



ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2561

ภาควิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องชั่งน้ำหนักสำหรับผู้ป่วยติดเตียง

Weighing scale for patient on bed

ผู้จัดทำ

นายชานน

พรวงศ์เลิศ

รหัสนักศึกษา 58010287

ปริญญาานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว



(ดร.เทอดศักดิ์ ลือหาทอง)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องชั่งน้ำหนักสำหรับผู้ป่วยติดเตียง	-
นักศึกษา	นายชานน พรวงศ์เลิศ	รหัสนักศึกษา 58010287
ปริญญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
ภาควิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	
ปีการศึกษา	2561	
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.เทอดศักดิ์ ลีวาทอง	

บทคัดย่อ

แพทย์จำเป็นต้องทราบข้อมูลต่างๆของผู้ป่วยเช่น เพศ อายุ ความดันโลหิต และน้ำหนัก เพื่อใช้ในการวินิจฉัยโรค เครื่องชั่งน้ำหนักที่มีอยู่ในปัจจุบันไม่เหมาะสมสำหรับชั่งน้ำหนักผู้ป่วย ที่ไม่สามารถลุกจากเตียงได้ เช่นผู้ป่วยที่เป็นอัมพาต หรือผู้สูงอายุ ดังนั้นปริญญานิพนธ์นี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและออกแบบเครื่องชั่งน้ำหนักผู้ป่วยบนเตียง ซึ่งเครื่องชั่งน้ำหนักนี้สามารถส่งข้อมูลน้ำหนักไปแสดงผลบนหน้าจอ LCD

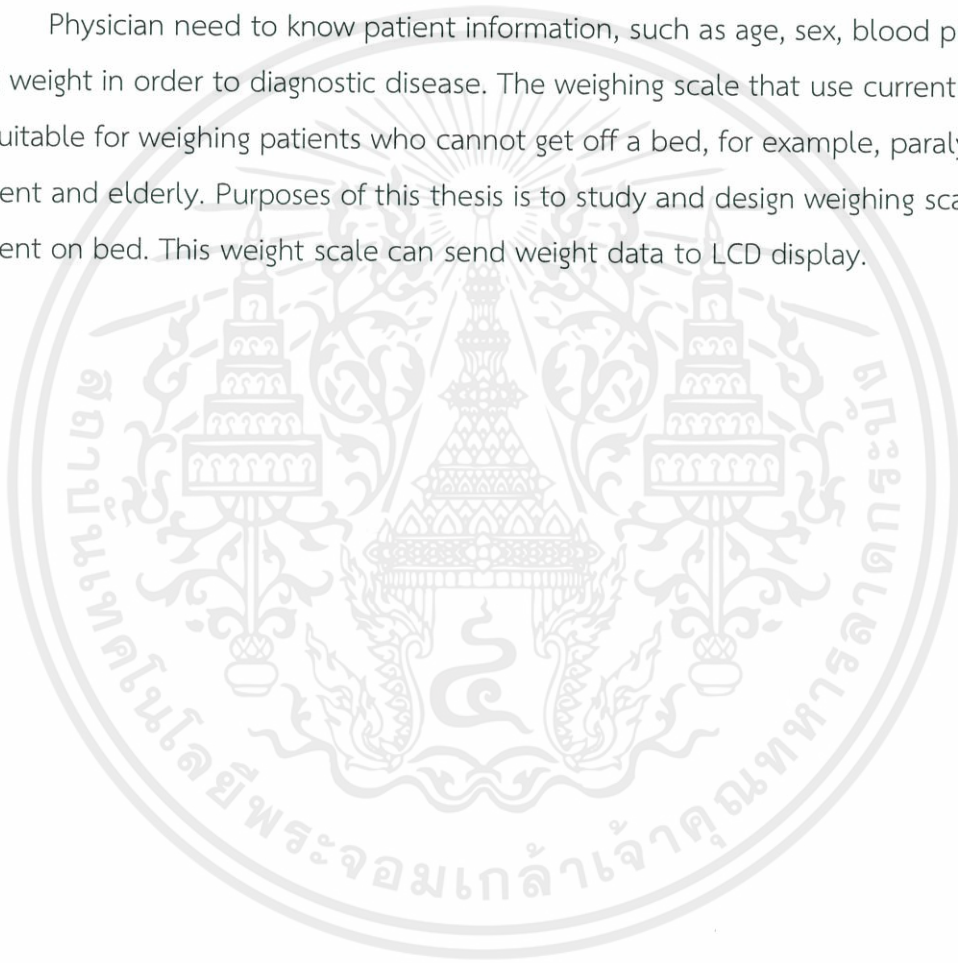


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Weighing Scale For Patient On Bed
Student	Mr.Chanon Pornwongloet Student ID 58010287
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Electronics Engineering
Year	2018
Thesis Advisor	Professor. ThursakLeauhatong

ABSTRACT

Physician need to know patient information, such as age, sex, blood pressure and weight in order to diagnostic disease. The weighing scale that use currently is unsuitable for weighing patients who cannot get off a bed, for example, paralysis patient and elderly. Purposes of this thesis is to study and design weighing scale for a patient on bed. This weight scale can send weight data to LCD display.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ ที่ได้มีการจัดตั้งวิชานี้ขึ้นมา เพื่อให้นักศึกษาได้เรียนรู้การนำความรู้ในสาขาที่ได้ศึกษานำมา ประยุกต์ต่อยอดในการสร้างและสิ่งที่น่าสนใจ ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.เทอดศักดิ์ ลีวาทอง ที่คอยให้คำแนะนำ ตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆขอขอบคุณรุ่นพี่ที่คอยให้คำแนะนำ ปรึกษา ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ของพวกเรา ที่อยู่เบื้องหลังของความสำเร็จ พร้อมทั้งให้คำปรึกษา สถานที่ สิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ และสนับสนุนให้กำลังใจตลอดมา

ชานน พรวงค์เลิศ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาของความสำคัญและปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	1
1.3 สมมติฐานการศึกษา.....	1
1.4 ขอบเขตของ.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎี.....	3
2.1 หลักการของการออกแบบระบบตรวจจับน้ำหนั.....	3
2.2 อุปกรณ์และวงจรต่างๆในระบบตรวจจับน้ำหนั.....	3
2.2.1 โหลดเซลล์.....	3
2.2.2 ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบตรวจจับน้ำหนั.....	4
2.2.2.1 วงจรวีทสโตนบริดจ์ (Wheatstone Bridge).....	4
2.2.2.2 ออปแอมป์ 128 (Operational Amplifier).....	5
2.2.2.3 Arduino UNO R3.....	8
บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการ.....	18
3.1 คุณสมบัติระบบตรวจจับน้ำหนั.....	19
3.2 การเลือกอุปกรณ์.....	19
3.3 การออกแบบวงจร.....	20
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	23

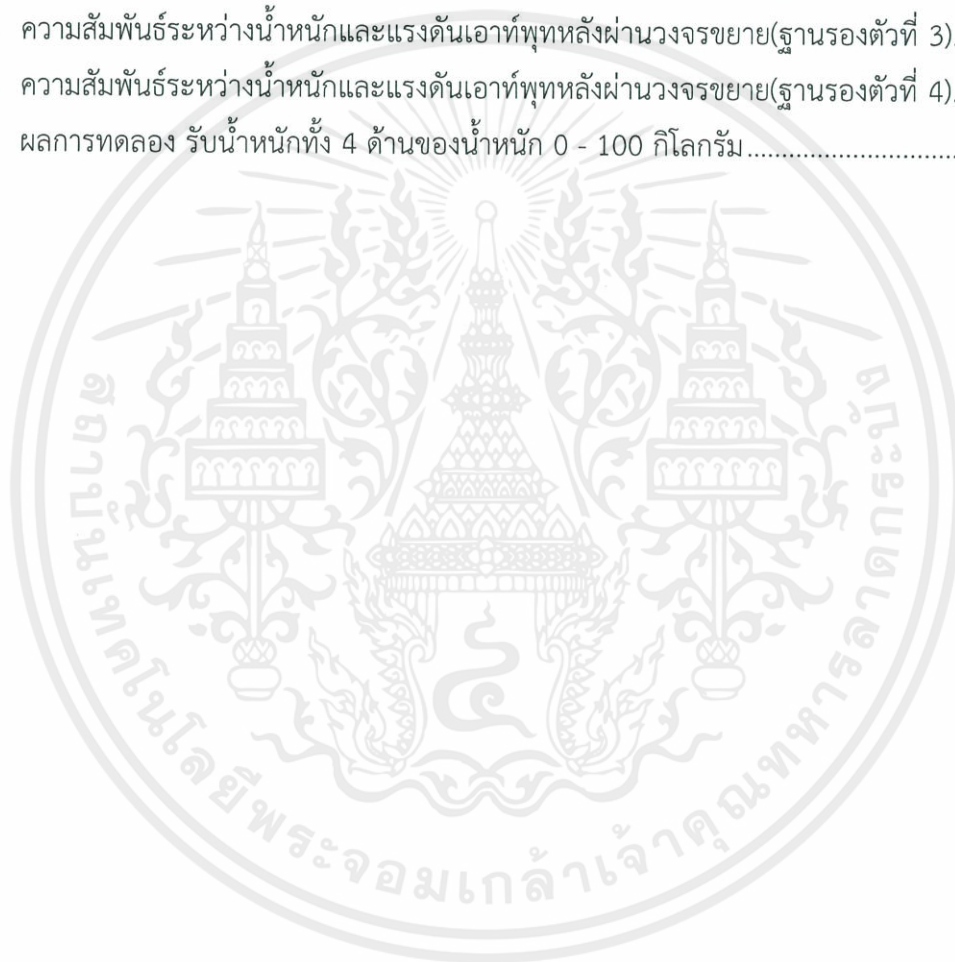
สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	28
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	28
5.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง.....	28
เอกสารอ้างอิง.....	29
ภาคผนวก.....	30



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ระยะเวลาในการทำโครงการ.....	2
2.1 Arduino UNO R3 Specification	12
2.2 คำสั่งพื้นฐานในชิป	16
4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและแรงดันเอาต์พุทหลังผ่านวงจรถยาย(ฐานรองตัวที่ 1).....	15
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและแรงดันเอาต์พุทหลังผ่านวงจรถยาย(ฐานรองตัวที่ 2).....	16
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและแรงดันเอาต์พุทหลังผ่านวงจรถยาย(ฐานรองตัวที่ 3).....	17
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและแรงดันเอาต์พุทหลังผ่านวงจรถยาย(ฐานรองตัวที่ 4).....	18
4.5 ผลการทดลอง ใช้น้ำหนักทั้ง 4 ด้านของน้ำหนัก 0 - 100 กิโลกรัม.....	19



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 โพลดเซลล์หรือสเตรนเกจ.....	3
2.2 วงจรวีทสโตนบริดจ์.....	4
2.3 วงจรวีทสโตนบริดจ์4	
2.4 อุปกรณ์ขยายแรงดัน INA128	5
2.5 หน้าที่ของขาอุปกรณ์ INA128.....	5
2.6 วงจรภายในของอุปกรณ์ INA128.....	6
2.7 วงจรภายในอุปกรณ์ INA128	7
2.8 ส่วนประกอบของ Arduino2.9 Ethernet Shield.....	9
2.10 Arduino IDE	9
2.11 ด้านหน้าของ Arduino UNO R3	10
2.12 ด้านหลังของ Arduino UNO R3.....	10
2.13 Arduino UNO R2 และ Arduino UNO R3	11
2.14 ความแตกต่างชิป Microcontroller ของ Arduino UNO R3	11
2.15 ส่วนประกอบหลักของบอร์ด Arduino UNO R3.....	13
2.16 ชิป Microcontroller ของ Arduino UNO R3	13
2.17 Digital Pin ของ Arduino UNO R3.....	14
2.18 Analog in Pin ของ Arduino UNO R3	14
2.19 Power Pin ของ Arduino UNO R3.....	14
2.20 USB Socket ของ Arduino UNO R3.....	15
2.21 External Power Jack ของ Arduino UNO R3	15
2.22 LED ที่เชื่อมต่อกับ Digital Pin 13.....	15
2.23 Power LED	15
2.24 RX/TX LED	16
2.25 ปุ่ม Reset	16
3.1 แผนผังการทำโครงงาน.....	18
3.2 ฐานสำหรับรับน้ำหนัก	19
3.3 ฐานสำหรับรับน้ำหนัก	19

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.4	ฐานสำหรับรับน้ำหนัก.....20
3.5	Schematic วงจรขยายสัญญาณ.....20
3.6	ลายวงจรของวงจรขยายสัญญาณ.....21
3.7	Schematic วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์.....21
3.8	ลายวงจรของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์.....22
4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับแรงดันเอาต์พุทของฐานที่ 1.....23
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับแรงดันเอาต์พุทของฐานที่ 2.....24
4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับแรงดันเอาต์พุทของฐานที่ 3.....25
4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับแรงดันเอาต์พุทของฐานที่ 4.....26



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาของความสำคัญและปัญหา

ในปัจจุบันประเทศไทยมีแนวโน้มของผู้ป่วยหรือผู้สูงอายุที่มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ต้องมีการคอยดูแลช่วยเหลือเป็นพิเศษเพราะผู้ป่วยหรือผู้สูงอายุเริ่มจะมีร่างกายที่ทรุดโทรมและไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้ อีกทั้งผู้ป่วยที่เป็นโรคที่ไม่สามารถขยับร่างกายได้เช่น อัมพฤกษ์ อัมพาต ที่ผู้ป่วยโรคนี้อาจต้องนอนติดเตียงตลอดเวลา

ปัญหาที่เราจะกล่าวถึงก็คือเรื่องน้ำหนัก เพราะผู้ป่วยหรือผู้สูงอายุที่ไม่สามารถลุกขึ้นมาชั่งน้ำหนักแบบคนธรรมดาทั่วไปได้และรวมไปถึงผู้ป่วยหรือคนไข้ที่จะเข้ามารักษาในโรงพยาบาล ซึ่งการชั่งน้ำหนักก็เป็นการเก็บข้อมูลเบื้องต้นสำหรับผู้ป่วยที่จะมารักษาที่โรงพยาบาลเราจึงเล็งเห็นความสำคัญในจุดนี้ขึ้นเพราะอุปกรณ์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันไม่เอื้อต่อผู้ป่วยหรือผู้สูงอายุจึงทำให้เกิดความไม่สะดวกสบายและทำให้เกิดความลำบากต่อผู้ป่วยหรือผู้สูงอายุ

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นคณะผู้จัดทำมีความประสงค์ในการศึกษาและหาความรู้เกี่ยวกับเครื่องชั่งน้ำหนักที่มีประสิทธิภาพสูงและยังสามารถอำนวยความสะดวกต่อผู้ที่มีปัญหาในด้านนี้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เป็นการฝึกทักษะเพื่อใช้เป็นพื้นฐานในการปฏิบัติงาน
2. นำผลงานจากโครงงานไปทดลองในการใช้งานจริง
3. ฝึกการแก้ปัญหาจากการทดลองให้ได้ผลสำเร็จ
4. บูรณาการความรู้ที่ได้จากการเรียนการสอนในภาคทฤษฎีมาผสมผสานกับการปฏิบัติงาน
5. ศึกษาหลักการทำงานของอุปกรณ์การวัด และศึกษาการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์

1.3 สมมติฐานการศึกษา

สามารถเข้าใจถึงวิธีการออกแบบอุปกรณ์ในการวัดน้ำหนักของเตียงผู้ป่วย โดยผ่านการออกแบบโครงงานนี้ รวมทั้งขั้นตอนในการออกแบบตัวอุปกรณ์ให้สะดวกในการใช้งาน และเข้าใจหลักการทำงานของการตรวจวัดน้ำหนัก จากวงจรที่เคยได้ศึกษาในห้องเรียน มาใช้ในการปฏิบัติจริง และดูหลักการทางทฤษฎีมาเปรียบเทียบการผลลัพธ์ที่ได้จากการปฏิบัติจริง

1.4 ขอบเขตของการศึกษา

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาในการทำโครงการงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ปี 2561				ปี 2562			
	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
● ศึกษาปัญหาและหาข้อมูล								
● แก้ไขระบบการทำงานของวงจร								
● ซื่ออุปกรณ์และออกแบบวงจร								
● สร้างชิ้นงานและเขียนโปรแกรมเพื่อเก็บผลลัพธ์								
● เก็บผลการทดลองและหาข้อผิดพลาดเพื่อแก้ไข								
● จัดทำรายงานและเตรียมตัว Present								
● วิเคราะห์และแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น								
● ทดลองโปรแกรมสำหรับการแสดงผล								
● จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์								

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจวงจรการวัดของเครื่องชั่งน้ำหนัก
2. นำอุปกรณ์ที่ทดลองไปใช้งานจริง
3. ฝึกการออกแบบชิ้นงานผ่านโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 หลักการของการออกแบบระบบตรวจจับน้ำหนักร

ในการออกแบบระบบตรวจจับน้ำหนักร ในจะประกอบไปด้วย ส่วนของอุปกรณ์ และวงจรในการวัดในที่นี้ คือ ตัวโลหะในการรับน้ำหนัก ทั้ง 4 ข้าง และส่วนของวงจร คือวงจรขยายสัญญาณ และวงจรในการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลโดยทั้ง 2 ส่วน คืออุปกรณ์และวงจรมันจะนำมาประกอบเข้าด้วยกันเพื่อที่จะสามารถ วัดและชั่งน้ำหนักของเตียงผู้ป่วย

2.2 อุปกรณ์และวงจรต่างๆในระบบตรวจจับน้ำหนักร

2.2.1 โหลดเซลล์

โหลดเซลล์ คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้แปลงค่าของแรงไปเป็นสัญญาณไฟฟ้า จากการแปลงค่าทางกลศาสตร์แรงจะถูกตรวจจับได้จากการเปลี่ยนรูปร่างของสแตนเกจและสแตนเกจแปลงค่าการเปลี่ยนรูปร่าง (ความเครียด) นี้ไปเป็นสัญญาณไฟฟ้า โหลดเซลล์มักจะประกอบไปด้วยสแตนเกจสี่ตัวซึ่งจัดเรียงวงจรในรูปแบบของวงจรวีสตัน บริดจ์ และ สัญญาณไฟที่จ่ายออกไปนี้จะมีขนาดเพียงไม่กี่มิลลิโวลต์และต้องการการขยายสัญญาณด้วยการใช้อุปกรณ์ขยายสัญญาณก่อนที่จะถูกนำไปใช้งานได้



รูปที่ 2.1 โหลดเซลล์หรือสเตรนเกจ

ส่วนหลักในการทำงานของสแตนเกจนั้นคือ การเมื่ออุปกรณ์ได้รับแรงมาทำให้วัตถุซึ่งในที่นี้คือสแตนเกจ จะทำให้ความต้านทานของ สแตนเกจเปลี่ยนค่าไป และหลักการเปลี่ยนค่าของความต้านทาน คือ

$$R = \frac{\rho L}{A} \quad (2.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

L คือ ความยาวของตัวนำ มีหน่วยเป็นเมตร (m)

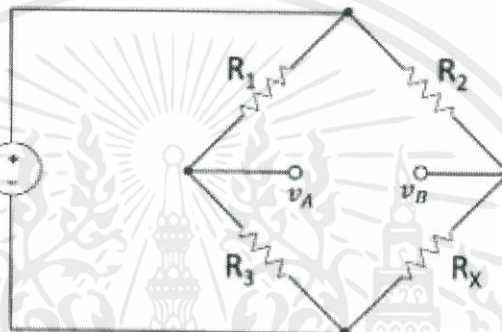
A คือ พื้นที่หน้าตัดของตัวนำ มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m^2)

ρ คือ สภาพต้านทานไฟฟ้าของสสาร มีหน่วยเป็นโอห์ม-เมตร ($\Omega \cdot m$)

2.2.2 ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบตรวจจับสน้ำหนัก

2.2.2.1 วงจรวีทสโตนบริดจ์ (Wheatstone Bridge)

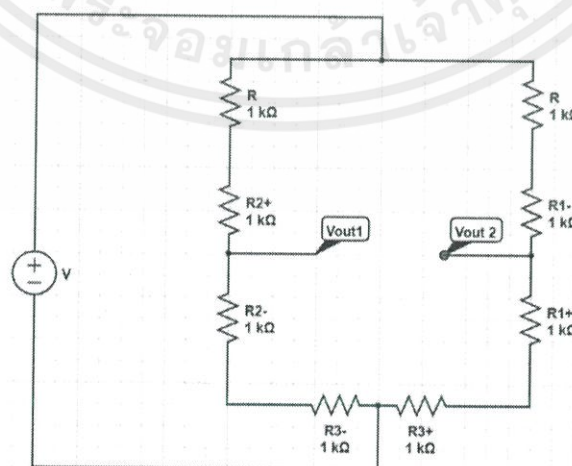
เป็นวงจรที่ประกอบไปด้วย ความต้านทาน 4 ตัว ต่อขนานกัน โดย R_1 จะอนุกรมกับ R_3 และ R_2 จะอนุกรมกับ R_x โดยการทำงานของวงจรในที่นี้จะใช้การเปลี่ยนแปลงของ R_3 และ R_x



รูปที่ 2.2 วงจรวีทสโตนบริดจ์

$$V_{ab} = V_S \left(\frac{R_3}{R_1 + R_3} - \frac{R_x}{R_x + R_2} \right) \quad (2.2)$$

- วงจรวีทสโตนบริดจ์ในรูปแบบจะสังเกตได้ว่าเป็นวงจรที่ใช้ในการทดลองแต่เมื่อนำมาประกอบกับตัวโหลดเซลล์แล้วจะสามารถ มองได้ดังรูปด้านล่าง



