

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องแสดงสถานะการยืม

Body Balance Machine



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน...61529
วัน,เดือน,ปี...18 ก.ค. 2549



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
ภาควิชาเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BODY BALANCE MACHINE



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIRMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN MECHANICAL ENGINEERING
DEPARTMENT OF MECHNICAL ENGINEERING
FACUTY OF ENGINEERING**

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG 2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2547

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องแสดงสถานะการยืน

BODY BALANCE MACHINE

ผู้จัดทำ

1. นายประเวศ คำแสง รหัสประจำตัว 45015461
2. นายมานะชัย พงศ์ประภัสสร รหัสประจำตัว 45015470
3. นายสรารุช ปานนอก รหัสประจำตัว 45015484



อาจารย์ที่ปรึกษา

(ศส.ดร. อุन्नัต พิณโสภณ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องแสดงสถานะการยืน BODY BALANCE MACHINE
นักศึกษาผู้จัดทำ	นายประเวศ คำแสง นายมานะชัย พงศ์ประภัสร นายสรารุท ป่านนอก
ปีการศึกษา	2547
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.อนุรัตน์ พิณโสภณ

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องช่วยยืน ที่มีขนาดของแผ่นรับแรงที่ใช้ในการยืนขนาด 55 cm x 65 cm มีโหดเซตส์ที่มีย่านการวัด 0 - 50 กิโลกรัม 4 ตัวอยู่ที่แต่ละมุมของแผ่นรับแรงซึ่งจะส่งสัญญาณเข้าสู่คอมพิวเตอร์ โดยมีตัวไอซีเพิ่มแรงดันเข้าการ์ดแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล เพื่อทำการประมวลผลแล้วแสดงตำแหน่งจุดศูนย์กลางของคนทางหน้าจอ ช่วยในการทำกายภาพบำบัดแก่ผู้ป่วยในลักษณะ Active Posture ในลักษณะการเคลื่อนไหวแบบ static posture โดยใช้หลักการ lighting reflex

Thesis Title	Body Balance Machine
Authors	Mr. Prawat Khamsang Mr. Manachai Pongprapatsorn Mr. Sarawut Pannok
Education Year	2004
Thesis Advisor	Assist. Prof. Dr. Un-nat Pinsopon

Abstract

The purpose of this project is to design and build a body balance machine. The rectangular 55 cm x 65 cm force plate of the machine has four load cells installed at each corner. Each load cell has a load capacity of 50 kg. The signals from load cells are sent to the computer for the calculation of the position of the center of gravity (CG). The CG position, which is shown on the monitor, is used as a tool for the balance training of a physical therapy patient. The training is done as a static posture using the lighting reflex method.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณที่ปรึกษา ผศ.ดร.อุन्नัต พิณโสภณ และคณาจารย์ทุกท่าน ใน
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ที่ให้คำปรึกษา และคำแนะนำต่างๆ ตลอดจนอุปกรณ์ต่างๆ ที่ได้ให้
ความอนุเคราะห์ในการทำปริญญานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลที่ได้ให้ความช่วยเหลือที่ดีตลอดมา และได้ให้
คำแนะนำเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมและคอยอยู่ช่วยเป็นกำลังใจในทุกๆเรื่อง

สุดท้ายนี้ คุณความดีที่พึงมีจากการทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้ ข้าพเจ้าขอบอบแต่ บิดามารดา
ครู-อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน



คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 ขั้นตอนการจัดทำปริญญานิพนธ์	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับผู้ป่วย	
2.2.1 กรวยยื่น	3
2.2.2 กลไกควบคุมท่าทาง	3
2.2.3 จุดศูนย์ถ่วงของร่างกาย	4
2.2 แผ่นรับแรง	5
2.3 โพลดเซลล์	9
2.4 ไอซีเปลงแรงดัน อะนาลอกเป็นดิจิทัล	13
2.5 ไอซีขยายแรงดัน	15
2.6 การเขียน โปรแกรม Visual Basic สำหรับรับค่าจากบอร์ด QX-108	17
บทที่ 3 วงจรและการทำงานของเครื่องแสดงสถานะการยืน	
3.1 หลักการทำงานของเครื่องแสดงสถานะการยืน	19
3.2 แผ่นรับแรง	21
3.3 โพลดเซลล์	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