รูปที่ 2.3 วงจรวีทสโตนบริดจ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยความต้านทานที่เราใส่ค่าคือ R 1k ด้านบนทั้ง 2 ตัว และตัวต้านทานที่เหลือมาจาก สเตนเกจ โดยโหนดเซลล์ 1 ตัวจะมีความต้านทาน 2 ค่าคือ ค่าบวกและค่าลบ ในการทดลองครั้งนี้เรา ใช้โหนดเซลล์ทั้งหมด 3 ตัวจากการวัด 1 ข้างของอุปกรณ์ คือ R1 R2 R3 ในรูปด้านบน และค่าของ Voutคือค่าระหว่าง Vout1 กับ Vout2 หาได้ดังสมการ

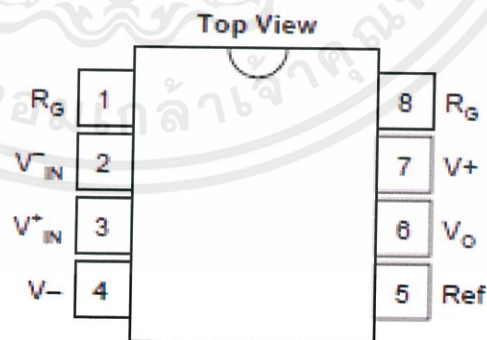
$$V_{out2} - V_{out1} = V_s \left(\frac{(R1+) + (R3+)}{(R1+) + (R3+) + (R1-) + R} - \frac{(R2-) + (R3-)}{(R2-) + (R3-) + (R2+) + R} \right) \quad (2.3)$$

2.2.2.2 ออปแอมป์ina128(Operational Amplifier)

เป็นอุปกรณ์ในการขยายแรงดันจากส่วนของอินพุต ที่ได้จากวงจรบริดจ์ดังกล่าวนำมาขยาย สัญญาณ โดยรูปร่างหน้าตาของออปแอมป์ina128 จะมีลักษณะดังรูป



รูปที่ 2.4 อุปกรณ์ขยายแรงดัน INA128



รูปที่ 2.5 หน้าทีของขาอุปกรณ์ INA128

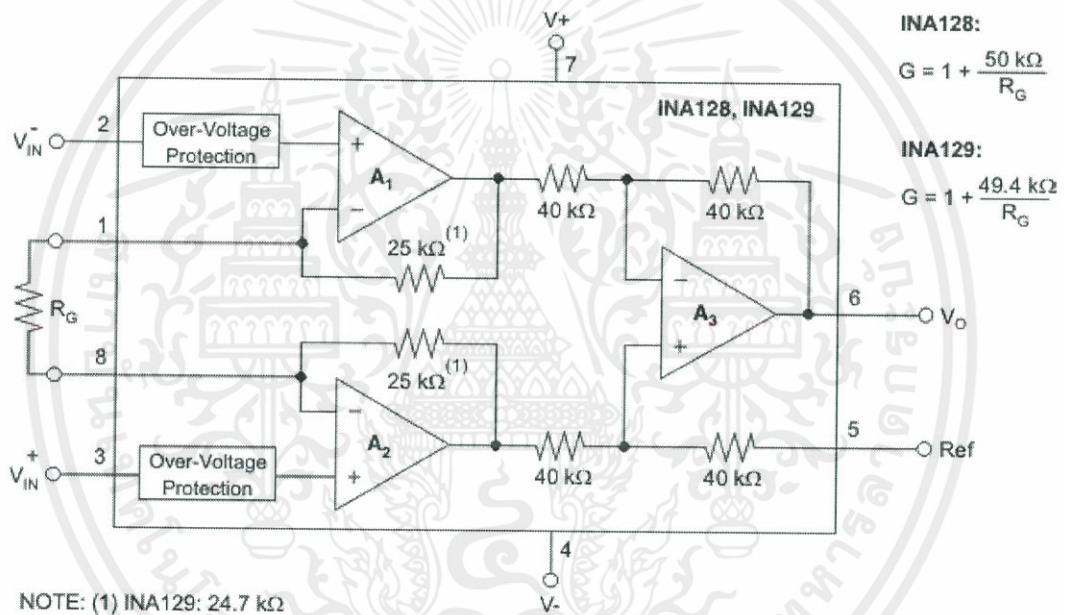
ในแต่ละขาของอุปกรณ์จะมีหน้าที่ต่างกันคือ

ขา 1 มีหน้าที่สำหรับต่อเข้ากับความต้านทานกับขา 8 เพื่อกำหนดอัตราขยายของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขา 2 มีหน้าที่ไว้สำหรับใส่สัญญาณอินพุตที่มีค่าน้อยกว่า
- ขา 3 มีหน้าที่ไว้สำหรับใส่สัญญาณอินพุตที่มีค่ามากกว่า
- ขา 4 มีหน้าที่ไว้สำหรับใส่ไฟเลี้ยงลบ
- ขา 5 มีหน้าที่ไว้กำหนด แรงดันอ้างอิง
- ขา 6 มีหน้าที่ไว้เป็นช่องเอาต์พุตของสัญญาณที่ขยายได้
- ขา 7 มีหน้าที่ไว้สำหรับใส่ไฟเลี้ยงบวก
- ขา 8 มีหน้าที่สำหรับต่อเข้ากับความต้านทานกับขา 1 เพื่อกำหนดอัตราขยายของสัญญาณ

ภายในตัวอุปกรณ์จะประกอบด้วย



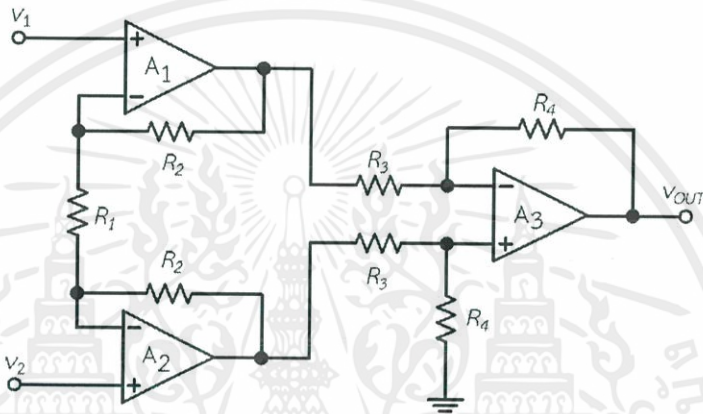
รูปที่ 2.6 วงจรภายในของอุปกรณ์ INA128

ซึ่งเป็นวงจรขยายวงจรขยายอินสตรูเมนต์ (Instrumentation amplifier)

วงจรขยายอินสตรูเมนต์ประกอบด้วยวงจรขยายแรงดันผลต่างภาคที่ 1 ซึ่งมีออปแอมป์ A1 และ A2 ทำหน้าที่ขยายแรงดันผลต่างแบบไม่กลับเฟส และวงจรภาคที่ 2 มีออปแอมป์ A3 ทำหน้าที่ขยายแรงดันผลต่าง

ข้อดีของวงจรขยายอินสตรูเมนต์คือ

1. อัตราขยายแรงดันของวงจรมีค่ามากซึ่งเหมาะสมกับการขยายสัญญาณที่มีขนาดเล็ก เช่น สัญญาณจากอุปกรณ์ตรวจจับ (Sensor signal), สัญญาณชีวภาพ (Biosignal), สัญญาณจากวงจรบริดจ์) และสัญญาณจากวงจรส่วนหน้า (Frontend) ที่มีขนาดเล็ก
2. อัตราการกำจัดสัญญาณโหมตรง่วมสูง (Common mode rejection ratio) ซึ่งโดยปกติแล้วสัญญาณชีวภาพ หรือสัญญาณรบกวนซึ่งซับซ้อนและลบมีลักษณะเหมือนกัน ดังนั้นวงจรขยายอินสตรูเมนต์เหมาะสมที่ใช้ขยายสัญญาณขนาดเล็ก



รูปที่ 2.7 วงจรภายในอุปกรณ์ INA128

การวิเคราะห์ห้วงจรขยายอินสตรูเมนต์สามารถอธิบายได้ดังนี้ แรงดันผลต่าง $V_{o1} - V_{o2}$ มีค่าเท่ากับ

$$V_{o1} - V_{o2} = \left(1 + \frac{2R_2}{R_1}\right)(v_1 - v_2) \quad (2.4)$$

แรงดันเอาต์พุตของออปแอมป์ A_3 มีค่าเท่ากับ

$$V_{out} = -\frac{R_3}{R_4}(V_{o1} - V_{o2}) \quad (2.5)$$

ดังนั้นแรงดันเอาต์พุตของวงจรมีค่าเท่ากับ

$$V_{out} = \frac{R_4}{R_3} \left(1 + \frac{2R_2}{R_1}\right)(V_2 - V_1) \quad (2.6)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราขยายของวงจรมีค่าเท่ากับ

$$A_{vd} = \frac{V_{out}}{V_2 - V_1} = \frac{R_4}{R_3} \left(1 + \frac{2R_2}{R_1}\right) \quad (2.7)$$

2.2.2.3 Arduino UNO R3

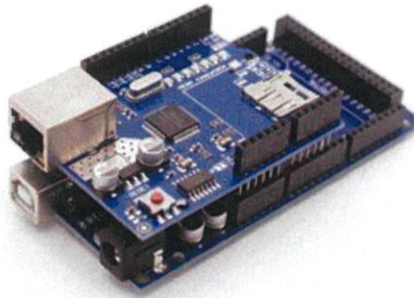
Arduino คือ แพลตฟอร์ม open-source ซึ่งมีส่วนที่เป็นทั้ง Software (Arduino Board) และ Hardware (Arduino IDE) สำหรับการสร้าง Prototype หรืออุปกรณ์ต้นแบบของโปรเจกต์ที่เกี่ยวข้องกับอิเล็กทรอนิกส์และ Embedded System โดย Arduino นั้นถูกออกแบบมาเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน เหมาะกับผู้เริ่มต้น และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ พัฒนาต่อยอดได้หลากหลาย



รูปที่ 2.8 ส่วนประกอบของ Arduino

Arduino Board

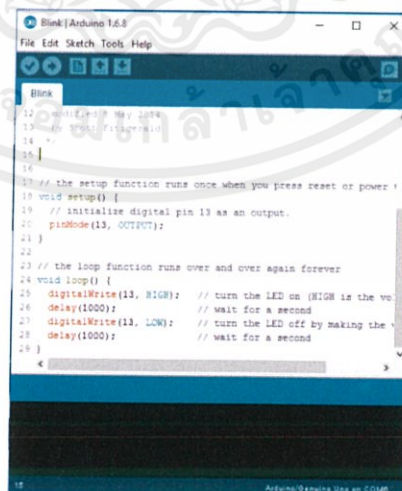
Arduino Board คือ บอร์ด PCB (Printed Circuit Board) ที่ถูกออกแบบมาเป็นพิเศษ โดยมีชิป Microcontroller ที่สามารถโปรแกรมได้สำหรับใช้ในการควบคุมหรือรับค่าจากอุปกรณ์ต่างๆ ผ่านพอร์ต Input และ Output ตัวอย่างการรับค่า Input เช่น การอ่านค่าจากเซ็นเซอร์ การตรวจจับการกดปุ่ม หรือ การรับสัญญาณ Analog ต่างๆ เป็นต้น ส่วนการส่งงาน Output นั้น Arduino ก็สามารถทำได้ เช่น การส่ง Pulse ไปควบคุมมอเตอร์ หรือ การเปิด-ปิดหลอดไฟ LED เป็นต้น นอกจากนี้บอร์ด Arduino ยังสามารถเชื่อมต่อกับวงจรรีเลย์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ จากภายนอกได้ หรือเพื่อให้ง่ายขึ้นไปอีกก็มีนักพัฒนาหลายคนได้ทำบอร์ดเสริมหรือ Arduino Shield ออกมา ซึ่งเป็นบอร์ดวงจรรีเลย์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับทำงานเฉพาะอย่างที่สามารถต่อขึ้นไปเป็นชั้นๆ บนบอร์ด Arduino ได้เลย เช่น Ethernet Shield เป็น Shield ที่มีพอร์ต Ethernet ไว้สำหรับต่อ LAN เป็นต้น



รูปที่ 2.9 Ethernet Shield

Arduino IDE (Arduino Integrated Development Environment)

คือ Software ที่ใช้สำหรับเขียนโค้ด คอมไพล์และอัปโหลดโปรแกรมลงบอร์ดArduino ซึ่งเป็นการบอกกับMicrocontrollerว่าเราต้องการจะให้มันทำงานอะไร ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการจะเขียนโปรแกรมเพื่อสั่งงานให้หลอดLED เปิด-ปิด หรือกระพริบตามที่เรากำหนดได้ หรือถ้าต่อปุ่ม Pushbutton เพิ่มเข้าไปและทำการเขียนโค้ดเพิ่มอีกเล็กน้อย ก็สามารถควบคุมการเปิด-ปิดไฟของหลอดLEDด้วยการกดปุ่มได้แล้ว โดยในการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมArduinoนั้นเราจะใช้ภาษา Arduino Programming Language ซึ่งมีรากฐานมาจากภาษา Wiring ซึ่งเป็น Open-source programming Framework สำหรับ Microcontroller อีกตัวหนึ่ง นิยมใช้ในงานด้านศิลปะเกี่ยวกับ Interactive Art และการทำPrototype ส่วนArduino IDE นั้นก็มีต้นแบบมาจากโปรแกรม Processing Development Environment (PDE) ซึ่งเป็นที่มาของการเขียนโค้ดในรูปแบบ Sketch จะเห็นได้ว่ามีลักษณะคล้ายกับ Arduino IDE



รูปที่ 2.10 Arduino IDE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดเด่นของ Arduino

1. ราคาไม่แพง
2. Cross-platform: Arduino IDE สามารถรันได้บนทุกระบบปฏิบัติการ
3. ง่ายต่อการใช้งาน: ใช้งานง่ายเหมาะกับผู้เริ่มต้น และมีความยืดหยุ่นพอสำหรับการพัฒนาและประยุกต์ใช้งานในระดับสูง
4. Open-source Software: Arduino IDE เป็นโปรแกรม Open source สามารถนำไปพัฒนาต่อได้ รวมถึงเปิดโอกาสให้นักพัฒนาสามารถเขียน libraries เพิ่มเติมด้วยภาษา C++ เพื่อเพิ่มความสะดวกและความง่ายแก่ผู้ใช้งานมากยิ่งขึ้น
5. Open-source Hardware: Arduino อนุญาตให้ผู้ผลิตหรือนักพัฒนานำแบบและลายวงจรของบอร์ด Arduino ไปสร้างหรือพัฒนาเพิ่มเติมได้
6. มีแหล่งข้อมูล และ community จำนวนมาก

2.2..2.3.1 Arduino UNO R3

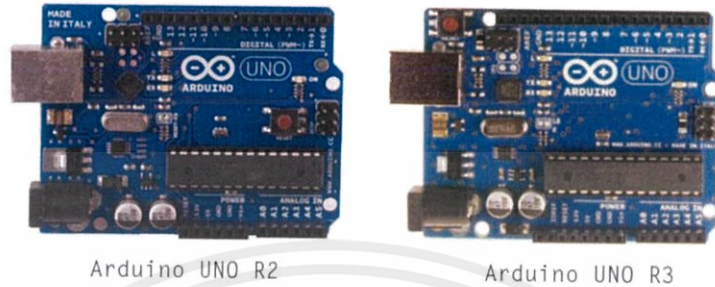
รูปที่ 2.11 ด้านบนของ Arduino UNO R3



รูปที่ 2.12 ด้านหลังของ Arduino UNO R3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Arduino UNO นั้นมีออกมาหลายรุ่นด้วยกัน โดยมีพัฒนาการมาเรื่อยๆตั้งแต่ Arduino UNO รุ่นดั้งเดิม Arduino UNO R2 และพัฒนาจนมาเป็น Arduino UNO รุ่นปัจจุบัน คือ Arduino UNO R3 ซึ่ง “R3” แสดงถึงรุ่นที่ได้ทำการแก้ไขปรับปรุงเป็นครั้งที่ 3 (Third Revision)

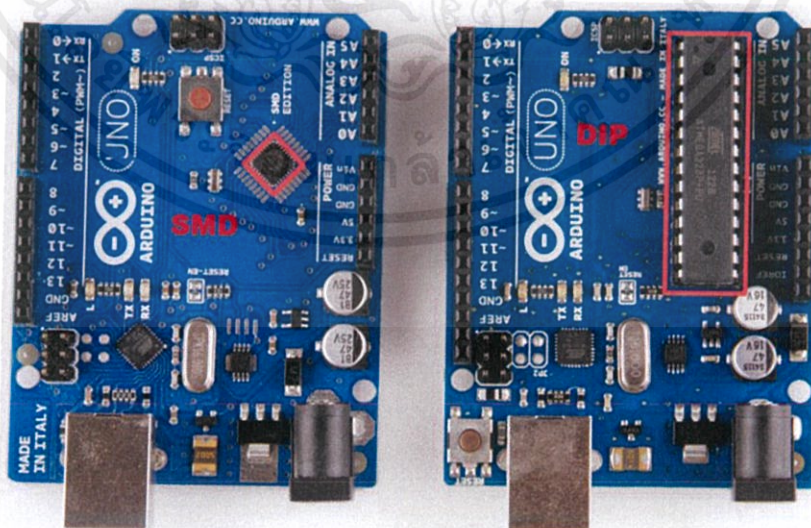


รูปที่ 2.13 Arduino UNO R2 และ Arduino UNO R3

Arduino UNO R3 แบ่งออกเป็น 2 แบบ ตามชนิดของชิป Microcontroller ได้แก่

1. Arduino UNO R3 แบบธรรมดา จะใช้ชิป MCU แบบ DIP (Dual Inline Package) ซึ่งเป็นชิปที่เสียบเข้ากับ Socket สามารถถอดเปลี่ยนได้
2. Arduino UNO R3 SMD จะใช้ชิป MCU แบบ SMD (Surface Mount Device) ซึ่งเป็นชิปที่ถูกบัดกรีติดลงบนบอร์ด บอร์ดลักษณะนี้จะไม่สามารถถอดเปลี่ยนชิปได้ ซึ่งบอร์ดแบบ SMD จะมีต้นทุนที่ถูกกว่าจึงทำให้ราคาถูกกว่าบอร์ดแบบ DIP

แต่ทั้งสองบอร์ดก็มีฟังก์ชัน สเปคและการใช้งานที่เหมือนกันทุกประการ



รูปที่ 2.14 ความแตกต่างชิป Microcontroller ของ Arduino UNO R3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

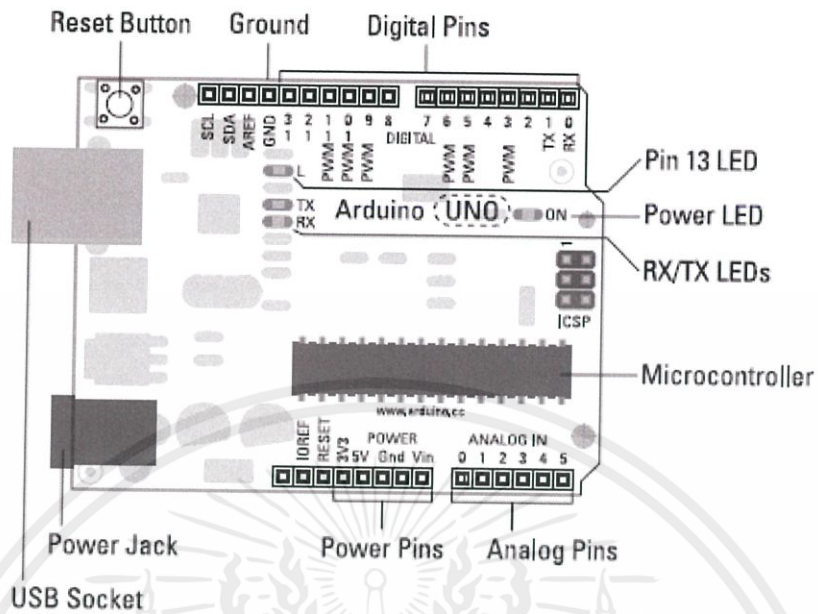
Arduino UNO R3 Specification

ตารางที่ 2.1 Arduino UNO R3 Specification

Microcontroller	ATmega328P
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
PWM Digital I/O Pins	6
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328P) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Clock Speed	16 MHz
Length	68.6 mm
Width	53.4 mm
Weight	25 g

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

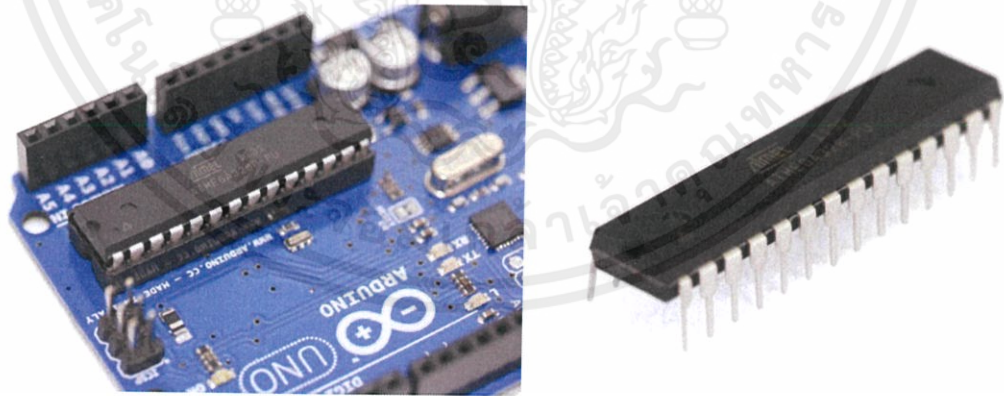
ส่วนประกอบหลักของบอร์ด Arduino UNO R3



รูปที่ 2.15 ส่วนประกอบหลักของบอร์ด Arduino UNO R3

Microcontroller

Arduino UNO R3 จะใช้ชิป Microcontroller เป็นชิป ผลิตโดยบริษัท Atmel ซึ่งส่วนนี้จะเป็นเหมือนสมองของบอร์ด ที่ใช้สำหรับการประมวลผลและควบคุม I/O



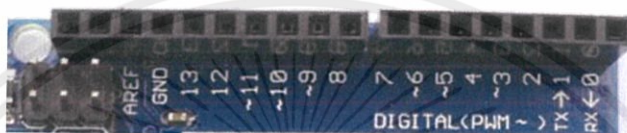
รูปที่ 2.16 ชิป Microcontroller ของ Arduino UNO R3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Header Socket

เป็น Socket ที่เชื่อมต่อมาจากขาของ Microcontroller ซึ่งเรียงอยู่ตรงขอบๆของบอร์ด Arduino ไว้สำหรับต่อสายไฟเพื่อรับค่า Input หรือส่งออก Output โดยจะมี Label กำกับหมายเลข Pin อยู่เพื่อให้สะดวกต่อการใช้งาน โดย Header Socket จะแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มหลัก คือ Digital Pin, Analog in Pin และ Power Pin

- **Digital Pin** เป็น Pin สำหรับรับและส่งสัญญาณที่เป็น Digital โดยมี 2 สถานะ คือ On (0V) หรือ Off (5V)



รูปที่ 2.17 Digital Pin ของ Arduino UNO R3

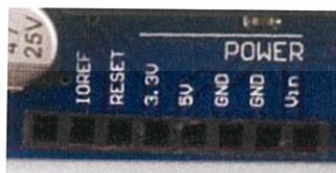
- **Analog in Pin** เป็น Pin สำหรับรับค่าสัญญาณที่เป็น Analog



รูปที่ 2.18 Analog in Pin ของ Arduino UNO R3

- **Power Pin**

เป็น Pin สำหรับจ่ายไฟให้กับอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งจะมีทั้ง 5V และ 3.3V และ Vin โดย Vin จะให้ค่าความต่างศักย์เท่ากับไฟที่ต่อมาจาก external power jack



รูปที่ 2.19 Power Pin ของ Arduino UNO R3

USB Socket

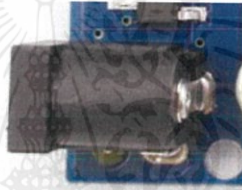
ใช้ในการเชื่อมต่อสาย USB เพื่ออัปโหลดโปรแกรมลงชิป และจ่ายไฟให้กับบอร์ด



รูปที่ 2.20 USB Socket ของ Arduino UNO R3

External Power Jack

เป็นช่องสำหรับนำ Power Adapter มาเสียบเพื่อต่อไฟจากภายนอก



รูปที่ 2.21 External Power Jack ของ Arduino UNO R3

LED

- L: Pin 13 LED (LED on Board) เป็นไฟ LED ที่อยู่บนบอร์ดซึ่งเชื่อมต่อกับ Digital Pin 13 มักใช้สำหรับการทดสอบ



รูปที่ 2.22 LED ที่เชื่อมต่อกับ Digital Pin 13

- ON: Power LED เป็นไฟแสดงสถานะไฟเลี้ยงของบอร์ด โดยถ้าไฟขึ้นสีเขียวแสดงว่า บอร์ดทำงาน



รูปที่ 2.23 Power LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

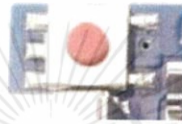
- RX, TX: RX/TX LED เป็นไฟที่แสดงสถานะของการส่งข้อมูลว่าขณะนี้บอร์ดกำลังทำการส่งหรือรับข้อมูลอยู่



รูปที่ 2.24 RX/TX LED

Reset Button

เป็นปุ่มสำหรับ Reset โปรแกรมบนบอร์ดให้หยุดการทำงานเดิมและเริ่มต้นทำงานใหม่ตั้งแต่แรก



รูปที่ 2.25 ปุ่ม Reset

2.4.4.1 คำสั่งพื้นฐานในซีป

ตารางที่ 2.2 คำสั่งพื้นฐานในซีป

คำสั่ง	ความหมาย
pinMode(ขาที่จะใช้ ,OUTPUT)	ตั้งค่าให้ขาเป็นเอาต์พุตใช้ได้ทั้งอะนาล็อกและดิจิตอล
pinMode(ขาที่จะใช้ ,INPUT)	ตั้งค่าให้ขาเป็นอินพุตใช้ได้ทั้งอะนาล็อกและดิจิตอล
digitalWrite(ขาที่จะใช้,สถานะที่จะแสดง)	ส่งขาเป็นเอาต์พุตดิจิตอล เช่น LED หน้าจอ
digitalRead(ขาที่จะใช้)	ส่งขาที่รับอินพุตดิจิตอล เช่น สวิตช์กด เซ็นเซอร์ดิจิตอล
analogWrite(ขาที่จะใช้)	ส่งขาเป็นเอาต์พุตอะนาล็อก เช่น ICควบคุมความเร็วมอเตอร์
analogRead(ขาที่จะใช้)	ส่งขาที่รับอินพุตอะนาล็อก เช่น Rเกือกม้า LDR เซ็นเซอร์วัดระยะทาง
delay(เวลาหน่วยเป็นมิลลิวินาที)	ใช้หน่วงเวลาทำงานก่อนทำงานคำสั่งต่อไป

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

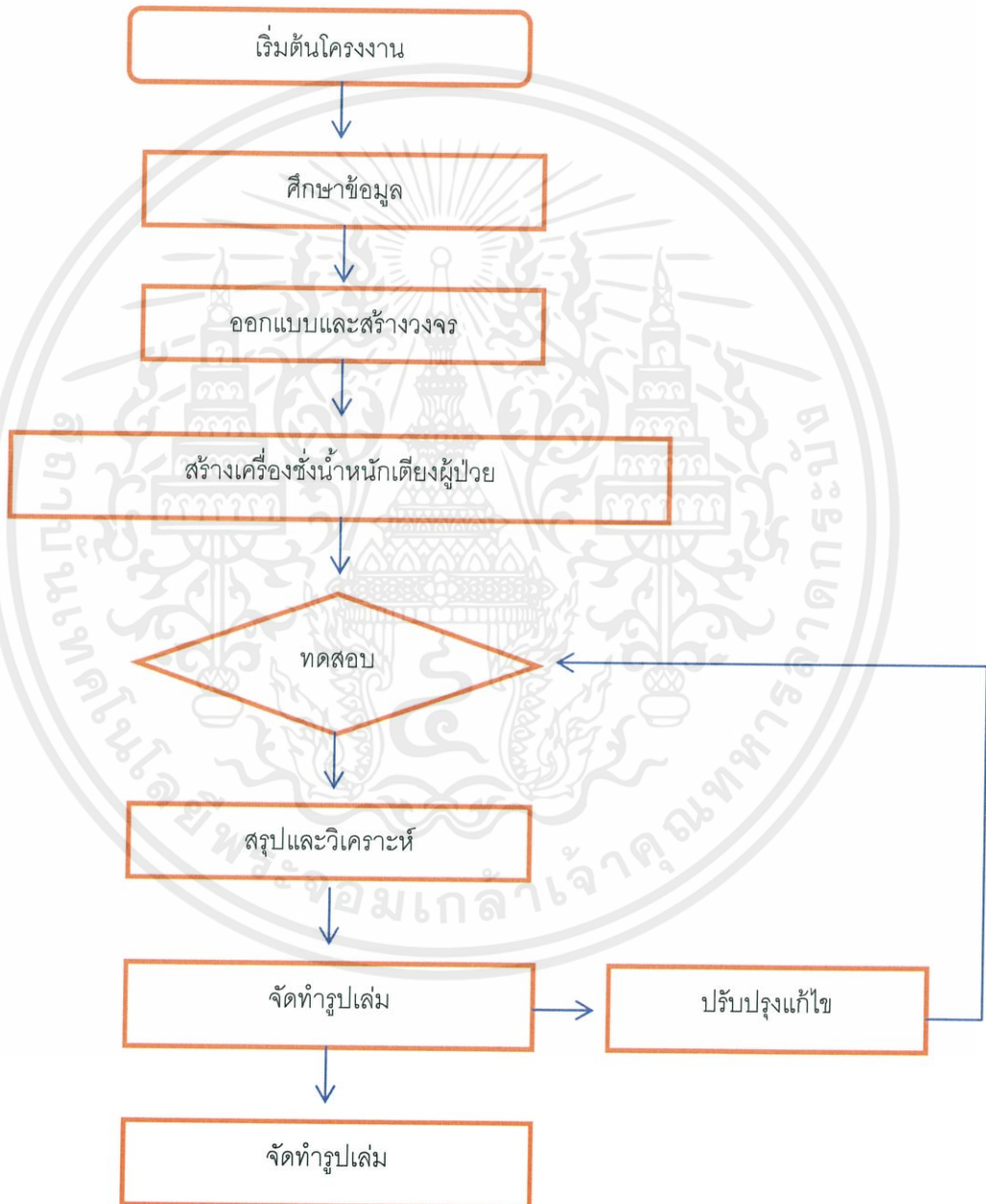
delayMicroseconds(เวลาหน่วยเป็นไมโครวินาที)	ใช้หน่วงเวลาทำงานก่อนทำงานคำสั่งต่อไป
int	ใช้ตั้งชื่อตัวแปรสำหรับตั้งค่าเริ่มต้นที่เป็นตัวเลขหรือจองพื้นที่เก็บตัวเลขหรือตั้งชื่อให้ขา
char	ใช้ตั้งชื่อตัวแปรที่ใช้เก็บตัวอักษร(จองพื้นที่ใช้เก็บอักษร)
Serial.begin(9600)	ตั้งค่าเริ่มต้นเพื่อติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์อัตราเร็ว9600บิตต่อวินาที
Serial.print("คำพูด")	ใช้พิมพ์คำพูดเพื่อให้เห็นผลบนจอคอมแบบไม่เว้นบรรทัด
Serial.println("คำพูด")	ใช้พิมพ์คำพูดเพื่อให้เห็นผลบนจอคอมแบบเว้นบรรทัด
Serial.available()	ใช้ตรวจสอบว่ามีการกดคีย์บอร์ดหรือไม่
Serial.Read()	ใช้อ่านค่าปุ่มคีย์บอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการ

ในการปฏิบัติงานให้สำเร็จลุล่วงได้ตามวัตถุประสงค์ ภายในระยะเวลาที่กำหนดนั้นจำเป็นต้องมีการวางแผนงานในการดำเนินการ เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง แผนโครงการดังกล่าวสามารถเขียนเป็นแผนผังได้ดังนี้



รูปที่ 3.1 แผนผังการทำโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 คุณสมบัติระบบตรวจจับน้ำหนักร

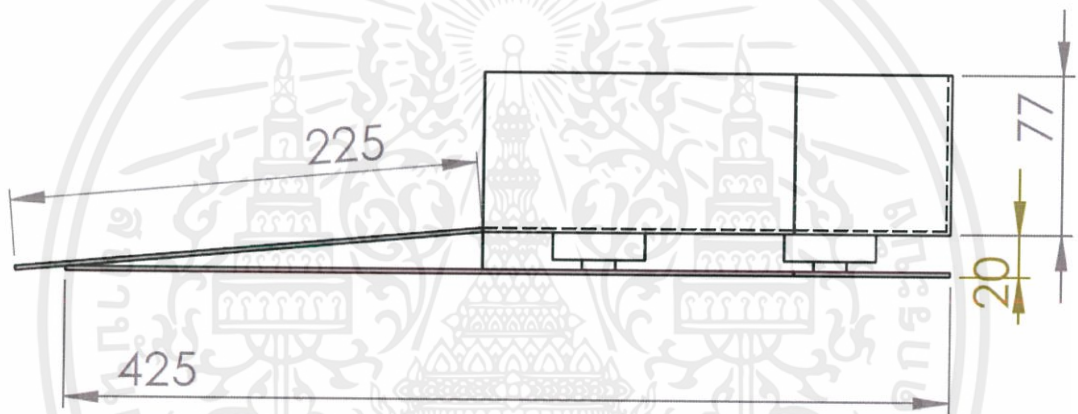
ระบบตรวจจับน้ำหนักรที่ออกแบบมีคุณสมบัติดังนี้

- สามารถรับน้ำหนักรและแสดงผลได้ที่แม่นยำ
- ขาที่ซึ่งต้องสามารถทนต่อแรงกดโดยไม่มีการยุบหรือบิดของอุปกรณ์วัด
- ฐานรองเครื่องซึ่งต้องไม่ขยับในขณะที่มีการลากล้อขึ้นไปอยู่บนตัววัดน้ำหนักร

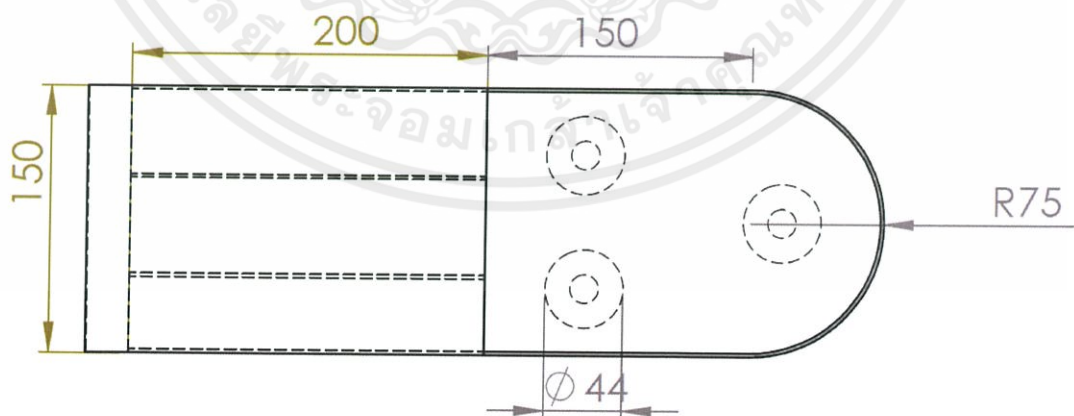
3.2 การเลือกอุปกรณ์

3.2.1 ฐานสำหรับรับน้ำหนักร

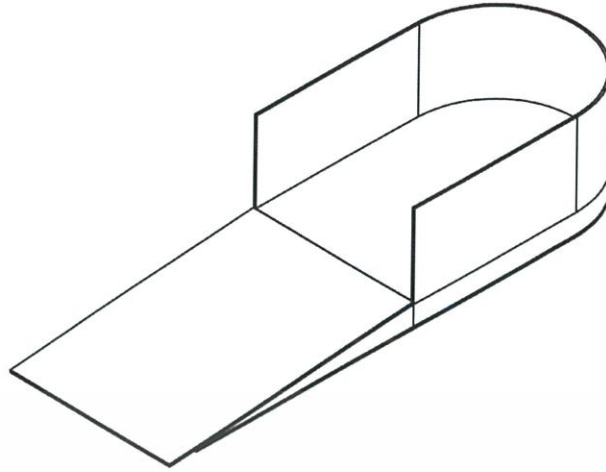
เราใช้วัสดุคือโลหะ ที่มีความหนา 2 มิลลิเมตรทำให้ทนได้แรงกดได้โดยไม่มีการยุบหรือบิด โดยฐานที่ออกแบบจะมีรูปร่างดังนี้



รูปที่ 3.2 ฐานสำหรับรับน้ำหนักร



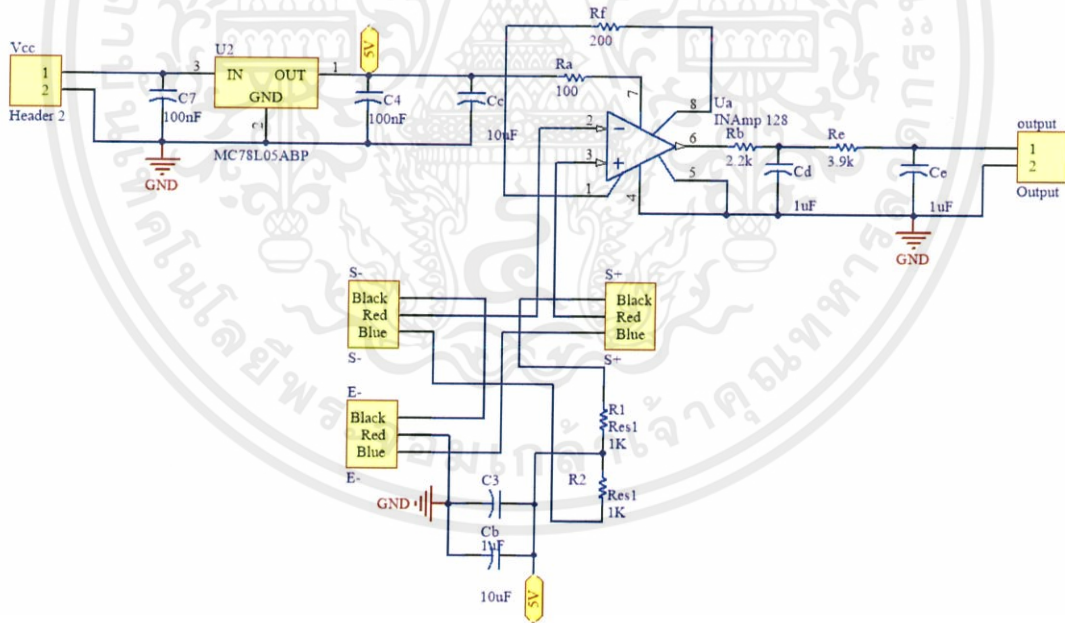
รูปที่ 3.3 ฐานสำหรับรับน้ำหนักร



รูปที่ 3.4 ฐานสำหรับรับน้ำหนักรับ

3.3 การออกแบบวงจร

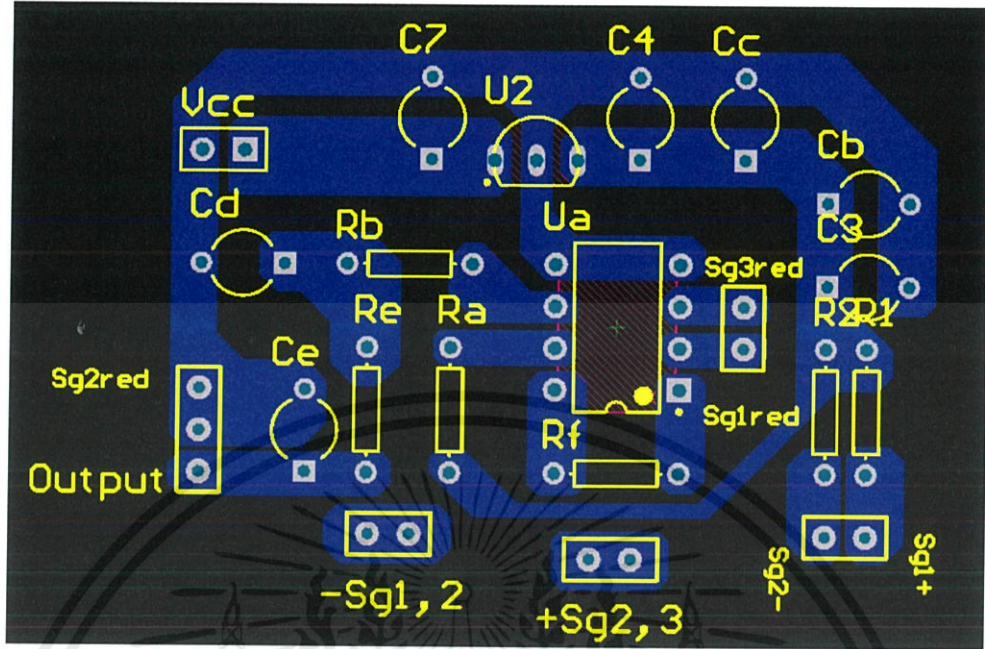
ในการออกแบบวงจรมันจะมีวงจรอยู่ 2 ส่วนนั่นก็คือวงจร อยู่บริเวณใกล้กับตัวฐานรับน้ำหนักที่มีหน้าที่ขยายสัญญาณ



รูปที่ 3.5 Schematic วงจรขยายสัญญาณ

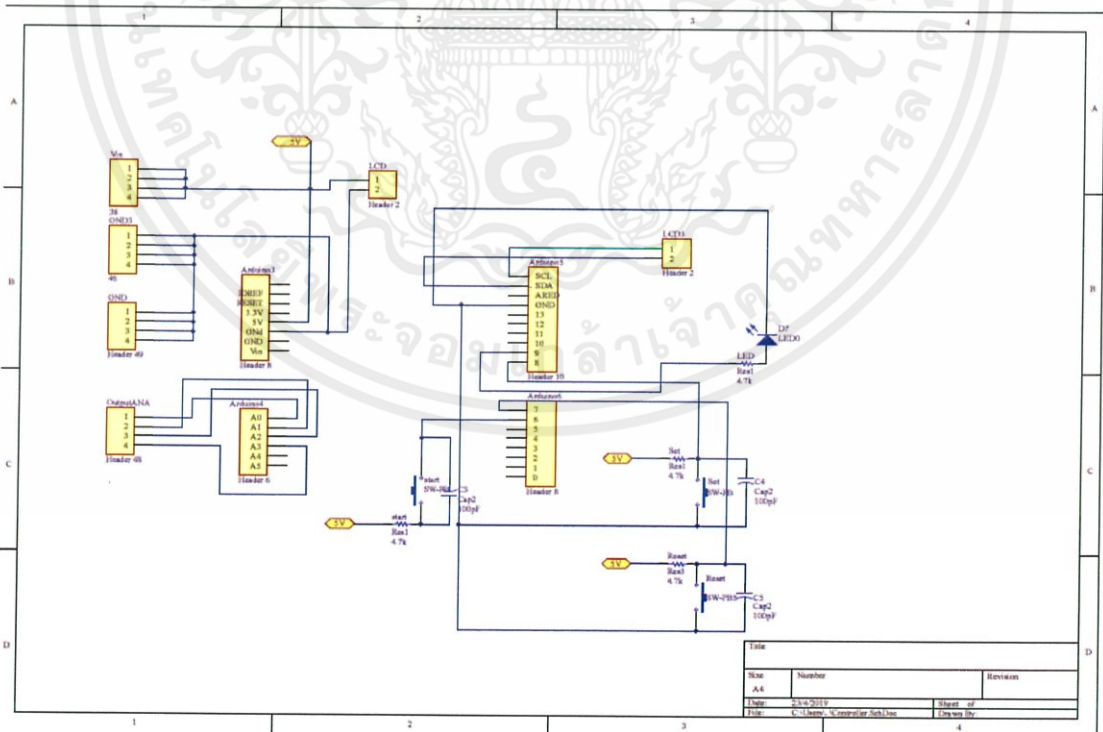
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเมื่อนำวงจร มาลากลาย PCB จะมีลักษณะดังรูป