3.4 วงจรที่ใช้งาน	
3.4.1 วงจรจ่ายไฟ	25
3.4.2 วงจรขยายแรงดัน	26
3.4.3 การ์ดแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล QX-108	28
3.5 การทำงานของโปรแกรม	28
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
4.1 ผลการทดลอง	33
4.2 สรุปผลการทดลอง	34
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและแนวทางการพัฒนา	
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	35
5.2 แนวทางการพัฒนา	35
5.3 ข้อจำกัดของปริญญานิพนธ์	35
บรรณานุกรม	37
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก	38
ภาคผนวก ข	41

สารบัญตาราง

ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง

หน้า

33



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงตำแหน่งจุดศูนย์กลางของวัตถุ	4
รูปที่ 2.2 แสดงคานแบบระบบการรองรับแบบง่าย ๆ	5
รูปที่ 2.3 แสดงคานแบบปลายข้างหนึ่งยึดแน่น	5
รูปที่ 2.4 แสดงคานแบบปลายสองข้างยึดแน่น	5
รูปที่ 2.5 แสดงแรงแบบจุดที่กระทำบนคาน	6
รูปที่ 2.6 แสดงการแบ่งแกนบนแผ่นรับแรง	6
รูปที่ 2.7 แสดงผลรวมของสัญญาณของ โหลดเซลล์แต่ละตัวเมื่อมีแรงมากระทำ	7
รูปที่ 2.8 แสดงแรงที่กระทำต่อแผ่นรับแรงพิจารณาในแนวแกน X	7
รูปที่ 2.9 แสดงแรงที่กระทำต่อแผ่นรับแรงพิจารณาในแนวแกน Y	8
รูปที่ 2.10 แสดงลักษณะของสเตรนเกจเมื่อรับแรงกดและแรงดึง	9
รูปที่ 2.11 วงจรบริดจ์สำหรับสเตรนเกจ	10
รูปที่ 2.12 การจัดวางสเตรนเกจของโหลดเซลล์	12
รูปที่ 2.13 แสดงบอร์ดแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล QX-108	13
รูปที่ 2.14 แสดงวงจรไฟเลี้ยงบอร์ด QX-108	15
รูปที่ 2.15 แสดงการจัดขาของ LM084	16
รูปที่ 2.16 แสดงการต่อไอซี เบอร์ LM084 ในวงจรแอมป์ฟิไฟเออร์	17
รูปที่ 2.17 แสดงการเลือกเมนูสำหรับเปิดโปรแกรม	18
รูปที่ 3.1 แสดงชาร์ทการทำงานของเครื่องแสดงสถานะการยื่น	19
รูปที่ 3.2 แสดงส่วนประกอบของเครื่องแสดงสถานะการยื่น	20
รูปที่ 3.3 แสดงส่วนขยายและแปลงสัญญาณ	21
รูปที่ 3.4 แสดงส่วนขนาดและอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนแผ่นรับแรง	22
รูปที่ 3.5 แสดงระยะ โกงตัวของแผ่นรับแรงก่อนการเสริมความแข็งแรง	23
รูปที่ 3.6 แสดงระยะ โกงตัวของแผ่นรับแรงหลังจากเสริมความแข็งแรง	23
รูปที่ 3.7 แสดง โหลดเซลล์	24
รูปที่ 3.8 แสดงตำแหน่งการติดตั้ง โหลดเซลล์ที่แผ่นรับแรงตัวล่าง	24
รูปที่ 3.9 แสดงวงจรแหล่งจ่ายไฟ	26
รูปที่ 3.10 แสดงวงจร Instrument Amplifier	27
รูปที่ 3.11 แสดงช่องต่อสัญญาณเข้า A/D (QX-108)	28
รูปที่ 3.12 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของโปรแกรมประมวลผล	31

สารบัญรูปร่างภาพ (ต่อ)