รูปที่ 3.6 ลายวงจรของวงจรขยายสัญญาณ

และในส่วนของวงจรที่ 2 คือส่วนของวงจรที่ต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์มีรูปร่างดังนี้



รูปที่ 3.7 Schematic วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองของส่วน Vout ในแต่ละข้างของฐานรับน้ำหนัก

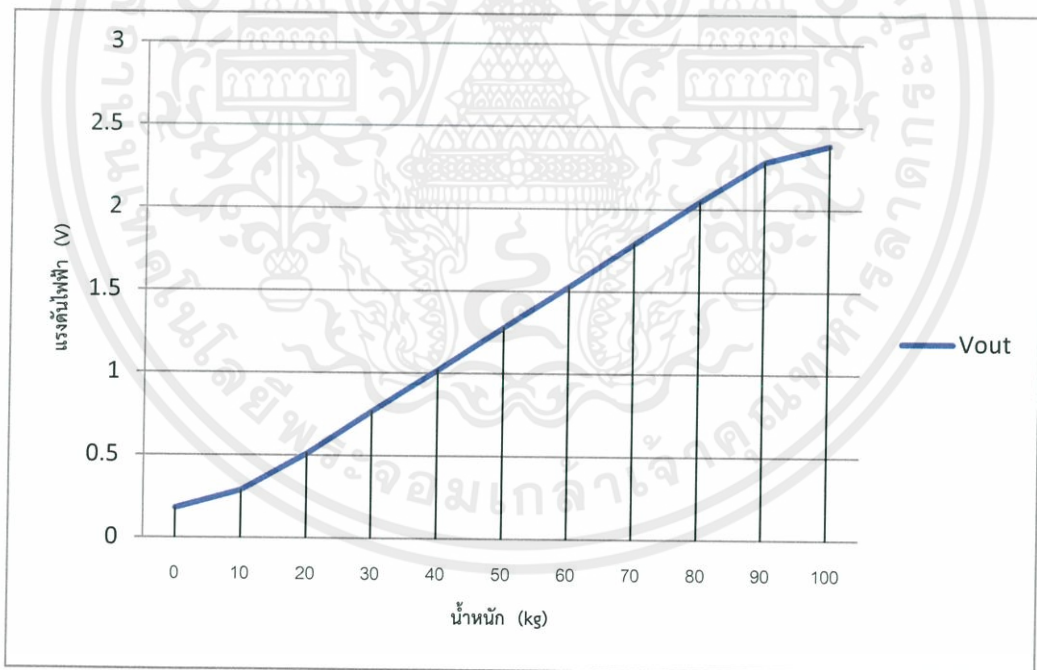
4.1.1 นำฐานรองน้ำหนัก มารับน้ำหนักที่มีค่าต่างกัน 0-100 กิโลกรัม

4.1.2 ต่อโหนดและทำการวัดค่าแรงดันเอาต์พุตแล้วทำการบันทึกค่า

4.1.3 ทำการทดลองซ้ำข้อ 4.1.1 - 4.1.2 โดยเปลี่ยนฐานรองน้ำหนักที่เหลือทั้งหมดตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและแรงดันเอาต์พุตหลังผ่านวงจรขยาย (ฐานรองตัวที่ 1)

Vout (โวลต์)	0.18	0.29	0.51	0.77	1.02	1.28	1.53	1.79	2.05	2.29	2.39
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

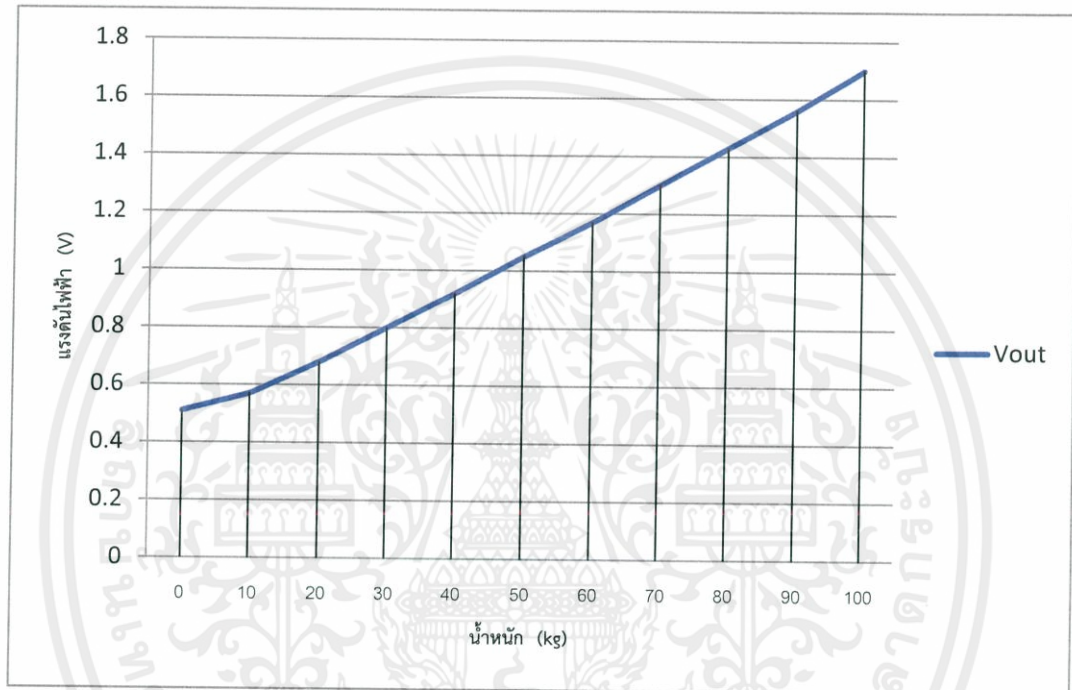


รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับแรงดันเอาต์พุตฐานที่ 1

$$\frac{\Delta V_{out}}{\Delta W} = \frac{2.05 - 0.51}{80 - 20} = 0.0256 \text{ V/kg} \quad (4.1)$$

ตารางที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและแรงดันเอาต์พุตหลังผ่านวงจรถยาย(ฐานรองตัวที่ 2)

Vout (โวลต์)	0.51	0.57	0.68	0.8	0.92	1.05	1.17	1.30	1.43	1.56	1.7
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100



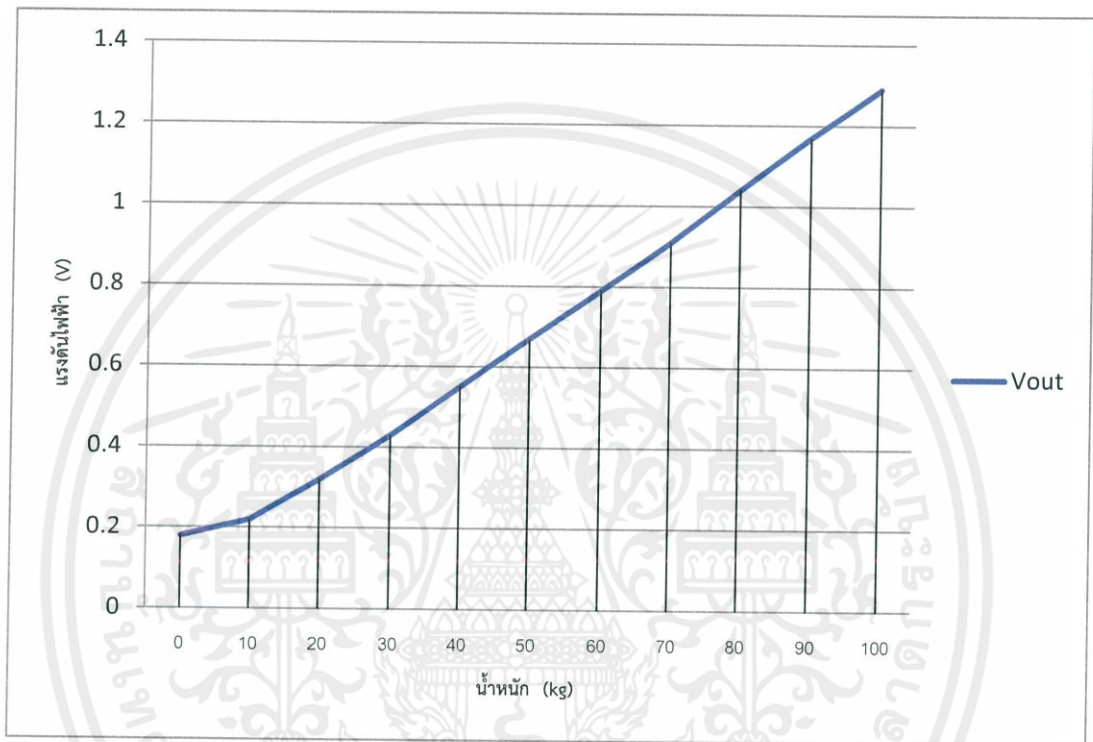
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับแรงดันเอาต์พุตของฐานที่ 2

$$\frac{\Delta V_{out}}{\Delta W} = \frac{1.43 - 0.68}{80 - 20} = 0.0125 \text{ V/kg} \quad (4.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและแรงดันเอาต์พุตหลังจากวงจรมาย(ฐานรองตัวที่ 3)

Vout (โวลต์)	0.18	0.22	0.32	0.43	0.55	0.67	0.79	0.91	1.04	1.17	1.29
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100



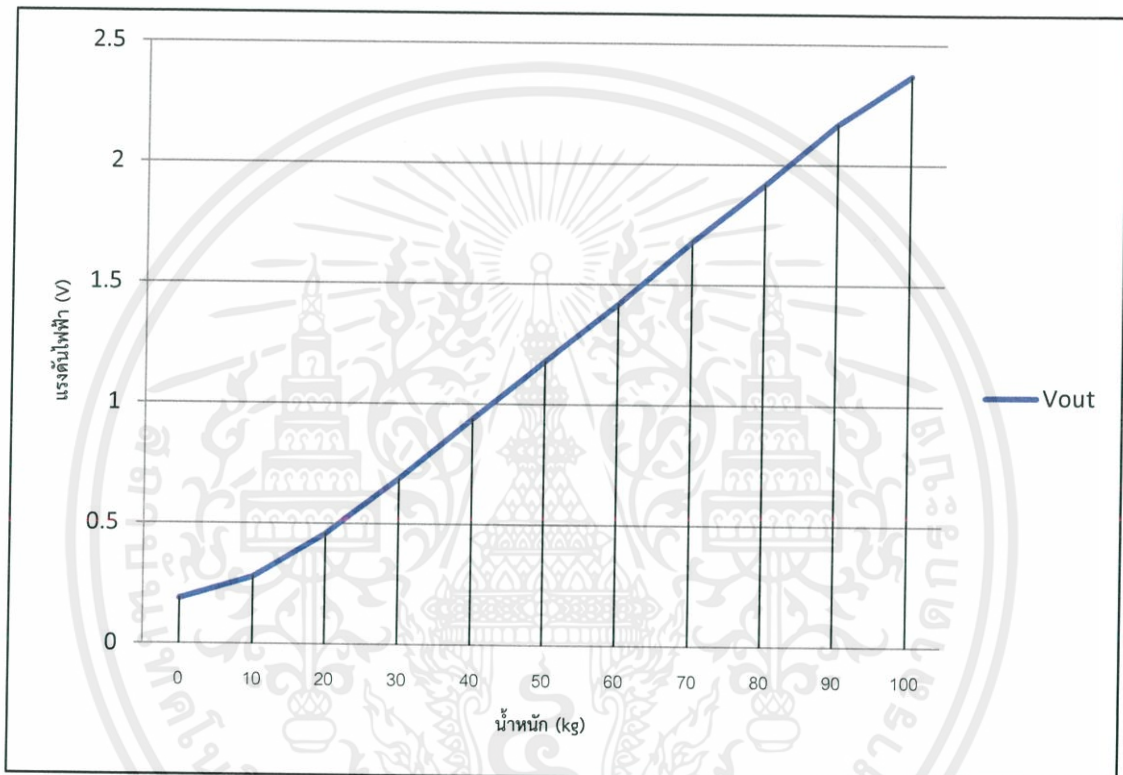
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับแรงดันเอาต์พุตฐานที่ 3

$$\frac{\Delta V_{out}}{\Delta W} = \frac{1.04 - 0.32}{80 - 20} = 0.012 \text{ V/kg} \quad (4.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและแรงดันเอาต์พุตหลังจากผ่านวงจรขยาย(ฐานรองตัวที่ 4)

Vout (โวลต์)	0.19	0.28	0.46	0.69	0.94	1.18	1.42	1.68	1.92	2.17	2.37
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับแรงดันเอาต์พุตฐานที่ 4

$$\frac{\Delta V_{out}}{\Delta W} = \frac{1.92 - 0.46}{80 - 20} = 0.0243 \text{ V/kg} \quad (4.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเมื่อนำฐานรับน้ำหนักทั้ง 4 ด้านมาประกอบต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อแปลงค่าเป็นดิจิตอลและนำมารวมค่าทั้ง 4 ด้าน มีผลดังนี้

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลอง รับน้ำหนักทั้ง 4 ด้านของน้ำหนัก 0- 100 กิโลกรัม มีค่าดังนี้

น้ำหนักจริง (กิโลกรัม)	ค่าที่แสดง (กิโลกรัม)
0	0.0
10	11.3
20	19.9
30	29.8
40	39.8
50	50.31
60	60.22
70	70.31
80	79.80
90	90.26
100	100.56

จากการทดลองพบว่าผลที่แสดงมีความคลาดเคลื่อนอยู่ $\pm 1\%$

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองในการต่อ Load cell พบว่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้ของแต่ละด้านนั้นมี ระดับแรงดันที่ต่ำเราจึงทำการต่อเข้ากับวงจรขยาย (Instrument Amplifier) เพื่อขยาย Output ที่ได้ หลังจากนั้นเราได้ทดลองชั่งน้ำหนัก 0-100 กิโลกรัมเพื่อวัดค่าแรงดันที่ได้และคำนวณหาความชัน ซึ่งมีความจำเป็นในการเขียนโปรแกรม Arduino IDE เพื่อแปลงสัญญาณ ไฟฟ้าที่ขยายได้มาเป็นหน่วยที่เราต้องการ และทำการรวมน้ำหนักทั้ง 4 ช้าง เพื่อแสดงผลผ่านหน้าจอ LCD มีความคลาดเคลื่อนประมาณ 3%

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

ระบบตรวจจบน้ำหนักนี้มีข้อเสียคือเป็นอุปกรณ์ที่มีน้ำหนักพอสมควรและกินพื้นที่บริเวณขาของเตียงผู้ป่วย อาจจะทำให้เกิดความลำบากในการใช้งานพื้นที่บริเวณนี้มากขึ้น และส่วนของการแสดงผล ควรแสดงผลผ่านอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่บริเวณสังเกตได้ง่ายกว่านี้ เรื่องสายไฟระหว่างอุปกรณ์ชั่งน้ำหนัก และแผงวงจร ที่มีหลายสายทำให้สามารถเกิดความลำบากในการเคลื่อนย้ายและติดตั้ง ส่วนการทำงานมีความล่าช้าเนื่องจากผู้จัดทำขาดประสบการณ์และความชำนาญในการปฏิบัติงานใช้เวลาในส่วนของ การหาความรู้และการออกแบบรวมถึงการทดสอบวงจรไปเป็นเวลานาน การเลือกอุปกรณ์ที่ไม่เหมาะสม รวมถึงการจัดเหตุการณ์ที่ทำให้เกิดปัญหาเฉพาะหน้า ทำให้หลายๆอย่างล่าช้ากว่ากำหนดและทำออกมาได้ไม่ดีเท่าที่ควรจะเป็น แต่เนื่องจากได้รับการช่วยเหลือและได้รับคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษารุ่นพี่และเพื่อนๆที่มีประสบการณ์จึงทำให้เกิดความเข้าใจและความรู้มากขึ้นจึงสามารถทำโครงการนี้จนเสร็จสมบูรณ์ขึ้นมาได้

เอกสารอ้างอิง

1. Donald A. Neamen “Microelectronic Circuit Analysis and Design”
2. Adel S. Sedra, Kenneth C. Smith “Microelectronic Circuit”
3. Behzad Razavi “Fundamental of Microelectronics”
4. รศ.ดร.มนตรี ศิริปรัชยานันท์) “เอกสารประกอบการสอนวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์”



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INA12x Precision, Low-Power Instrumentation Amplifiers

A newer version of this device is now available: INA828

1 Features

- A newer version of this device is now available: [INA828](#)
- Low offset voltage: 50 μV maximum
- Low drift: 0.5 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ maximum
- Low Input Bias Current: 5 nA maximum
- High CMR: 120 dB minimum
- Inputs protected to $\pm 40\text{ V}$
- Wide supply range: $\pm 2.25\text{ V}$ to $\pm 18\text{ V}$
- Low quiescent current: 700 μA
- Packages: 8-pin plastic DIP, SO-8

2 Applications

- Bridge amplifier
- Thermocouple amplifier
- RTD sensor amplifier
- Medical instrumentation
- Data acquisition

3 Description

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

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

The INA12x is available in 8-pin plastic DIP and SO-8 surface-mount packages, specified for the -40°C to $+85^\circ\text{C}$ temperature range. The INA128 is also available in a dual configuration, the INA2128.

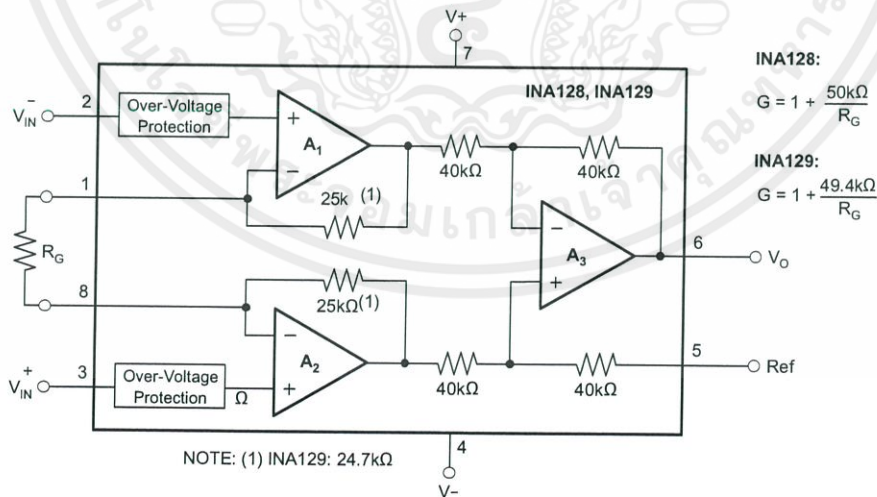
The upgraded [INA828](#) offers a lower input bias current (0.6 nA maximum) and lower noise (7 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$) at the same quiescent current. See the [Device Comparison Table](#) for a selection of precision instrumentation amplifiers from Texas Instruments.

Device Information⁽¹⁾

PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
INA128, INA129	SOIC (8)	3.91 mm × 4.90 mm
	PDIP (8)	6.35 mm × 9.81 mm

(1) For all available packages, see the package option addendum at the end of the data sheet.

Simplified Schematic



IMPORTANT NOTICE at the end of this data sheet addresses availability, warranty, changes, use in safety-critical applications, intellectual property matters and other important disclaimers. PRODUCTION DATA.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table of Contents

1 Features	1	8.4 Device Functional Modes	13
2 Applications	1	9 Application and Implementation	14
3 Description	1	9.1 Application Information	14
4 Revision History	2	9.2 Typical Application	14
5 Device Comparison Table	3	10 Power Supply Recommendations	18
6 Pin Configuration and Functions	4	10.1 Low Voltage Operation	18
7 Specifications	4	11 Layout	20
7.1 Absolute Maximum Ratings	4	11.1 Layout Guidelines	20
7.2 ESD Ratings	4	11.2 Layout Example	20
7.3 Recommended Operating Conditions	5	12 Device and Documentation Support	21
7.4 Thermal Information	5	12.1 Related Links	21
7.5 Electrical Characteristics	5	12.2 Receiving Notification of Documentation Updates	21
7.6 Typical Characteristics	8	12.3 Community Resources	21
8 Detailed Description	12	12.4 Trademarks	21
8.1 Overview	12	12.5 Electrostatic Discharge Caution	21
8.2 Functional Block Diagram	12	12.6 Glossary	21
8.3 Feature Description	12	13 Mechanical, Packaging, and Orderable Information	21

4 Revision History

NOTE: Page numbers for previous revisions may differ from page numbers in the current version.