รูปที่ 3.13 แสดงหน้าจอแสดงผล	32
รูปที่ 4.1 แสดงตำแหน่งการวางน้ำหนักทดสอบ	33



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

การแพทย์ในปัจจุบันมีความเจริญก้าวหน้าไปอย่างมากทำให้ผู้ป่วยหลายคนที่เคยหมดหวังจากการรักษาอาการเจ็บป่วย ได้มีกำลังใจในการเข้ารับการรักษาและมีหวังในการที่จะหายจากอาการเจ็บป่วยมากขึ้น จากสมัยก่อนการทำกายภาพบำบัดแก่ผู้ป่วยที่เป็นอัมพาตครึ่งซีก หรือผู้ป่วยที่ขาหัก ที่มีไม้ก้ำลงน้ำหนักไปที่ขาข้างที่ไม่มีความรู้สึก หรือรู้สึกเจ็บ ทำให้ผู้ป่วยเสียบุคลิกภาพในการยืน การทำกายภาพบำบัดแก่ผู้ป่วยในกรณีนี้นักกายภาพบำบัดจะประคองและคอยบอกให้ผู้ป่วยค่อยลงน้ำหนักไปที่ขาข้างที่เจ็บ ในลักษณะที่เจ็บพอทนได้ ด้วยการรับรู้ของแต่ละคนที่ไม่เท่ากัน ประกอบกับความอดทนที่ไม่เท่ากันทำให้การทำกายภาพบำบัดด้วยวิธีนี้เป็นผลซ้ำ จึงได้มีการนำเครื่องมือสมัยใหม่ที่มีการทำงานใกล้เคียงกับมนุษย์และมีฟังก์ชันการทำงานที่ทำให้การทำกายภาพบำบัดแก่ผู้ป่วยฟื้นฟูอย่างรวดเร็ว เครื่องมือที่กล่าวถึงก็คือ Balance Master เป็นเครื่องที่แสดงจุด CG ในการยืนของผู้ป่วย และมีฟังก์ชันการทำงานหลากหลาย เช่น ฟังก์ชันการฝึกการบังคับกล้ามเนื้อขาโดยการ โน้มตัวไปมาเพื่อเลื่อนตำแหน่งจุด CG ให้ไปในตำแหน่งที่กำหนดไว้ และมีการบันทึกค่าการทำกายภาพบำบัดเพื่อเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ว่าพัฒนาการของผู้ป่วยเป็นไปอย่างไรบ้างแต่ในปัจจุบันเครื่องมืออุปกรณ์ที่ทันสมัยดังกล่าวมีใช้เฉพาะส่วนงานวิจัยตามโรงพยาบาลเนื่องจากมีราคาแพงเนื่องจากต้องนำเข้าจากต่างประเทศ และมีความยุ่งยากในการใช้งาน จากปัญหาตรงนี้ทำให้มีแนวความคิดที่จะสร้างเครื่องช่วยยืนซึ่งมีฟังก์ชันการทำงานเพียงพอกับความต้องการใช้งานในโรงพยาบาลและวิธีการใช้งานที่ง่ายและช่วยผู้ป่วยในการทำกายภาพบำบัดได้ง่ายขึ้นซึ่งโดยการสังเกตผลที่เกิดขึ้นบนหน้าจอทำให้การฝึกการยืนของผู้ป่วยที่เป็นอัมพาตครึ่งซีกผู้ป่วยจะไม่กล้าที่จะลงน้ำหนักตัวบนขาข้างที่เจ็บทำให้มีการยืนไม่ตรง เราจะสร้างความมั่นใจแก่ผู้ป่วยด้วยการสร้างเครื่องที่ขบกระดืบน้ำหนักที่ตกลงบนขาทั้งสองข้างของผู้ป่วยเพื่อให้ผู้ป่วยกล้าที่จะลงน้ำหนักเท้าด้านที่เจ็บเพื่อปรับน้ำหนักที่ตกลงที่ขาทั้งสองข้างให้เท่ากัน อีกทั้งยังช่วยผู้ป่วยที่อยู่ในระยะพักฟื้นจากอาการขาหักฝึกการลงน้ำหนักบนขาข้างที่หักด้วยเปอร์เซ็นต์น้ำหนักที่แม่นยำ

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

ออกแบบและสร้างเครื่องแสดงสถานะการยืน

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

เครื่องแสดงสถานการณ์ทรงตัวสามารถใช้กับคนที่มือน้ำหนักไม่เกิน 150 กิโลกรัม โดยการขึ้นยืนที่กึ่งกลางของแผ่นรับแรง แสดงผลตำแหน่งของจุดศูนย์กลางถ่วงของร่างกายที่ฉายลงในแนวตั้งผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งการใช้งานกับผู้ป่วยจำเป็นต้องมีนักกายภาพบำบัดคอยให้คำแนะนำ

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ศึกษาความรู้ใหม่ ๆ ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์
2. มีเครื่องแสดงสถานการณ์ขึ้นที่ราคาไม่สูง

1.5 ขั้นตอนการจัดทำปฏิญานิพนธ์

1. ศึกษาตำแหน่งของจุดศูนย์กลางถ่วงของร่างกายที่ทำขึ้นต่าง ๆ
2. ศึกษาเครื่องแสดงสถานการณ์ขึ้นที่มีอยู่ในปัจจุบัน
3. ศึกษาการใช้งานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีความจำเป็นต้องใช้ในการจัดทำ
4. จัดหาอุปกรณ์ตามที่ต้องการหรือหาอุปกรณ์อื่นทดแทน
5. ศึกษาการเขียนโปรแกรม
6. ออกแบบและจัดทำโครงงาน
7. ทดลองและปรับปรุงโครงงาน

บทที่ 2

ทฤษฎีและการใช้งานอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

ปฏิญานิพนธ์เล่มนี้เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องแสดงสถานะการยืน ซึ่งการยืนเป็นการแสดงท่าทางหรืออิริยาบถในที่นี้เราจะได้กล่าวถึงอิริยาบถใน 2 ลักษณะคือ อิริยาบถในลักษณะร่างกายหยุดพักผ่อน และอิริยาบถที่กล้ามเนื้อต่าง ๆ ของร่างกายประสานกันเพื่อให้ร่างกายหยุดนิ่งหรือเคลื่อนไหว ตลอดจนศึกษาตำแหน่งของจุดศูนย์กลางของร่างกาย (CG) ที่ฉายลงมาในแนวตั้ง

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับผู้ป่วย

2.1.1 การยืน

การยืนเป็นการแสดงท่าทาง (posture) อย่างหนึ่งของร่างกาย posture ในภาษาไทยแปลว่าท่าทาง ลีลาหรืออิริยาบถ หมายถึง ความสัมพันธ์ของส่วนต่าง ๆ ของร่างกายที่อยู่ใกล้เคียงกัน รวมทั้งความสัมพันธ์กับส่วนอื่น ๆ ของร่างกายทั้งหมดด้วย อาจเป็นสภาวะที่ร่างกายอยู่นิ่ง หรือสภาวะที่ร่างกายกำลังเคลื่อนไหวก็ได้ posture แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. Inactive posture เป็นสภาวะที่ร่างกายหยุดพักผ่อน เช่น การนอน กล้ามเนื้อ ทุกมัดของร่างกาย จะทำงานน้อยที่สุด จะมีแต่กล้ามเนื้อของอวัยวะที่จำเป็นต่อการดำรงชีพเท่านั้นทำงาน เช่น กล้ามเนื้อของระบบหายใจ กล้ามเนื้อของระบบการไหลเวียนของเลือด เป็นต้น
2. Active posture เป็นสภาวะที่กล้ามเนื้อต่าง ๆ ของร่างกายทำงานประสานกันเพื่อจะให้ร่างกาย คงอยู่ในท่าหนึ่ง ๆ หรือเพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย โดยแบ่งออกได้ เป็น
 - 2.1) Static posture คือ ท่าทางขณะที่ร่างกายอยู่นิ่งในท่าหนึ่งท่าใด เช่น การยืน การนั่ง เป็นต้น กล้ามเนื้อบางกลุ่มของร่างกายจะทำงานต้านกับแรงดึงดูดของโลก
 - 2.2) Dynamic posture คือ ท่าทางขณะที่ร่างกายมีการเคลื่อนไหว เป็นท่าทางที่ต้องใช้กล้ามเนื้อ ของข้อต่อต่าง ๆ ทำงานประสานกันเพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวที่ต้องการ เช่น การเดิน การนั่งลง การยืนขึ้น การก้มยกของ เป็นต้น

2.1.2 กลไกการควบคุมท่าทาง (Postural mechanism)

การทำงานของกล้ามเนื้อที่รักษาท่าทาง จะมีระบบประสาทมาควบคุมและมีกลไกที่สลับซับซ้อน ทำให้เกิดรีเฟล็กซ์ของการทรงตัว (posture reflex) ที่มีอวัยวะตอบสนอง (effector