Changes from Revision D (January 2018) to Revision E	Page
• Added information about the newer, upgraded INA828	1
• Added <i>Device Comparison Table</i>	3

Changes from Revision C (October 2015) to Revision D	Page
• Added top navigator icon for TI Reference Design	1
• Changed " $\pm 0.5 \pm 0/G$ " to " $\pm 0.5 \pm 20/G$ " in MAX column of Offset voltage RTI vs temperature row of <i>Electrical Characteristics</i>	5

Changes from Revision B (February 2005) to Revision C	Page
• Added <i>ESD Ratings</i> table, <i>Feature Description</i> section, <i>Device Functional Modes</i> , <i>Application and Implementation</i> section, <i>Power Supply Recommendations</i> section, <i>Layout</i> section, <i>Device and Documentation Support</i> section, and <i>Mechanical, Packaging, and Orderable Information</i> section	1

5 Device Comparison Table

DEVICE	DESCRIPTION	GAIN EQUATION	RG PINS AT PIN
INA828	50- μ V Offset, 0.5 μ V/ $^{\circ}$ C V_{OS} drift, 7-nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ Noise, Low-Power, Precision Instrumentation Amplifier	$G = 1 + 50 \text{ k}\Omega / \text{RG}$	1, 8
INA819	35- μ V Offset, 0.4 μ V/ $^{\circ}$ C V_{OS} drift, 8-nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ Noise, Low-Power, Precision Instrumentation Amplifier	$G = 1 + 50 \text{ k}\Omega / \text{RG}$	2, 3
INA821	35- μ V Offset, 0.4 μ V/ $^{\circ}$ C V_{OS} drift, 7-nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ Noise, High-Bandwidth, Precision Instrumentation Amplifier	$G = 1 + 49.4 \text{ k}\Omega / \text{RG}$	2, 3
INA828	50- μ V Offset, 0.5 μ V/ $^{\circ}$ C V_{OS} drift, 7-nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ Noise, Low-Power, Precision Instrumentation Amplifier	$G = 1 + 50 \text{ k}\Omega / \text{RG}$	1, 8
INA333	25- μ V V_{OS} , 0.1 μ V/ $^{\circ}$ C V_{OS} drift, 1.8-V to 5-V, RRO, 50- μ A I_Q , chopper-stabilized INA	$G = 1 + 100 \text{ k}\Omega / \text{RG}$	1, 8
PGA280	20-mV to ± 10 -V programmable gain IA with 3-V or 5-V differential output; analog supply up to ± 18 V	digital programmable	N/A
INA159	$G = 0.2$ V differential amplifier for ± 10 -V to 3-V and 5-V conversion	$G = 0.2 \text{ V/V}$	N/A
PGA112	Precision programmable gain op amp with SPI	digital programmable	N/A



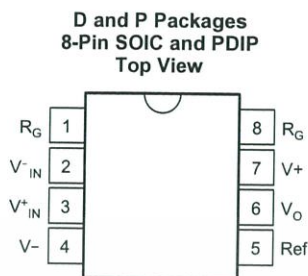
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INA128, INA129

SBOS051E – OCTOBER 1995 – REVISED APRIL 2019

www.ti.com

6 Pin Configuration and Functions



Pin Functions

PIN		I/O	DESCRIPTION
NAME	NO.		
REF	5	I	Reference input. This pin must be driven by low impedance or connected to ground.
R _G	1,8	—	Gain setting pin. For gains greater than 1, place a gain resistor between pin 1 and pin 8.
V-	4	—	Negative supply
V+	7	—	Positive supply
V _{IN-}	2	I	Negative input
V _{IN+}	3	I	Positive input
V _O	6	I	Output

7 Specifications

7.1 Absolute Maximum Ratings

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted) ⁽¹⁾

	MIN	MAX	UNIT
Supply voltage		±18	V
Analog input voltage		±40	V
Output short circuit (to ground)		continuous	
Operating temperature	–40	125	°C
Junction temperature		150	°C
Lead temperature (soldering, 10 seconds)		300	°C
Storage temperature, T _{stg}	–55	125	°C

(1) Stresses beyond those listed under *Absolute Maximum Ratings* may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, which do not imply functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under *Recommended Operating Conditions*. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

7.2 ESD Ratings

			VALUE	UNIT
V _(ESD)	Electrostatic discharge	Human-body model (HBM), per ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 ⁽¹⁾	±2000	V
		Charged-device model (CDM), per JEDEC specification JESD22-C101 ⁽²⁾	±50	

(1) JEDEC document JEP155 states that 500-V HBM allows safe manufacturing with a standard ESD control process.

(2) JEDEC document JEP157 states that 250-V CDM allows safe manufacturing with a standard ESD control process.

7.3 Recommended Operating Conditions

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

	MIN	NOM	MAX	UNIT
V power supply	±2.25	±15	±18	V
Input common-mode voltage range for $V_O = 0$	$V - 2$ V		$V + -2$ V	
T_A operating temperature INA128-HT	-55		175	°C
T_A operating temperature INA129-HT	-55		210	°C

7.4 Thermal Information

THERMAL METRIC ⁽¹⁾		INA12x		UNIT
		D (SOIC)	P (PDIP)	
		8 PINS	8 PINS	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-ambient thermal resistance	110	46.1	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	Junction-to-case (top) thermal resistance	57	34.1	°C/W
$R_{\theta JB}$	Junction-to-board thermal resistance	54	23.4	°C/W
Ψ_{JT}	Junction-to-top characterization parameter	11	11.3	°C/W
Ψ_{JB}	Junction-to-board characterization parameter	53	23.2	°C/W

(1) For more information about traditional and new thermal metrics, see the *Semiconductor and IC Package Thermal Metrics* application report.

7.5 Electrical Characteristics

 at $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 15$ V, and $R_L = 10$ k Ω (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNIT
INPUT							
Offset voltage, RTI	Initial	$T_A = 25^\circ\text{C}$	INA128P, U INA129P, U		±10±100/G	±50±500/G	μV
			INA128PA, UA INA129PA, UA		±25±100/G	±125±1000/G	
	vs temperature	$T_A = T_{\text{MIN}}$ to T_{MAX}	INA128P, U INA129P, U		±0.2±2/G	±0.5±20/G	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
			INA128PA, UA INA129PA, UA		±0.2±5/G	±1±20/G	
	vs power supply	$V_S = \pm 2.25$ V to ± 18 V	INA128P, U INA129P, U		±0.2±20/G	±1±100/G	$\mu\text{V}/\text{V}$
	Long-term stability		INA128PA, UA INA129PA, UA			±2±200/G	
Impedance	Differential				$10^{10} \parallel 2$		$\Omega \parallel \text{pF}$
	Common mode				$10^{11} \parallel 9$		
Common-mode voltage range ⁽¹⁾		$V_O = 0$ V		(V+) - 2	(V+) - 1.4		V
				(V...) + 2	(V-) + 1.7		
Safe input voltage						±40	V

(1) Input common-mode range varies with output voltage; see *Typical Characteristics*.

INA128, INA129

SBOS051E – OCTOBER 1995 – REVISED APRIL 2019

www.ti.com

Electrical Characteristics (continued)

at $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 15\text{ V}$, and $R_L = 10\text{ k}\Omega$ (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNIT		
Common-mode rejection		$V_{CM} = \pm 13\text{ V}$, $\Delta R_S = 1\text{ k}\Omega$	G = 1	INA128P, U INA129P, U	80	86	dB		
				INA128PA, UA INA129PA, UA	73				
			G = 10	INA128P, U INA129P, U	100	106			
				INA128PA, UA INA129PA, UA	93				
			G = 100	INA128P, U INA129P, U	120	125			
				INA128PA, UA INA129PA, UA	110				
			G = 1000	INA128P, U INA129P, U	120	130			
				INA128PA, UA INA129PA, UA	110				
Bias current							nA		
								INA128P, U INA129P, U	± 2
Bias current vs temperature							$\text{pA}/^\circ\text{C}$		
								INA128PA, UA INA129PA, UA	
Offset current							nA		
Offset current vs temperature							$\text{pA}/^\circ\text{C}$		
Noise voltage, RTI	f = 10 Hz	G = 1000, $R_S = 0\Omega$					nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$		
								f = 100 Hz	10
								f = 1 kHz	8
								$f_B = 0.1\text{ Hz to }10\text{ Hz}$	8
Noise current	f = 10 Hz						μV_{PP}		
	f = 1 kHz						$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$		
	$F_B = 0.1\text{ Hz to }10\text{ Hz}$						pA_{PP}		
GAIN⁽²⁾									
Gain equation	INA128						V/V		
	INA129						V/V		
Range of gain				1		10000	V/V		
Gain error			G = 1	INA128P, U INA129P, U	$\pm 0.01\%$	$\pm 0.024\%$			
				INA128PA, UA INA129PA, UA		$\pm 0.01\%$			
			G = 10	INA128P, U INA129P, U	$\pm 0.02\%$	$\pm 0.4\%$			
				INA128PA, UA INA129PA, UA		$\pm 0.5\%$			
			G = 100	INA128P, U INA129P, U	$\pm 0.05\%$	$\pm 0.5\%$			
				INA128PA, UA INA129PA, UA		$\pm 0.7\%$			
			G = 1000	INA128P, U INA129P, U	$\pm 0.5\%$	$\pm 1\%$			
				INA128PA, UA INA129PA, UA		$\pm 2\%$			

(2) Nonlinearity measurements in G = 1000 are dominated by noise. Typical non-linearity is $\pm 0.001\%$.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (continued)

 at $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 15\text{ V}$, and $R_L = 10\text{ k}\Omega$ (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Gain vs temperature ⁽³⁾	$G = 1$		± 1	± 10	ppm/°C
	50-k Ω (or 49.4-k Ω) Resistance ⁽³⁾⁽⁴⁾		± 25	± 100	
Nonlinearity	$V_O = \pm 13.6\text{ V}$, $G = 1$	INA128P, U INA129P, U	± 0.0001	± 0.001	% of FSR
		INA128PA, UA INA129PA, UA		± 0.002	
	$G = 10$	INA128P, U INA129P, U	± 0.0003	± 0.002	
		INA128PA, UA INA129PA, UA		± 0.004	
	$G = 100$	INA128P, U INA129P, U	± 0.0005	± 0.002	
		INA128PA, UA INA129PA, UA		± 0.004	
$G = 1000$		± 0.001	$>$		
OUTPUT⁽²⁾					
Voltage	Positive	$R_L = 10\text{ k}\Omega$	$(V+) - 1.4$	$(V+) - 0.9$	V
	Negative	$R_L = 10\text{ k}\Omega$	$(V-) + 1.4$	$(V-) + 0.8$	
Load capacitance stability			1000		pF
Short-circuit current			6/–15		mA
FREQUENCY RESPONSE					
Bandwidth, –3 dB	$G = 1$		1.3		MHz
	$G = 10$		700		kHz
	$G = 100$		200		
	$G = 1000$		20		
Slew rate	$V_O = \pm 10\text{ V}$, $G = 10$		4		V/ μs
Settling time, 0.01%	$G = 1$		7		μs
	$G = 10$		7		
	$G = 100$		9		
	$G = 1000$		80		
Overload recovery	50% overdrive		4		μs
POWER SUPPLY					
Voltage range		± 2.25	± 15	± 18	V
Current, total	$V_{IN} = 0\text{ V}$		± 700	± 750	μA
TEMPERATURE RANGE					
Specification		–40		85	°C
Operating		–40		125	°C

(3) Specified by wafer test.

 (4) Temperature coefficient of the 50 k Ω (or 49.4 k Ω) term in the gain equation.

INA128, INA129

SBOS051E –OCTOBER 1995–REVISED APRIL 2019

www.ti.com

7.6 Typical Characteristics

at $T_A = 25^\circ\text{C}$ and $V_S = \pm 15\text{ V}$ (unless otherwise noted)

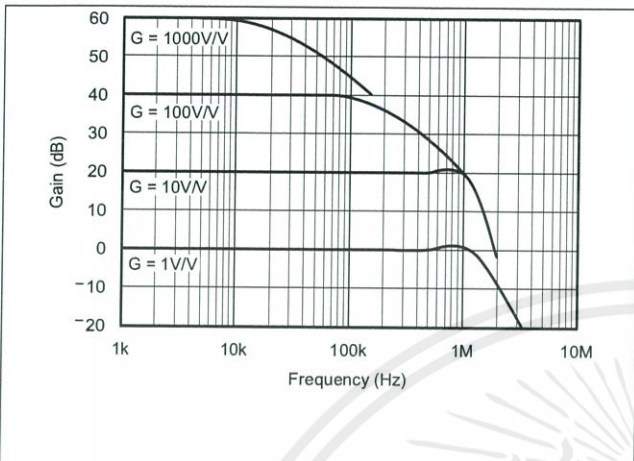


Figure 1. Gain vs Frequency

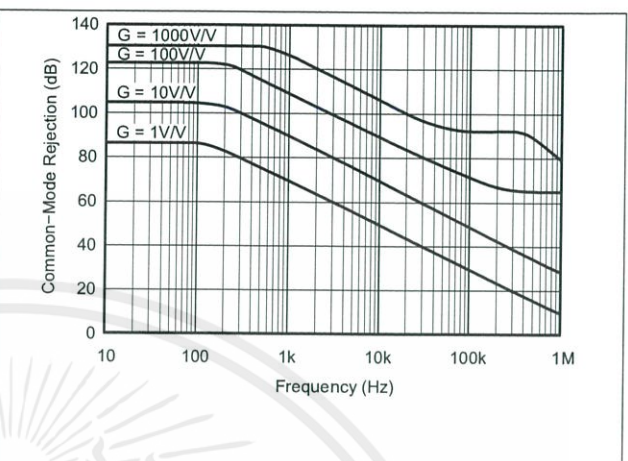


Figure 2. Common-Mode Rejection vs Frequency

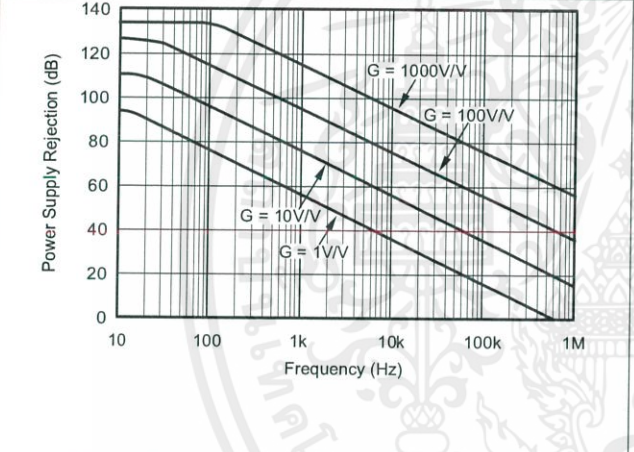


Figure 3. Positive Power Supply Rejection vs Frequency

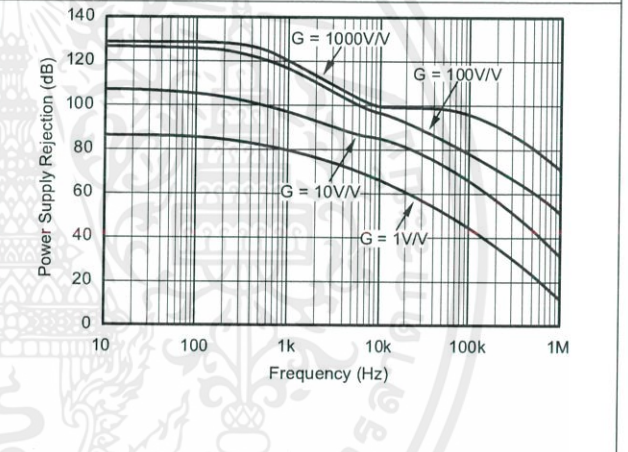


Figure 4. Negative Power Supply Rejection vs Frequency

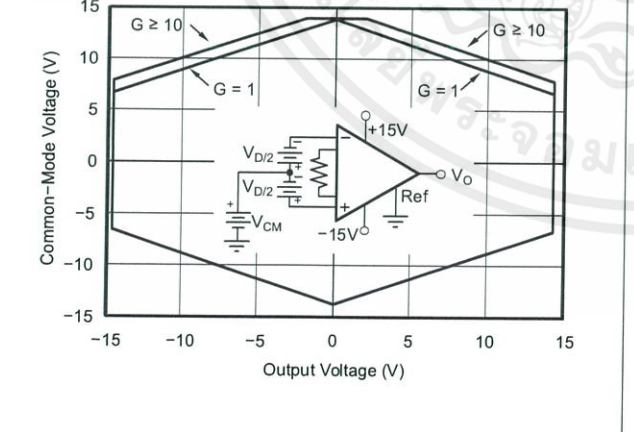


Figure 5. Input Common-Mode Range vs Output Voltage, $V_S = \pm 15\text{ V}$

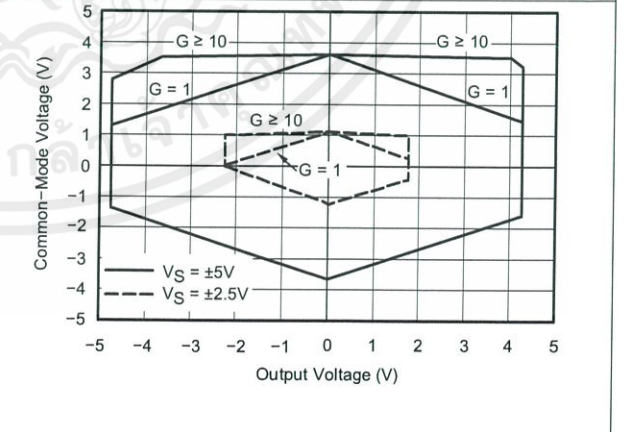


Figure 6. Input Common-Mode Range vs Output Voltage, $V_S = \pm 5\text{ V}, \pm 2.5\text{ V}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Characteristics (continued)

at $T_A = 25^\circ\text{C}$ and $V_S = \pm 15\text{ V}$ (unless otherwise noted)

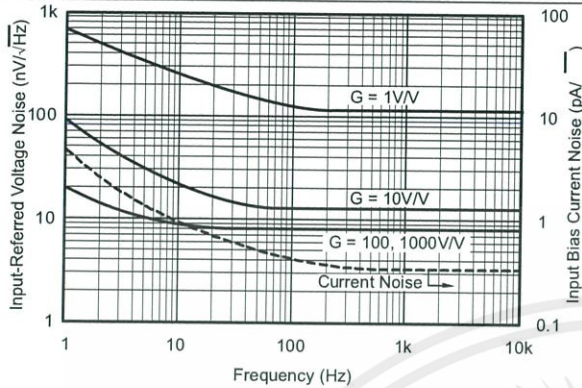


Figure 7. Input-Referred Noise vs Frequency

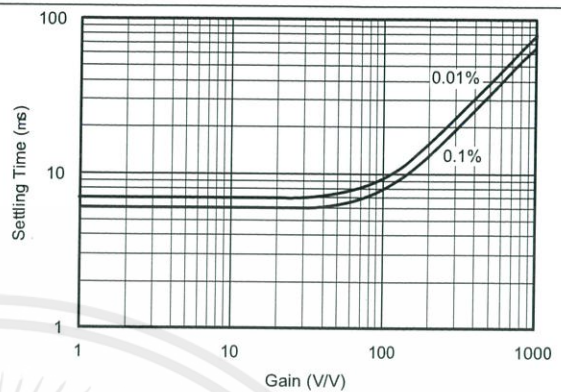


Figure 8. Settling Time vs Gain

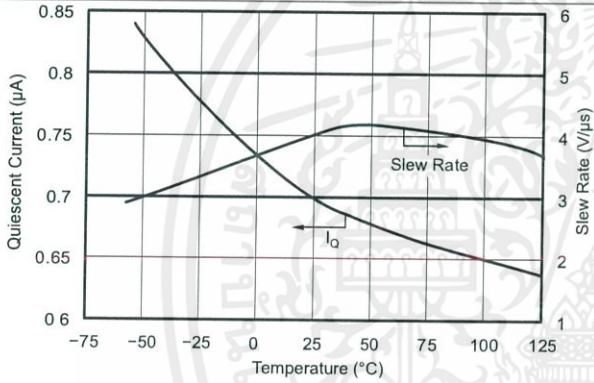


Figure 9. Quiescent Current and Slew Rate vs Temperature

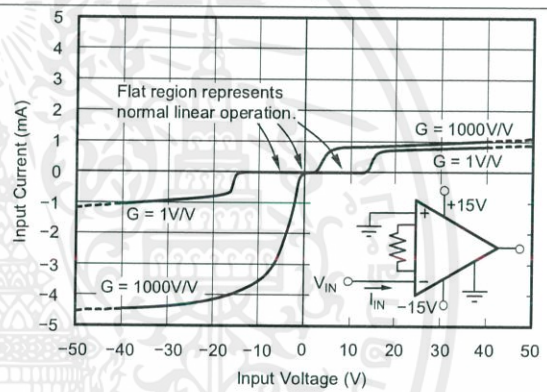


Figure 10. Input Overvoltage V_I Characteristics

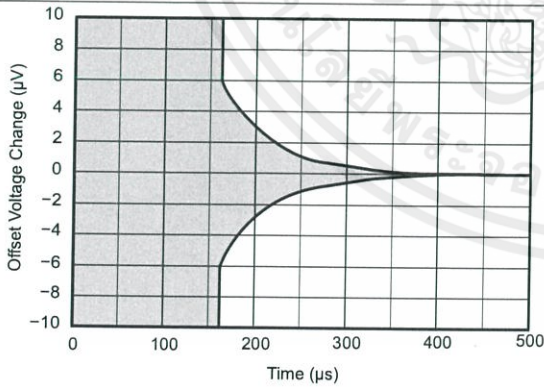


Figure 11. Input Offset Voltage Warm-Up

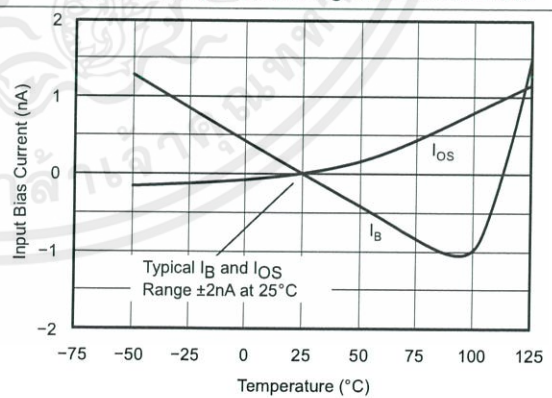


Figure 12. Input Bias Current vs Temperature

INA128, INA129

SBOS051E – OCTOBER 1995 – REVISED APRIL 2019

www.ti.com

Typical Characteristics (continued)

at $T_A = 25^\circ\text{C}$ and $V_S = \pm 15\text{ V}$ (unless otherwise noted)