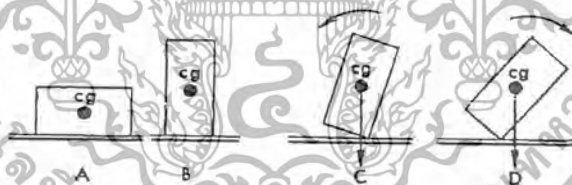
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

organ) อยู่ที่กล้ามเนื้อจะทำงานต้านกับแรงดึงดูดของโลก (antigravity muscle) ส่วนอวัยวะรับความรู้สึก (receptor organ) จะอยู่ที่ส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ดังนี้

- ก. กล้ามเนื้อ ภายในกล้ามเนื้อจะมีอวัยวะรับความรู้สึกเรียกว่า Neuromuscular end organ และ neurotendinous end organ ซึ่งเป็นอวัยวะที่บันทึกการเปลี่ยนแปลงของความตึงตัวของกล้ามเนื้อ
- ข. ตา การเห็นจะบันทึกการเปลี่ยนแปลงส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย และทำให้เกิด lighting reflex ที่จะคอยควบคุมให้ร่างกายอยู่ในท่าตั้งตรงเสมอ
- ค. หู การเคลื่อนไหวของร่างกายในระนาบต่าง ๆ หรือการหมุนของร่างกายซึ่งทำให้เกิดการเคลื่อนไหวของของเหลว ภายในอวัยวะควบคุมการทรงตัวของหูชั้นใน จะไปกระตุ้นอวัยวะรับความรู้สึกในอวัยวะนั้น ทำให้เกิดรีเฟล็กซ์ของการทรงตัวของร่างกาย

2.1.3 จุดศูนย์ถ่วงของร่างกาย

จุดศูนย์ถ่วง (center of gravity : CG) เป็นจุดสมมติที่น้ำหนักของวัตถุ หรือของร่างกายทั้งหมดมาสะสมอยู่ในกรณีทีวัตถุรูปทรงกลม ทรงกระบอกหรือทรงลูกเต๋า จุดศูนย์ถ่วงของวัตถุเหล่านั้นจะอยู่ที่จุดศูนย์กลางของวัตถุนั้น ๆ แรงดึงดูดของโลกกระทำต่อวัตถุที่จุดศูนย์ถ่วงนี้และมีทิศทางเข้าสู่จุดศูนย์กลางของโลก ในกรณีที่วัตถุมีรูปร่างไม่แน่นอน เช่น รูปตัวแอล จุดศูนย์ถ่วงจะอยู่นอกวัตถุนั้นได้ และมีวิธีคำนวณหาตามหลักของกลศาสตร์



รูปที่ 2.1 แสดงตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของวัตถุ

จุดศูนย์ถ่วงของร่างกายในแต่ละคนจะไม่เหมือนกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ โครงสร้างของร่างกาย อายุและเพศ การเปรียบเทียบจุดศูนย์ถ่วงของผู้ชายและผู้หญิง เนื่องมาจากตะโพกของผู้หญิงกว้างกว่าของผู้ชาย และส่วนขาของผู้หญิงสั้นกว่าของผู้ชายด้วย ทำให้จุดศูนย์ถ่วงของผู้หญิงอยู่ต่ำกว่าของผู้ชาย โดยเฉลี่ยความสูงของจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายชายและหญิงอยู่ 55.27 เปอร์เซ็นต์ของความสูงของร่างกาย

2.2 แผ่นรับแรง

แผ่นรับแรงเป็นส่วนที่ใช้ในการยื่นของคนที่มาใช้เครื่องแล้วจะกระจายแรงจากน้ำหนักไปสู่อุโหลคเซลล์แต่ละตัวที่มุมทั้ง 4 ของแผ่นรับแรง การออกแบบแผ่นรับแรงให้มีลักษณะเป็นรูปถาดสี่เหลี่ยมผืนผ้าเพื่อขอบจะทำให้โมเมนต์คดสูงขึ้นและมีการเชื่อมเหล็กกาบาทกันการ โกงตัวของแผ่นรับแรง หลักการของแผ่นรับแรงอาศัยหลักการทำงานของคาน ในลักษณะมีจุดรองรับ สองจุดที่ปลายแต่ละข้างและมีแรงกระทำระหว่างจุดรองรับทั้งสองนี้ซึ่งก็คือแรงเนื่องจากน้ำหนักของคนนั่นเองต่อไปเราจะกล่าวถึงหลักการของคาน

ชนิดของการรองรับของคาน มีระบบใหญ่ๆ 2 ระบบดังนี้

1. Simple supported beam เป็นระบบการรองรับของคานแบบง่าย ๆ



รูปที่ 2.2 แสดงคานแบบระบบการรองรับแบบง่าย ๆ

นั่นคือคานมีคมมุด หรือตุ๊กกลิ้งรองรับอยู่ เช่นในรูป 2 ที่จุดรองรับคานจะมี slope

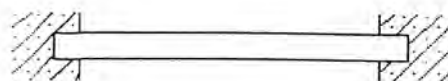
2. Fixed end or built-in beam ปลายของคานยึดไว้แน่นปลายที่โคนยึด ความชันจะเท่ากับศูนย์

- 1) ปลายข้างหนึ่งยึดแน่น ส่วนอีกข้างหนึ่งเป็นปลายอิสระ เช่นในรูป 3



รูปที่ 2.3 แสดงคานแบบปลายข้างหนึ่งยึดแน่น

- 2.) ปลายสองข้าง โคนยึดแน่น เช่นในรูป 4

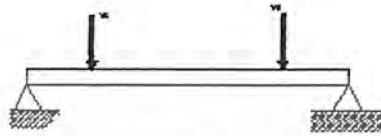


รูปที่ 2.4 แสดงคานแบบปลายสองข้างยึดแน่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับปริณูณานิพนธ์เล่มนี้เราจะกล่าวถึงในรายละเอียดเฉพาะคานที่มีข้อต่อทสองจุดที่ปลายคานแล้วมีแรงกระทำระหว่างจุดข้อต่อทั้งสอง

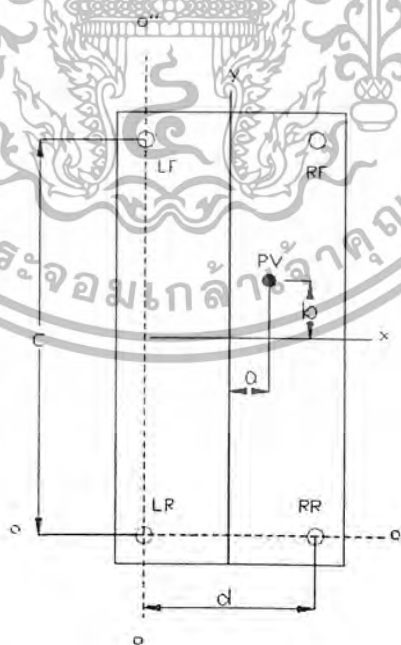
เมื่อคนยืนบนแผ่นรับแรงน้ำหนักตัวจะกดลงบนเท้าทั้งสองข้างถ่ายแรงลงไปยังโหนดเซลล์แต่ละตัวที่อยู่ที่มีมุมตั้งสี่ของแผ่นรับแรง จากรูปที่ 5 เป็นมุมมองที่มองจากทางด้านหน้าจุดรองรับทั้งสองข้างก็คือโหนดเซลล์



รูปที่ 2.5 แสดงแรงแบบจุดที่กระทำบนคาน

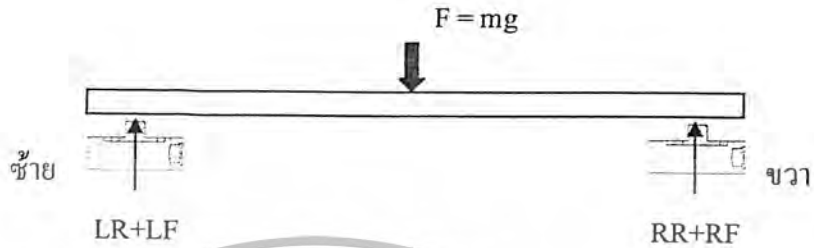
การหาค่าตำแหน่งของจุด CG บนแผ่นรับแรง

การหาค่าตำแหน่งของจุด CG ของคนที่ถ่ายลงมาบนแผ่นรับแรงนั้น ขั้นแรกเราต้องรู้ค่าแรงที่กระทำต่อโหนดเซลล์แต่ละตัวในลักษณะที่น้ำหนักตกลงที่จุดต่าง ๆ แตกต่างกันซึ่งเราจะแบ่งแผ่นรับแรงพิจารณาเป็น 2 แกนคือ แกนตั้ง y แกนนอน x แล้วใช้สมการคำนวณหาค่าตำแหน่งจุด CG ที่ถ่ายลงมาบนแผ่นรับแรง