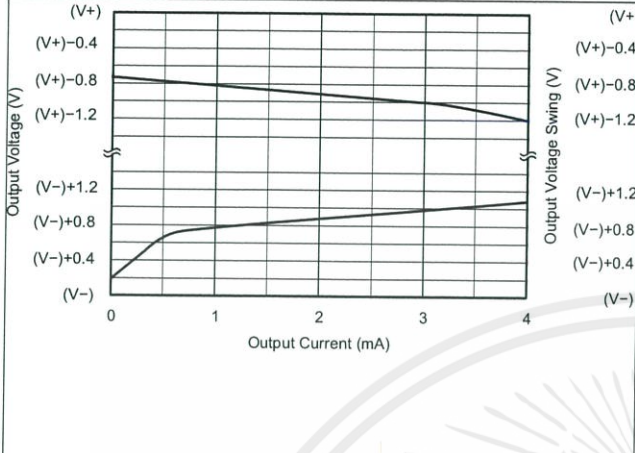


Figure 13. Output Voltage Swing vs Output Current

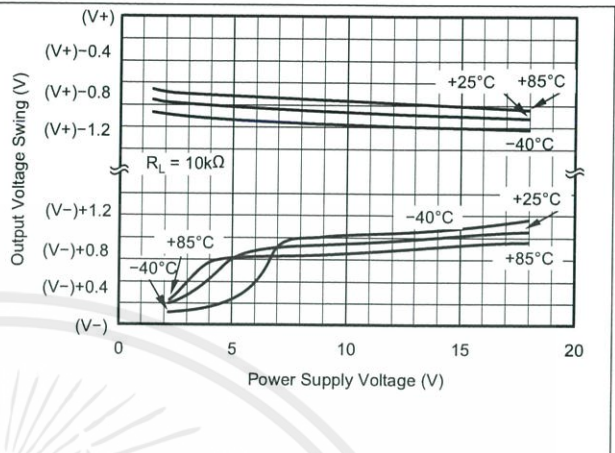


Figure 14. Output Voltage Swing vs Power Supply Voltage

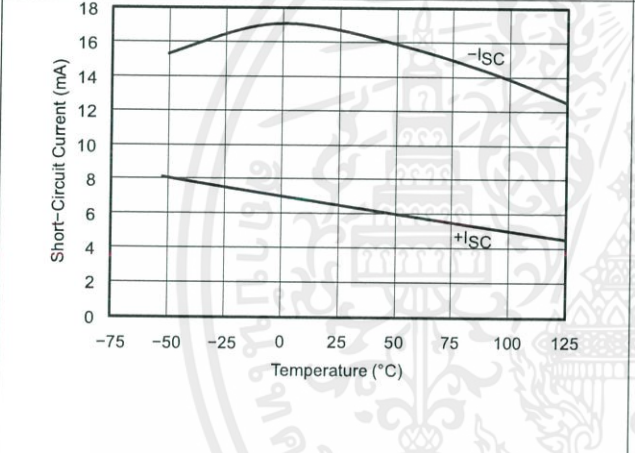


Figure 15. Short-Circuit Output Current vs Temperature

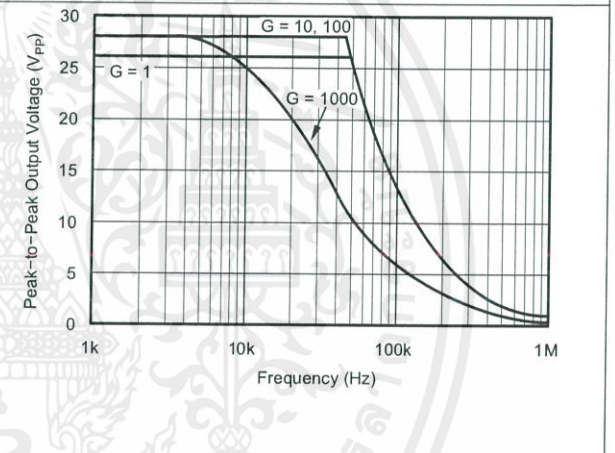


Figure 16. Maximum Output Voltage vs Frequency

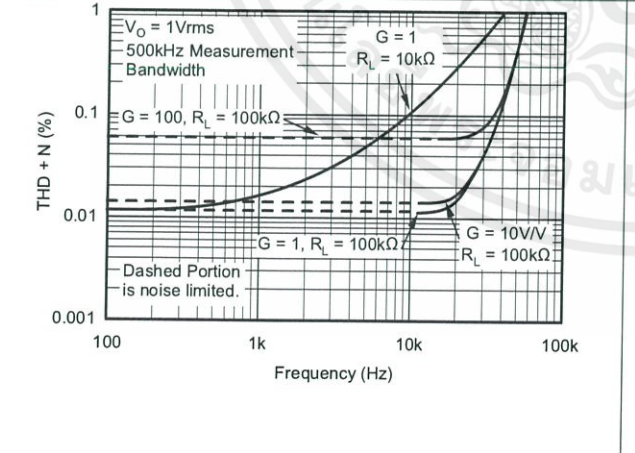


Figure 17. Total Harmonic Distortion + Noise vs Frequency

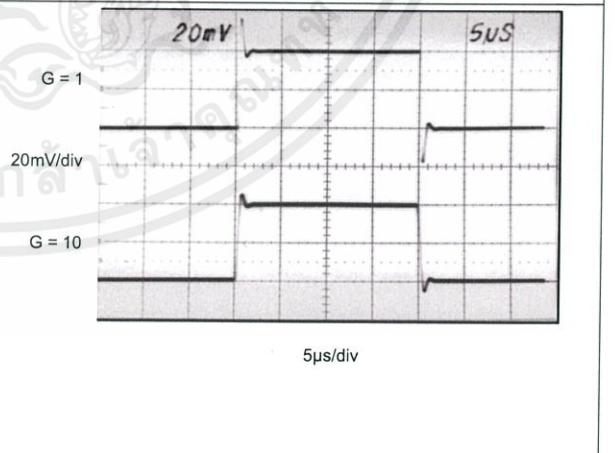
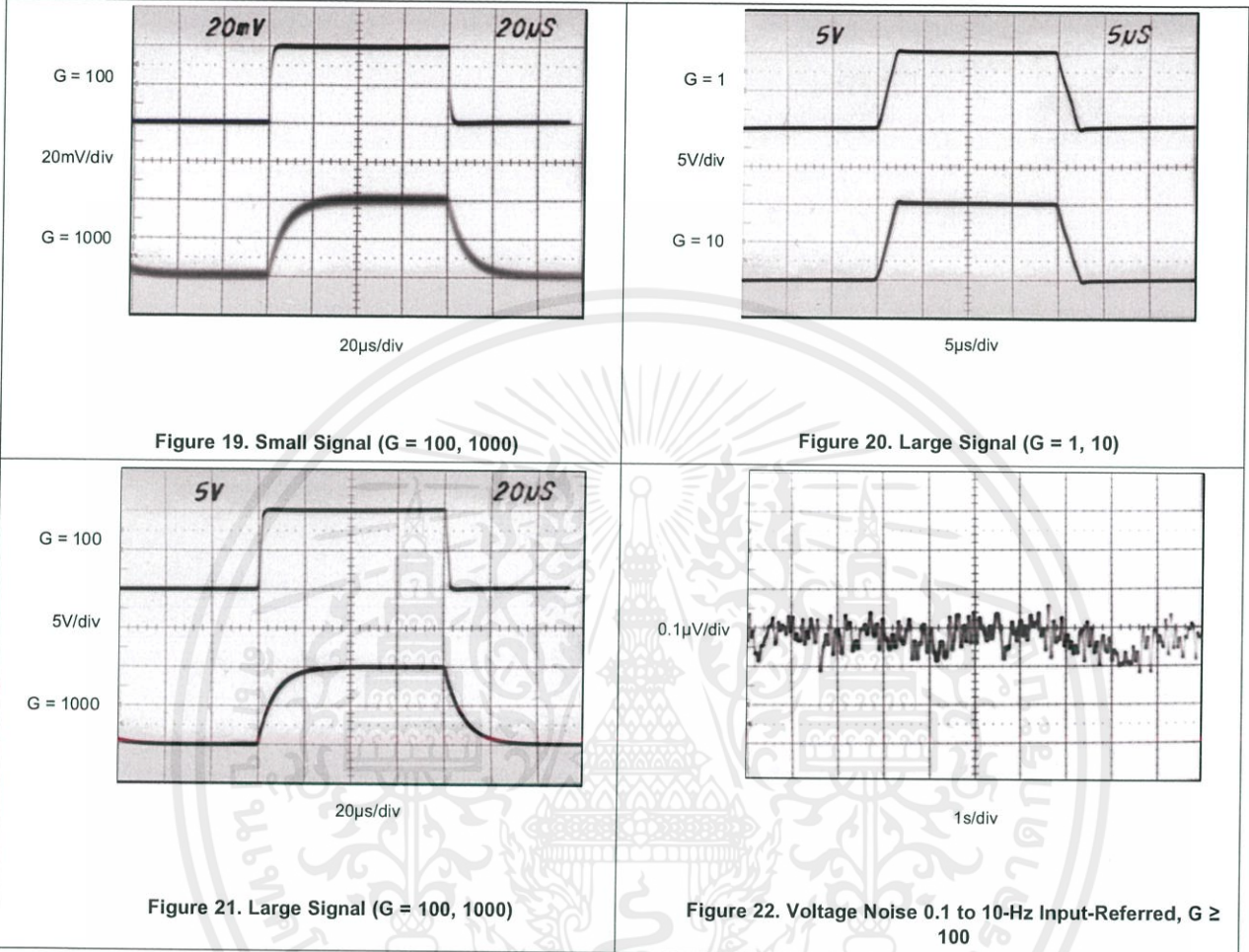


Figure 18. Small Signal ($G = 1, 10$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Characteristics (continued)

at $T_A = 25^\circ\text{C}$ and $V_S = \pm 15\text{ V}$ (unless otherwise noted)



INA128, INA129

SBOS051E –OCTOBER 1995–REVISED APRIL 2019

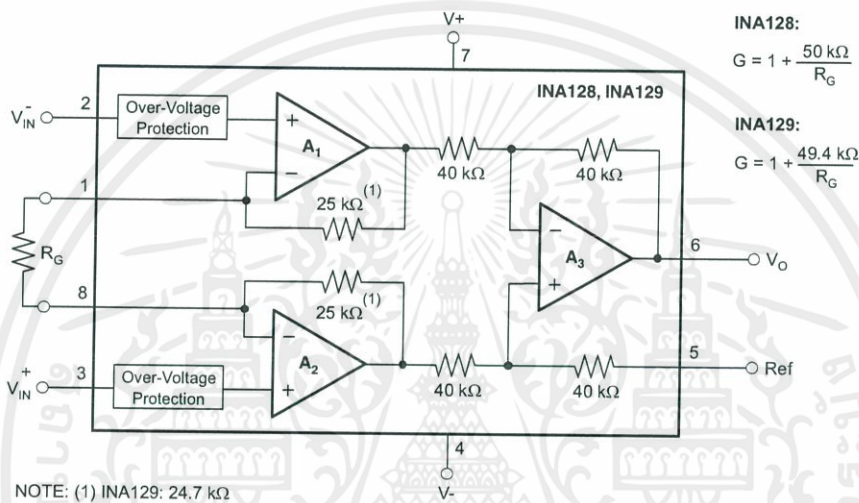
www.ti.com

8 Detailed Description

8.1 Overview

The INA12x instrumentation amplifier is a type of differential amplifier that has been outfitted with input protection circuit and input buffer amplifiers, which eliminate the need for input impedance matching and make the amplifier particularly suitable for use in measurement and test equipment. Additional characteristics of the INA128 include a very low DC offset, low drift, low noise, very high open-loop gain, very high common-mode rejection ratio, and very high input impedances. The INA12x is used where great accuracy and stability of the circuit both short and long term are required.

8.2 Functional Block Diagram



8.3 Feature Description

The INA12x devices are low power, general-purpose instrumentation amplifiers offering excellent accuracy. The versatile three-operational-amplifier design and small size make the amplifiers ideal for a wide range of applications. Current-feedback input circuitry provides wide bandwidth, even at high gain. A single external resistor sets any gain from 1 to 10,000. The INA128 is laser trimmed for very low offset voltage (25 μV typical) and high common-mode rejection (93 dB at G ≥ 100). These devices operate with power supplies as low as ±2.25 V, and quiescent current of 2 mA, typically. The internal input protection can withstand up to ±40 V without damage.

8.4 Device Functional Modes

8.4.1 Noise Performance

The INA12x provides very low noise in most applications. Low-frequency noise is approximately $0.2 \mu\text{V}_{\text{PP}}$ measured from 0.1 to 10 Hz ($G \geq 100$). This provides dramatically improved noise when compared to state-of-the-art chopper-stabilized amplifiers.

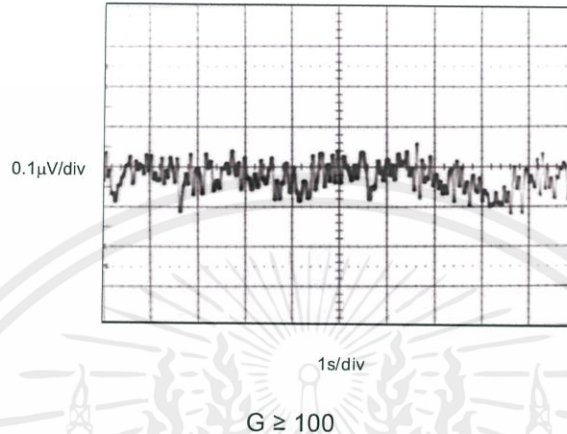


Figure 23. 0.1-Hz to 10-Hz Input-Referred Voltage Noise

8.4.2 Input Common-Mode Range

The linear input voltage range of the input circuitry of the INA12x is from approximately 1.4 V below the positive supply voltage to 1.7 V above the negative supply. As a differential input voltage causes the output voltage increase, however, the linear input range is limited by the output voltage swing of amplifiers A_1 and A_2 . Thus the linear common-mode input range is related to the output voltage of the complete amplifier. This behavior also depends on supply voltage (see performance curve [Figure 6](#)).

Input-overload can produce an output voltage that appears normal. For example, if an input overload condition drives both input amplifiers to their positive output swing limit, the difference voltage measured by the output amplifier will be near zero. The output of A_3 will be near 0 V even though both inputs are overloaded.

INA128, INA129

SBOS051E – OCTOBER 1995 – REVISED APRIL 2019

www.ti.com

9 Application and Implementation

NOTE

Information in the following applications sections is not part of the TI component specification, and TI does not warrant its accuracy or completeness. TI's customers are responsible for determining suitability of components for their purposes. Customers should validate and test their design implementation to confirm system functionality.

9.1 Application Information

The INA12x measures small differential voltage with high common-mode voltage developed between the noninverting and inverting input. The high-input voltage protection circuit in conjunction with high input impedance make the INA12x suitable for a wide range of applications. The ability to set the reference pin to adjust the functionality of the output signal offers additional flexibility that is practical for multiple configurations.

9.2 Typical Application

Figure 24 shows the basic connections required for operation of the INA12x. Applications with noisy or high impedance power supplies may require decoupling capacitors close to the device pins as shown. The output is referred to the output reference (Ref) terminal which is normally grounded. This must be a low-impedance connection to assure good common-mode rejection. A resistance of 8 Ω in series with the Ref pin will cause a typical device to degrade to approximately 80dB CMR ($G = 1$).

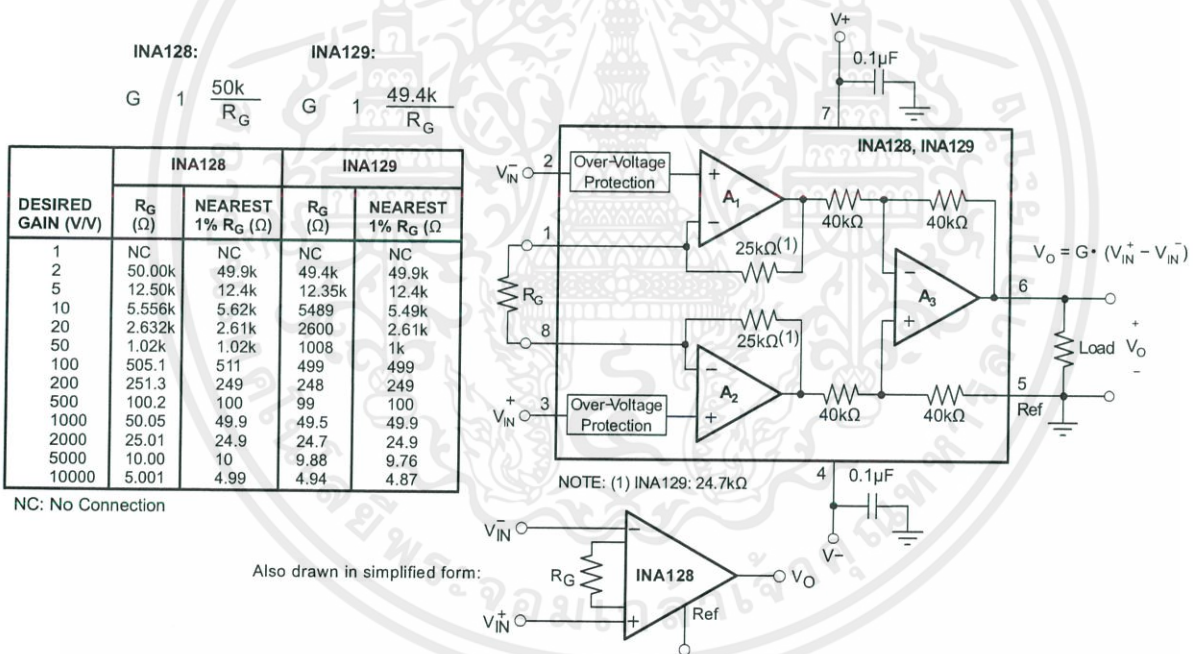


Figure 24. Basic Connections

Typical Application (continued)

9.2.1 Design Requirements

The device can be configured to monitor the input differential voltage when the gain of the input signal is set by the external resistor R_G . The output signal references to the Ref pin. The most common application is where the output is referenced to ground when no input signal is present by connecting the Ref pin to ground, as Figure 24 shows. When the input signal increases, the output voltage at the OUT pin increases, too.

9.2.2 Detailed Design Procedure

9.2.2.1 Setting the Gain

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

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

Commonly used gains and resistor values are shown in Figure 24.

The 50-k Ω term in Equation 1 comes from the sum of the two internal feedback resistors of A_1 and A_2 . These on-chip metal film resistors are laser-trimmed to accurate absolute values. The accuracy and temperature coefficient of these internal resistors are included in the gain accuracy and drift specifications of the INA128.

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

9.2.2.2 Dynamic Performance

The typical performance curve Figure 1 shows that, despite its low quiescent current, the INA12x achieves wide bandwidth even at high gain. This is due to the current-feedback topology of the input stage circuitry. Settling time also remains excellent at high gain.

9.2.2.3 Offset Trimming

The INA12x is laser-trimmed for low-offset voltage and offset voltage drift. Most applications require no external offset adjustment. Figure 25 shows an optional circuit for trimming the output offset voltage. The voltage applied to the Ref terminal is summed with the output. The op amp buffer provides low impedance at the Ref terminal to preserve good common-mode rejection.

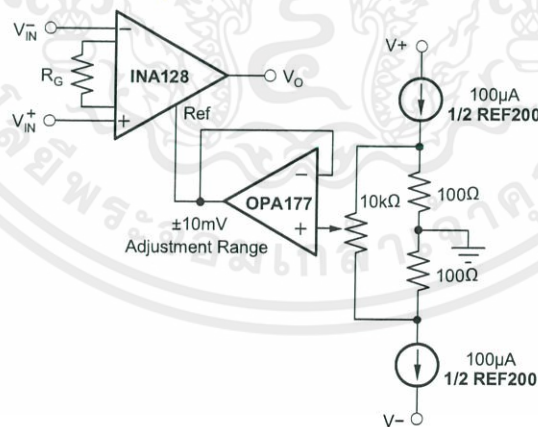


Figure 25. Optional Trimming of Output Offset Voltage

9.2.2.4 Input Bias Current Return Path

The input impedance of the INA12x is extremely high: approximately $10^{10} \Omega$. However, a path must be provided for the input bias current of both inputs. This input bias current is approximately $\pm 2 \text{ nA}$. High input impedance means that this input bias current changes very little with varying input voltage.

INA128, INA129

SBOS051E – OCTOBER 1995 – REVISED APRIL 2019

www.ti.com

Typical Application (continued)

Input circuitry must provide a path for this input bias current for proper operation. Figure 26 shows various provisions for an input bias current path. Without a bias current path, the inputs will float to a potential which exceeds the common-mode range, and the input amplifiers will saturate.

If the differential source resistance is low, the bias current return path can be connected to one input (see the thermocouple example in Figure 26). With higher source impedance, using two equal resistors provides a balanced input, with possible advantages of lower input offset voltage due to bias current and better high-frequency common-mode rejection.

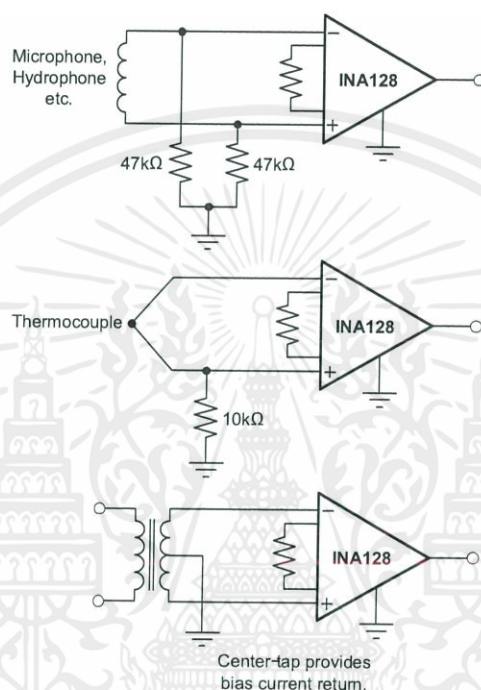


Figure 26. Providing an Input Common-Mode Current Path

Typical Application (continued)

9.2.3 Application Curves

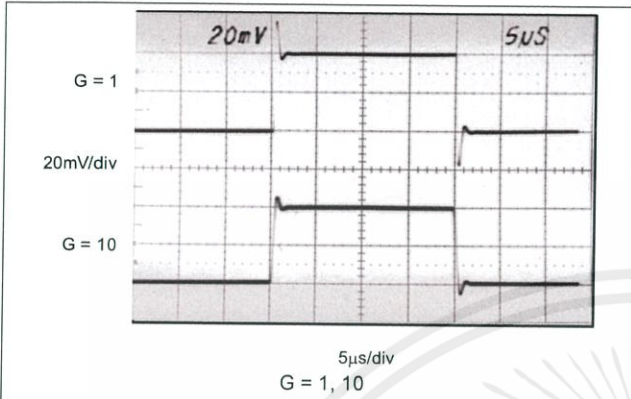


Figure 27. Small Signal

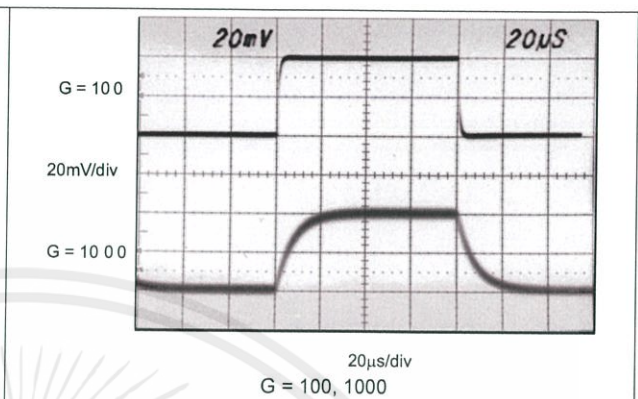


Figure 28. Small Signal

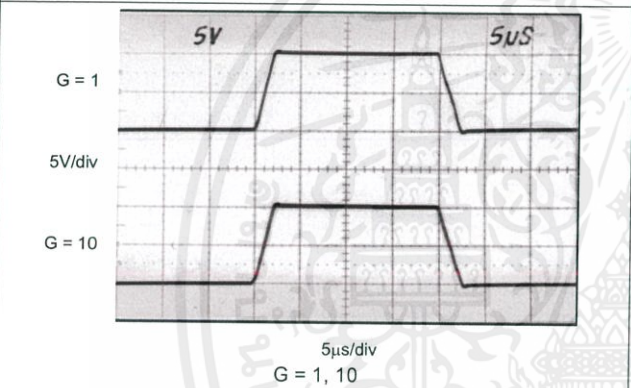


Figure 29. Large Signal

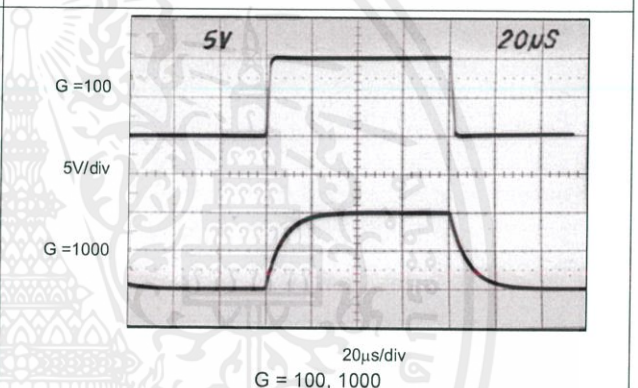


Figure 30. Large Signal

INA128, INA129

SBOS051E –OCTOBER 1995–REVISED APRIL 2019

www.ti.com

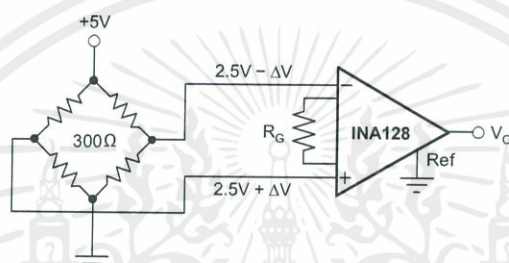
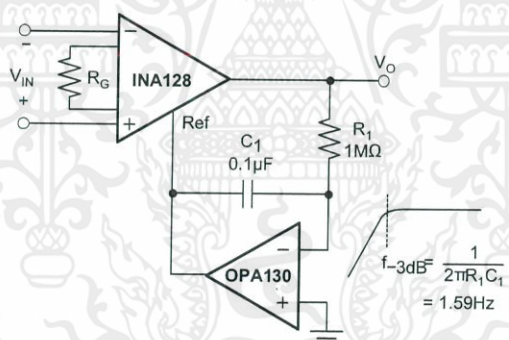
10 Power Supply Recommendations

The minimum power supply voltage for INA12x is ± 2.25 V and the maximum power supply voltage is ± 18 V. This minimum and maximum range covers a wide range of power supplies; but for optimum performance, ± 15 V is recommended. TI recommends adding a bypass capacitor at the input to compensate for the layout and power supply source impedance.

10.1 Low Voltage Operation

The INA12x can be operated on power supplies as low as ± 2.25 V. Performance remains excellent with power supplies ranging from ± 2.25 V to ± 18 V. Most parameters vary only slightly throughout this supply voltage range—see *Typical Characteristics*.

Operation at very low supply voltage requires careful attention to assure that the input voltages remain within their linear range. Voltage swing requirements of internal nodes limit the input common-mode range with low power supply voltage. Figure 6 shows the range of linear operation for ± 15 -V, ± 5 -V, and ± 2.5 -V supplies.

**Figure 31. Bridge Amplifier****Figure 32. AC-Coupled Instrumentation Amplifier**

Low Voltage Operation (continued)

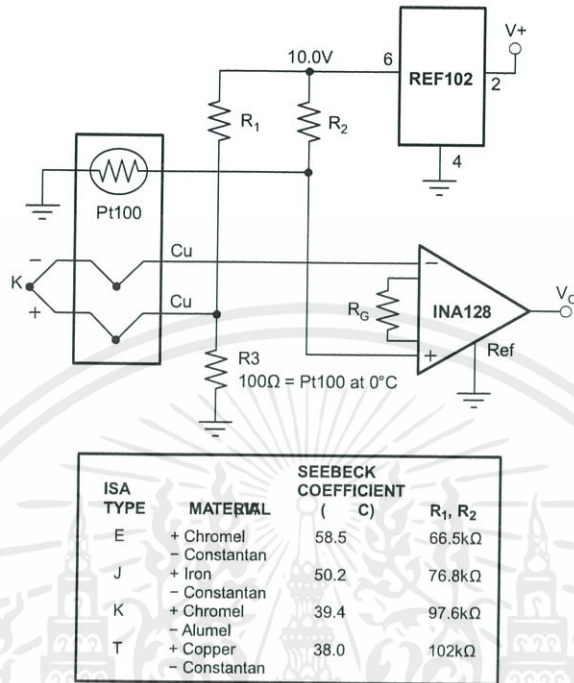


Figure 33. Thermocouple Amplifier With RTD Cold-Junction Compensation

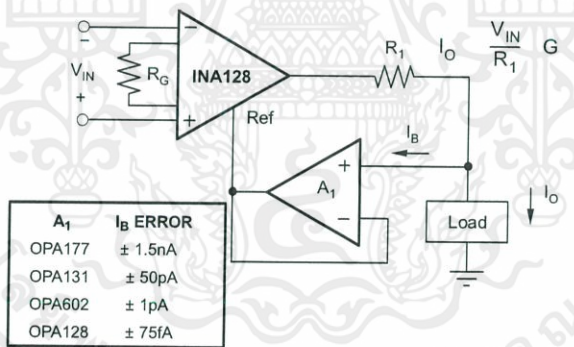


Figure 34. Differential Voltage to Current Converter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INA128, INA129

SBOS051E – OCTOBER 1995 – REVISED APRIL 2019

www.ti.com

Low Voltage Operation (continued)

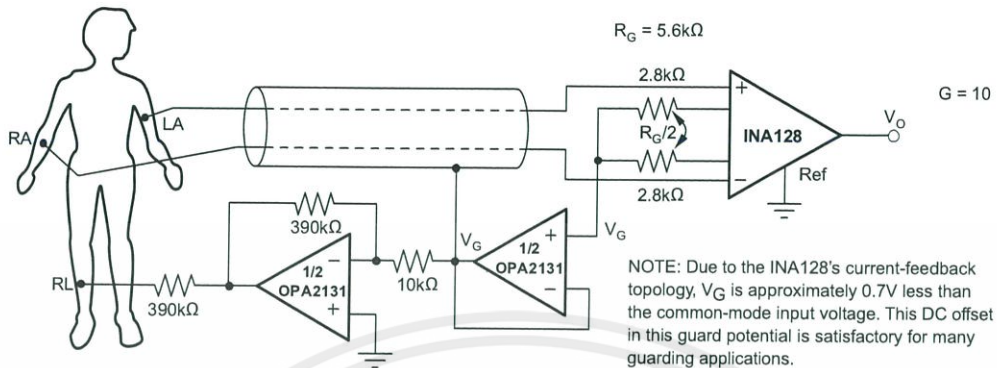


Figure 35. ECG Amplifier With Right-Leg Drive

11 Layout

11.1 Layout Guidelines

Place the power-supply bypass capacitor as closely as possible to the supply and ground pins. The recommended value of this bypass capacitor is 0.1 μ F to 1 μ F. If necessary, additional decoupling capacitance can be added to compensate for noisy or high-impedance power supplies. These decoupling capacitors must be placed between the power supply and INA12x devices.

The gain resistor must be placed close to pin 1 and pin 8. This placement limits the layout loop and minimizes any noise coupling into the part.

11.2 Layout Example

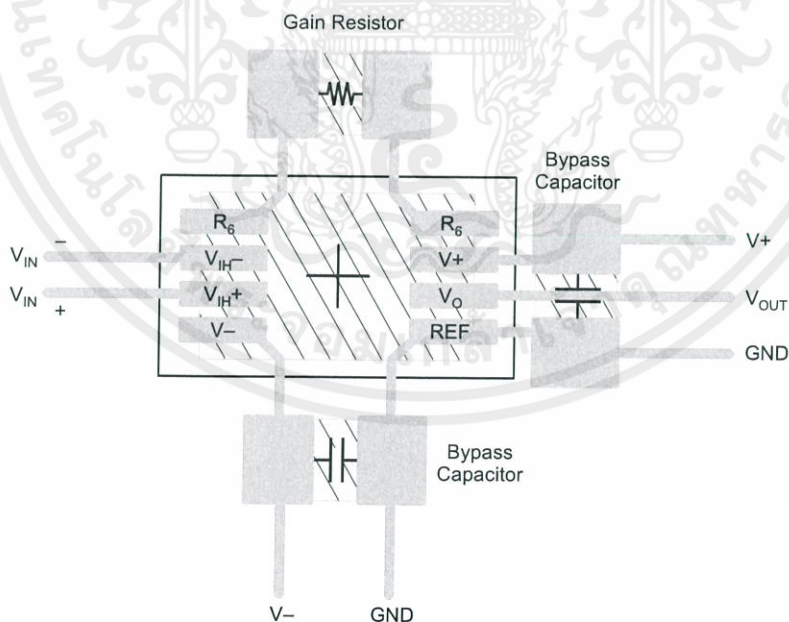


Figure 36. Recommended Layout

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12 Device and Documentation Support

12.1 Related Links

Table 1 lists quick access links. Categories include technical documents, support and community resources, tools and software, and quick access to sample or buy.

Table 1. Related Links

PARTS	PRODUCT FOLDER	SAMPLE & BUY	TECHNICAL DOCUMENTS	TOOLS & SOFTWARE	SUPPORT & COMMUNITY
INA128	Click here	Click here	Click here	Click here	Click here
INA129	Click here	Click here	Click here	Click here	Click here

12.2 Receiving Notification of Documentation Updates

To receive notification of documentation updates, navigate to the device product folder on ti.com. In the upper right corner, click on *Alert me* to register and receive a weekly digest of any product information that has changed. For change details, review the revision history included in any revised document.

12.3 Community Resources

The following links connect to TI community resources. Linked contents are provided "AS IS" by the respective contributors. They do not constitute TI specifications and do not necessarily reflect TI's views; see TI's [Terms of Use](#).

TI E2E™ Online Community *TI's Engineer-to-Engineer (E2E) Community*. Created to foster collaboration among engineers. At e2e.ti.com, you can ask questions, share knowledge, explore ideas and help solve problems with fellow engineers.

Design Support *TI's Design Support* Quickly find helpful E2E forums along with design support tools and contact information for technical support.

12.4 Trademarks

E2E is a trademark of Texas Instruments.

All other trademarks are the property of their respective owners.

12.5 Electrostatic Discharge Caution



These devices have limited built-in ESD protection. The leads should be shorted together or the device placed in conductive foam during storage or handling to prevent electrostatic damage to the MOS gates.

12.6 Glossary

SLYZ022 — *TI Glossary*.

This glossary lists and explains terms, acronyms, and definitions.

13 Mechanical, Packaging, and Orderable Information

The following pages include mechanical, packaging, and orderable information. This information is the most current data available for the designated devices. This data is subject to change without notice and revision of this document. For browser-based versions of this data sheet, refer to the left-hand navigation.

PACKAGING INFORMATION

Orderable Device	Status (1)	Package Type	Package Drawing	Pins	Package Qty	Eco Plan (2)	Lead/Ball Finish (6)	MSL Peak Temp (3)	Op Temp (°C)	Device Marking (4/5)	Samples
INA128P	ACTIVE	PDIP	P	8	50	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	N / A for Pkg Type		INA128P	Samples
INA128PA	ACTIVE	PDIP	P	8	50	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	N / A for Pkg Type		INA128P A	Samples
INA128PG4	ACTIVE	PDIP	P	8	50	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	N / A for Pkg Type		INA128P	Samples
INA128U	ACTIVE	SOIC	D	8	75	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-3-260C-168 HR		INA 128U	Samples
INA128U/2K5	ACTIVE	SOIC	D	8	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-3-260C-168 HR		INA 128U	Samples
INA128U/2K5G4	ACTIVE	SOIC	D	8	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-3-260C-168 HR		INA 128U	Samples
INA128UA	ACTIVE	SOIC	D	8	75	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	INA 128U A	Samples
INA128UA/2K5	ACTIVE	SOIC	D	8	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	INA 128U A	Samples
INA128UA/2K5E4	ACTIVE	SOIC	D	8	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	INA 128U A	Samples
INA128UA/2K5G4	ACTIVE	SOIC	D	8	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	INA 128U A	Samples
INA128UAE4	ACTIVE	SOIC	D	8	75	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	INA 128U A	Samples
INA128UAG4	ACTIVE	SOIC	D	8	75	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	INA 128U A	Samples
INA128UG4	ACTIVE	SOIC	D	8	75	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	INA 128U A	Samples
INA129P	ACTIVE	PDIP	P	8	50	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	N / A for Pkg Type		INA129P	Samples

Orderable Device	Status ⁽¹⁾	Package Type	Package Drawing	Pins	Package Qty	Eco Plan ⁽²⁾	Lead/Ball Finish ⁽⁶⁾	MSL Peak Temp ⁽³⁾	Op Temp (°C)	Device Marking ^(4/5)	Samples
INA129PA	ACTIVE	PDIP	P	8	50	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	N / A for Pkg Type		INA129P A	Samples
INA129PG4	ACTIVE	PDIP	P	8	50	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	N / A for Pkg Type		INA129P A	Samples
INA129U	ACTIVE	SOIC	D	8	75	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	INA 129U	Samples
INA129U/2K5	ACTIVE	SOIC	D	8	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	INA 129U	Samples
INA129UA	ACTIVE	SOIC	D	8	75	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	INA 129U A	Samples
INA129UA/2K5	ACTIVE	SOIC	D	8	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	INA 129U A	Samples
INA129UA/2K5G4	ACTIVE	SOIC	D	8	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	INA 129U A	Samples
INA129UA/E4	ACTIVE	SOIC	D	8	75	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 125	INA 129U A	Samples

⁽¹⁾ The marketing status values are defined as follows:

ACTIVE: Product device recommended for new designs.

LIFEBUY: TI has announced that the device will be discontinued, and a lifetime-buy period is in effect.

NRND: Not recommended for new designs. Device is in production to support existing customers, but TI does not recommend using this part in a new design.

PREVIEW: Device has been announced but is not in production. Samples may or may not be available.

OBSOLETE: TI has discontinued the production of the device.

⁽²⁾ **RoHS:** TI defines "RoHS" to mean semiconductor products that are compliant with the current EU RoHS requirements for all 10 RoHS substances, including the requirement that RoHS substance do not exceed 0.1% by weight in homogeneous materials. Where designed to be soldered at high temperatures, "RoHS" products are suitable for use in specified lead-free processes. TI may reference these types of products as "Pb-Free".

RoHS Exempt: TI defines "RoHS Exempt" to mean products that contain lead but are compliant with EU RoHS pursuant to a specific EU RoHS exemption.

Green: TI defines "Green" to mean the content of Chlorine (Cl) and Bromine (Br) based flame retardants meet JS709B low halogen requirements of <=1000ppm threshold. Antimony trioxide based flame retardants must also meet the <=1000ppm threshold requirement.

⁽³⁾ **MSL, Peak Temp. -** The Moisture Sensitivity Level rating according to the JEDEC industry standard classifications, and peak solder temperature.

⁽⁴⁾ There may be additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category on the device.

(5) Multiple Device Markings will be inside parentheses. Only one Device Marking contained in parentheses and separated by a "-" will appear on a device. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire Device Marking for that device.