รูปที่ 2.6 แสดงการแบ่งแกนบนแผ่นรับแรง

แรงเนื่องจากน้ำหนักตัวในแนวดิ่งที่กระทำต่อโหนดเซลล์แต่ละตัวจะทำให้โหนดเซลล์ทั้งสี่ตัวส่งสัญญาณผ่านการรับรู้และแปลงค่าส่งเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าเข้าสู่ตัวคอมพิวเตอร์ ซึ่งผลรวมของสัญญาณที่มาจากโหนดเซลล์ทั้ง 4 ตัว คือ

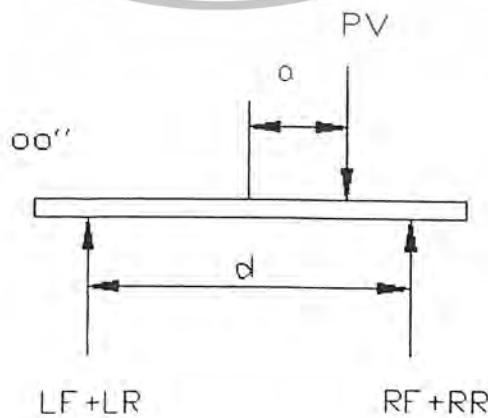


รูปที่ 2.7 แสดงผลรวมของสัญญาณของโหนดเซลล์แต่ละตัวเมื่อมีแรงมากระทำ

$$PV = LR + LF + RR + RF$$

- เมื่อ PV คือ ผลรวมของสัญญาณจากโหนดเซลล์ทั้ง 4 ตัว
- LF คือ สัญญาณจากโหนดเซลล์ตำแหน่งซ้ายด้านหน้า
- LR คือ สัญญาณจากโหนดเซลล์ตำแหน่งซ้ายด้านหลัง
- RF คือ สัญญาณจากโหนดเซลล์ตำแหน่งขวาด้านหน้า
- RR คือ สัญญาณจากโหนดเซลล์ตำแหน่งขวาด้านหลัง

ตำแหน่งของแรงในแนวดิ่งที่ควรถ่วงบนแผ่นรับแรงในแนวแกน X หาได้จาก



รูปที่ 2.8 แสดงแรงที่กระทำต่อแผ่นรับแรงพิจารณาในแนวแกน X

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์โดยบริษัท อีทีเอ จำกัด การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย

$$\sum M_{OO'} = 0; \quad PV\left(\frac{d}{2} + a\right) = (RF + RR)(d) \quad \text{---} (*)$$

แทนค่า PV ใน สมการ * จะได้

$$a = PX = \left[\frac{RR + RF - LR - LF}{PV} \right] \times \frac{d}{2} \quad \text{cm}$$

เมื่อ PX คือตำแหน่งจุดศูนย์กลางถ่วงที่ฉายลงบนแผ่นรับแรงแนวแกน X

ตำแหน่งของจุดศูนย์กลางถ่วงในแนวตั้งที่ฉายลงบนแผ่นรับแรงในแนวแกน Y หาได้จาก



$$\sum M_{OO'} = 0; \quad PV\left(\frac{c}{2} + b\right) = (LF + RF)(c) \quad \text{---} (**)$$

แทนค่า PV ใน สมการ (**) จะได้

$$b = PY = \left[\frac{LF + RF - LR - RR}{PV} \right] \times \frac{c}{2} \quad \text{cm}$$

เมื่อ PY คือตำแหน่งของศูนย์กลางถ่วงที่ฉายลงบนแผ่นรับแรงในแนวแกน Y

ตัวอย่าง สัญญาณที่ส่งจากโหนดเซลล์มาจาก LF และ RF เท่านั้น จากการคำนวณตามสูตรได้ตำแหน่งของจุด cg อยู่ที่ c/2 cm ในแนวแกน Y จากจุดกึ่งกลางแผ่นรับแรง