(6) Lead/Ball Finish - Orderable Devices may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead/Ball Finish values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

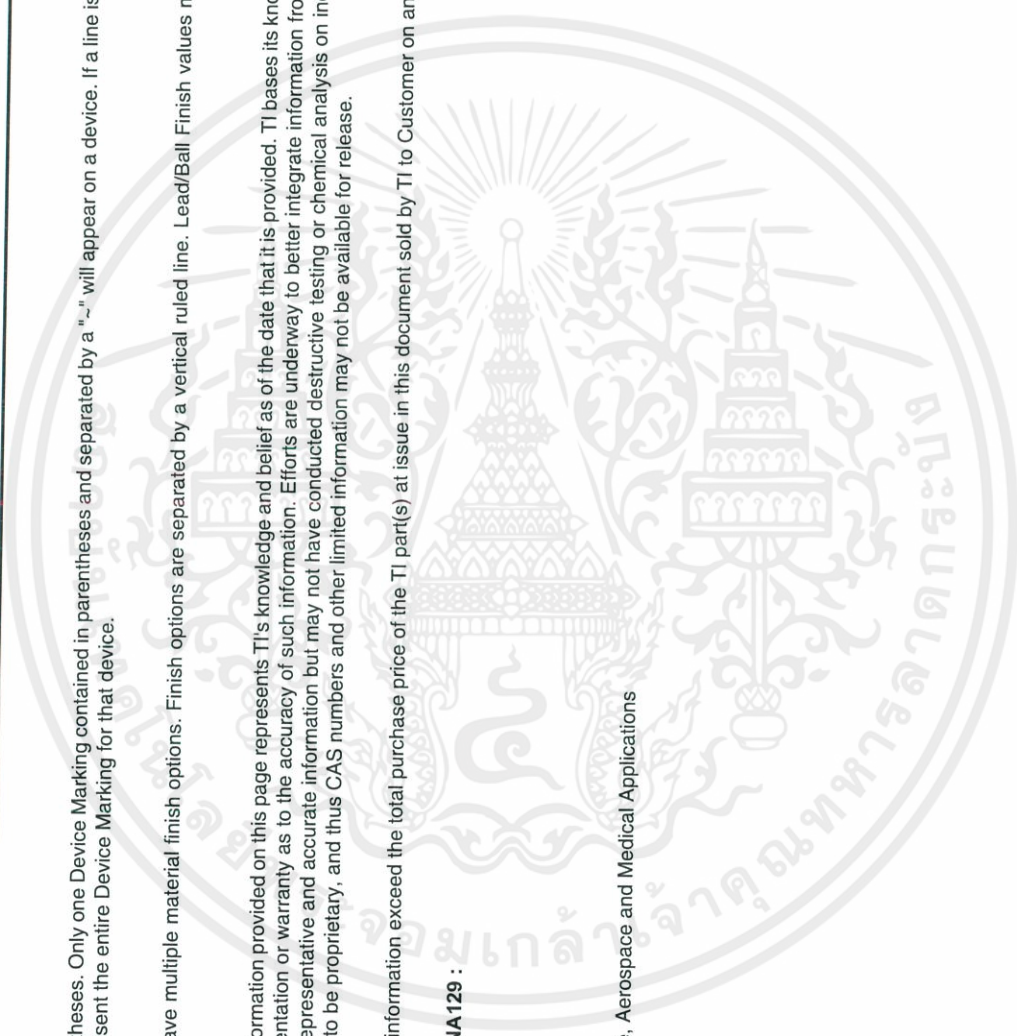
In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

OTHER QUALIFIED VERSIONS OF INA128, INA129 :

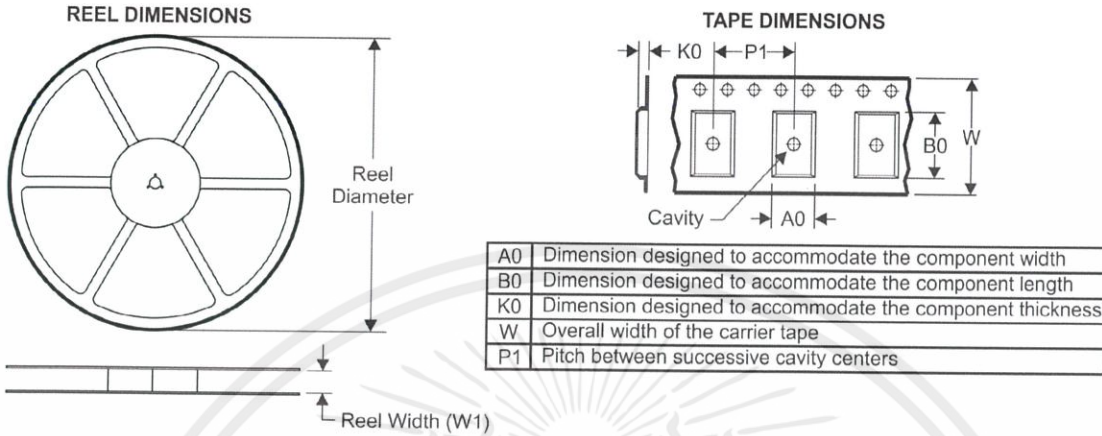
- Enhanced Product: [INA129-EP](#)

NOTE: Qualified Version Definitions:

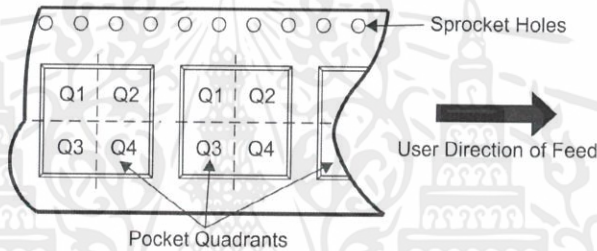
- Enhanced Product - Supports Defense, Aerospace and Medical Applications



TAPE AND REEL INFORMATION



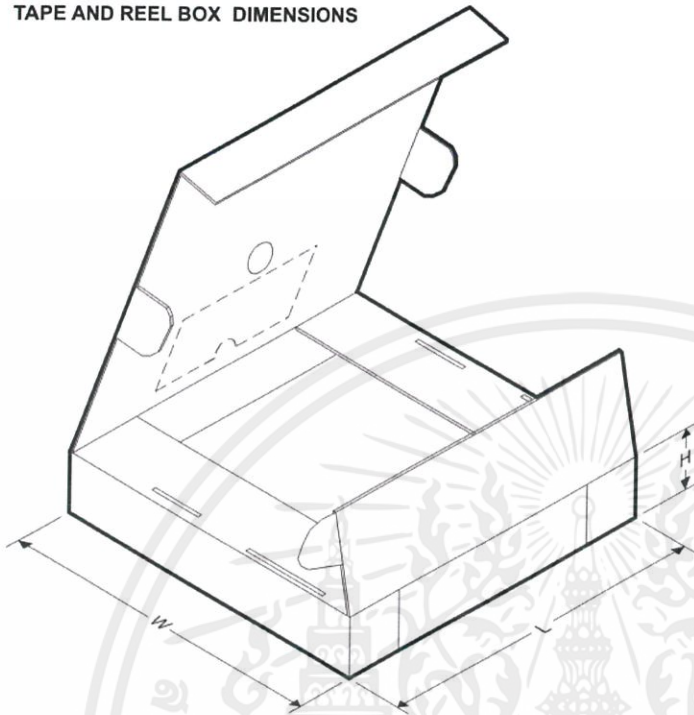
QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
INA128U/2K5	SOIC	D	8	2500	330.0	12.4	6.4	5.2	2.1	8.0	12.0	Q1
INA128UA/2K5	SOIC	D	8	2500	330.0	12.4	6.4	5.2	2.1	8.0	12.0	Q1
INA129U/2K5	SOIC	D	8	2500	330.0	12.4	6.4	5.2	2.1	8.0	12.0	Q1
INA129UA/2K5	SOIC	D	8	2500	330.0	12.4	6.4	5.2	2.1	8.0	12.0	Q1

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



*All dimensions are nominal

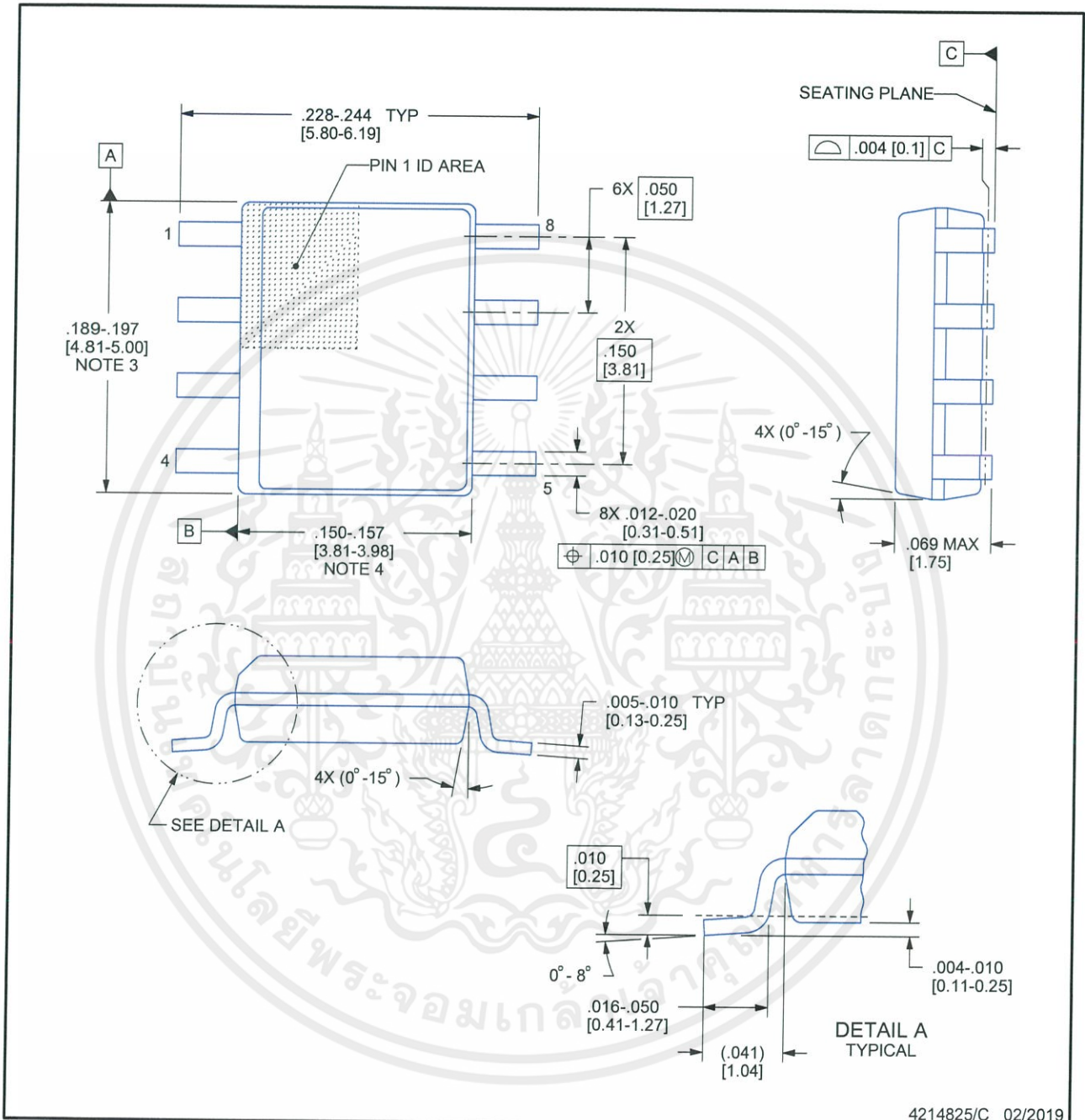
Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
INA128U/2K5	SOIC	D	8	2500	367.0	367.0	35.0
INA128UA/2K5	SOIC	D	8	2500	367.0	367.0	35.0
INA129U/2K5	SOIC	D	8	2500	367.0	367.0	35.0
INA129UA/2K5	SOIC	D	8	2500	367.0	367.0	35.0



D0008A

PACKAGE OUTLINE
SOIC - 1.75 mm max height

SMALL OUTLINE INTEGRATED CIRCUIT



NOTES:

1. Linear dimensions are in inches [millimeters]. Dimensions in parenthesis are for reference only. Controlling dimensions are in inches. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. This dimension does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed .006 [0.15] per side.
4. This dimension does not include interlead flash.
5. Reference JEDEC registration MS-012, variation AA.



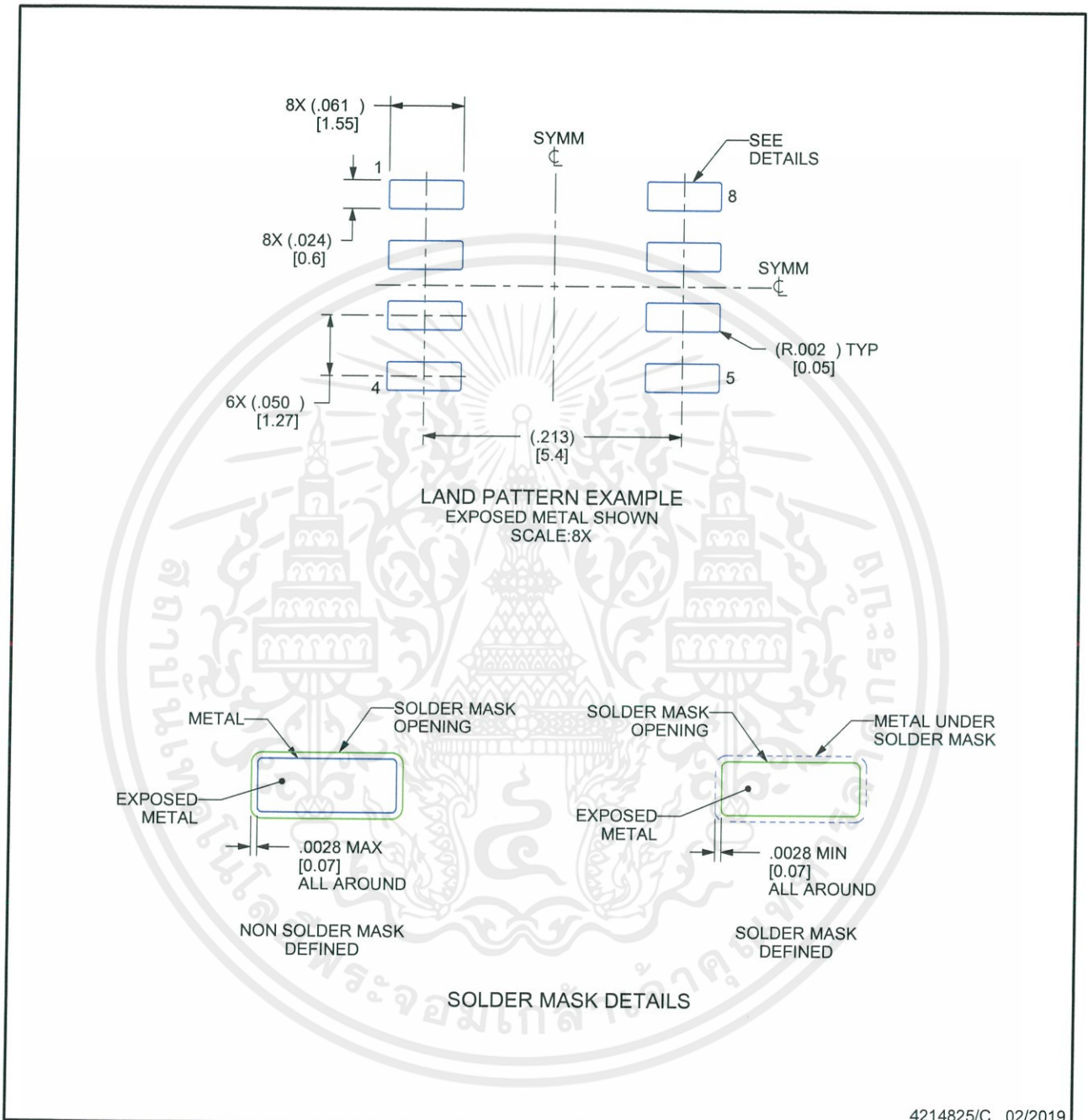
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EXAMPLE BOARD LAYOUT

D0008A

SOIC - 1.75 mm max height

SMALL OUTLINE INTEGRATED CIRCUIT



4214825/C 02/2019

NOTES: (continued)

- 6. Publication IPC-7351 may have alternate designs.
- 7. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.



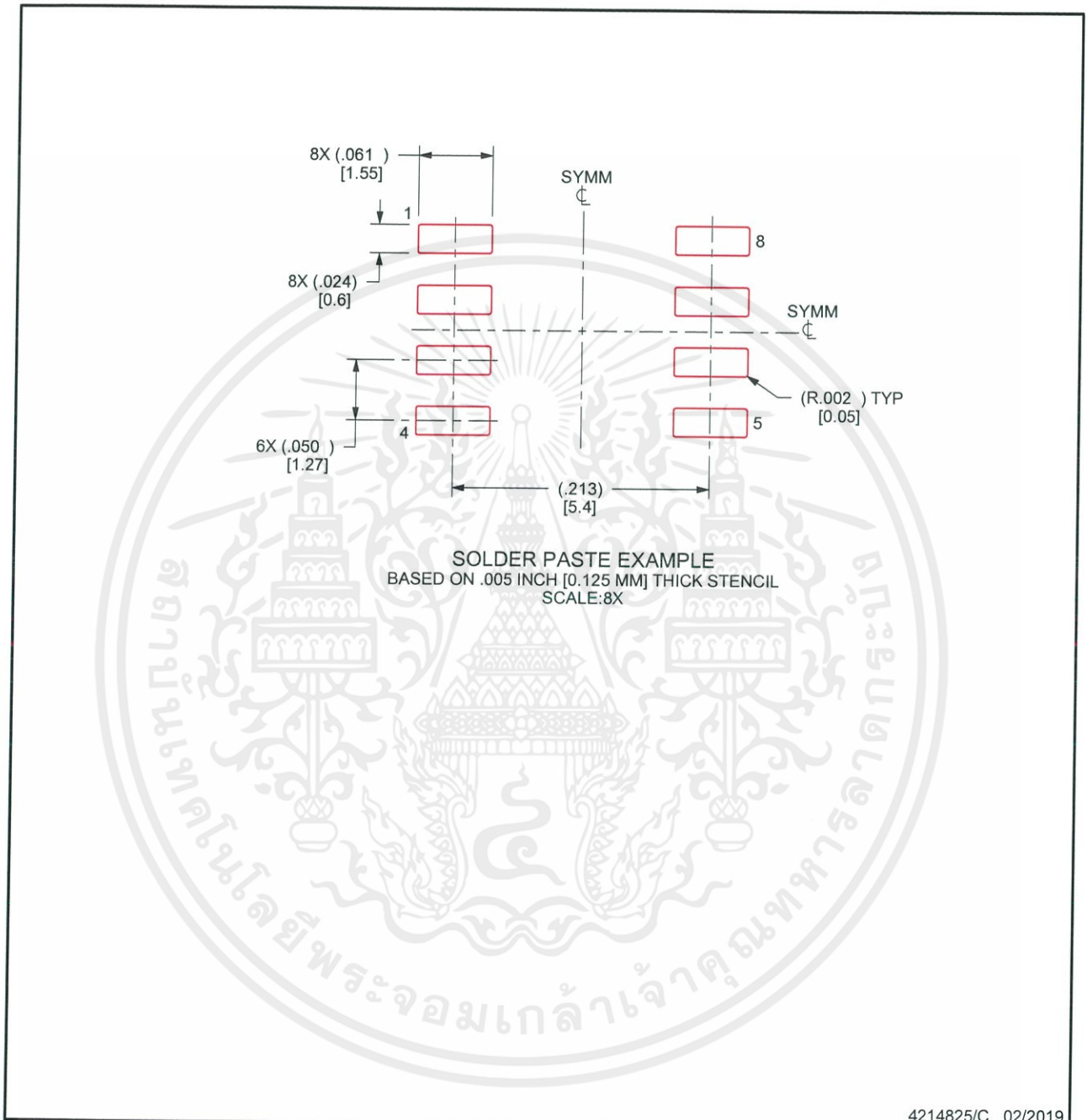
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EXAMPLE STENCIL DESIGN

D0008A

SOIC - 1.75 mm max height

SMALL OUTLINE INTEGRATED CIRCUIT



NOTES: (continued)

8. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.
9. Board assembly site may have different recommendations for stencil design.

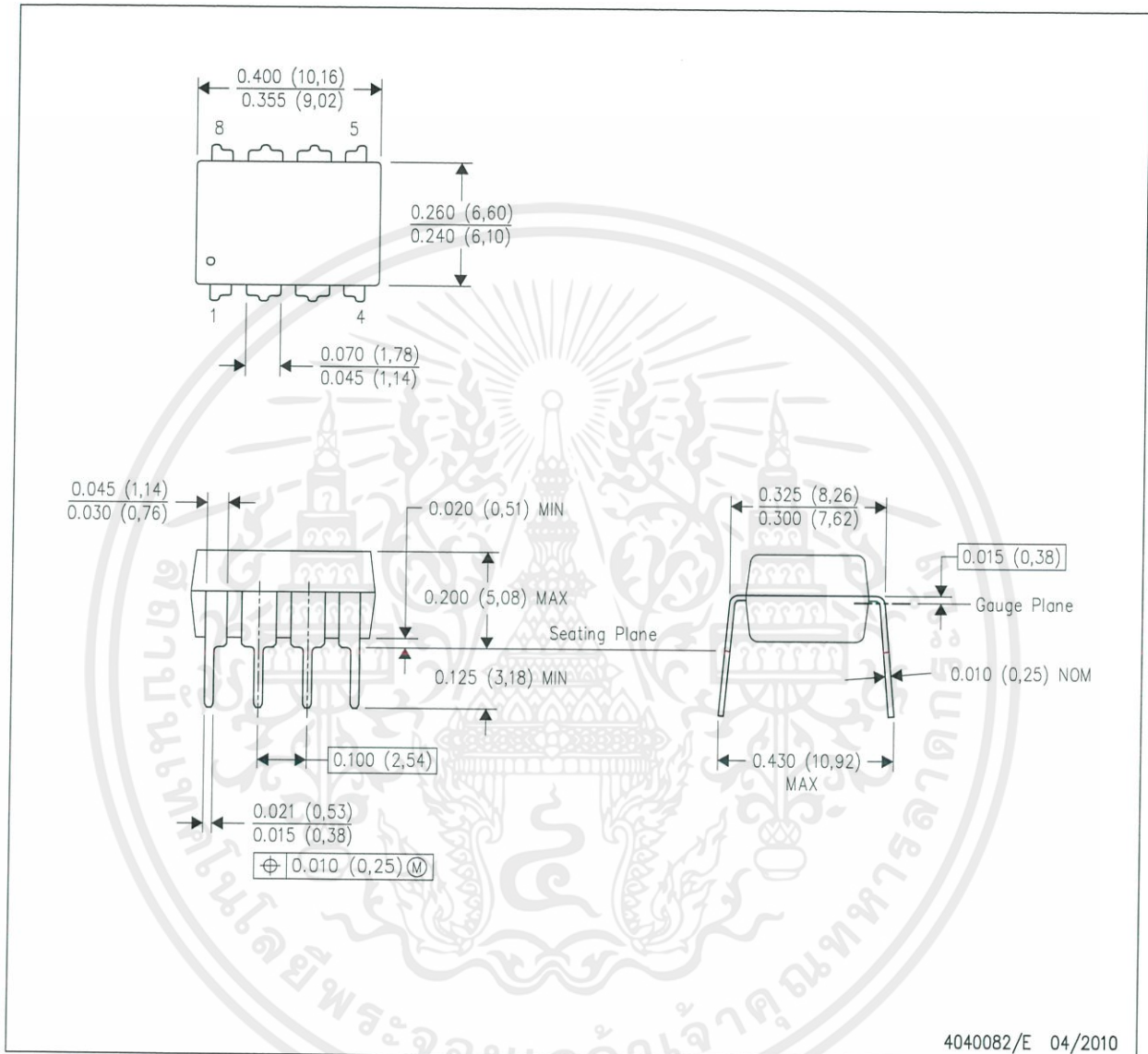


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MECHANICAL DATA

P (R-PDIP-T8)

PLASTIC DUAL-IN-LINE PACKAGE



- NOTES:
- A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - C. Falls within JEDEC MS-001 variation BA.

4040082/E 04/2010

IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATASHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, or other requirements. These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you will fully indemnify TI and its representatives against, any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI's products are provided subject to TI's Terms of Sale (www.ti.com/legal/termsofsale.html) or other applicable terms available either on ti.com or provided in conjunction with such TI products. TI's provision of these resources does not expand or otherwise alter TI's applicable warranties or warranty disclaimers for TI products.

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2019, Texas Instruments Incorporated



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้