ถ้าหากสัญญาณที่ส่งมาที่ โหนดเซลล์แต่ละตัวเท่ากันหมด ตำแหน่งของจุด cg ก็จะอยู่ที่จุดกึ่งกลางแผ่นรับแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 โหลดเซลล์

โหลดเซลล์ (Load Cell) เป็นอุปกรณ์รับน้ำหนักของวัตถุ และเป็นอุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่แปลงน้ำหนักให้เป็นแรงดันไฟฟ้า โครงสร้างของโหลดเซลล์ประกอบด้วยส่วนต่างๆที่สำคัญคือสเตรนเกจ แบบค่าความต้านทาน และชิ้นส่วนรับน้ำหนักในตำแหน่งที่เหมาะสม ซึ่งสามารถแบ่งโหลดเซลล์ออกได้หลายแบบ ตามลักษณะการวาง และจำนวนของสเตรนเกจ เช่น โหลดเซลล์แบบลิงค์ (Link-Type Load Cell) โหลดเซลล์แบบคาน (Beam-Type Load Cell) โหลดเซลล์แบบวงแหวน (Ring-Type Load Cell) โหลดเซลล์แบบแรงเฉือน (Shear-Web Type Load Cell) เป็นต้นทรานสดิวเซอร์แบบ Strain Gauge เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการวัดแรง, ความดัน และน้ำหนัก เป็นต้น นิยมใช้วัสดุจำพวกโลหะตัวนำในการผลิต เรียกว่า สเตรนเกจแบบค่าความต้านทาน หลักการของทรานสดิวเซอร์ชนิดนี้อยู่บนพื้นฐานที่ว่า ถ้าตัวนำไฟฟ้าถูกขึงให้ตึงหรือถูกอัดตัวค่าความต้านทานของมันจะเปลี่ยนแปลง เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงในทางความยาว พื้นที่หรือพิกัดความต้านทาน (Resistivity) ของมัน และสามารถหาค่าความต้านทาน R ของตัวนำไฟฟ้าอันหนึ่ง ซึ่งมีหน้าตัด A มีความยาว L และมีพิกัดความต้านทานของวัสดุ ρ ได้จากสมการ



รูปที่ 2.10 แสดงลักษณะของสเตรนเกจเมื่อรับแรงกดและแรงดึง

ΔL เกิดจากน้ำหนักในระบบกระทำลงบนพื้นที่หน้าตัดของตัวนำหรือสเตรจ ถ้าเป็นแรงกดก็จากความดันขนาดความยาวด้าน L จะลดลง ส่งผลทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางสเตรนเกจจะใหญ่ขึ้น ทำให้ความต้านทานลดลง แต่ถ้าเป็นแรงดึงขนาดของความยาวจะเพิ่มขึ้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลดลง ทำให้ความต้านทานเพิ่มขึ้น ความไวของเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทาน

ของสเตรนเกจ หรือความไวในการวัดของสเตรนเกจ นั้นจะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของเกจแฟกเตอร์(Gauge Factor)

$$\text{Gauge Factor} = \frac{\Delta R/R}{\xi}$$

เมื่อ ΔR คือ ค่าความต้านทานที่เปลี่ยนไป เนื่องจากความยาว L เปลี่ยนไป ΔL

R คือ ค่าความต้านทานขณะความยาว L

ξ คือ ค่าความเครียดของวัสดุ $\xi = \Delta L/L$

สเตรนเกจแบบค่าความต้านทานแบ่งออกเป็น สเตรนเกจแบบเส้นลวด(Wire Resistance Strains Gauge) สเตรนเกจแบบแผ่นโลหะบาง(Foil Resistains Gauge) และแบบชนิดของสารกึ่งตัวนำ(Semiconductor Strains Gauge) การประยุกต์ใช้งานสเตรนเกจแบบค่าความต้านทานสำหรับงานขึงน้ำหนัก โดยทั่วไปนิยมเลือกใช้สเตรนเกจแบบโลหะบาง เพราะมีขีดจำกัดความเครียดค่อนข้างสูง มีความต้านทานสูงให้เลือก ซึ่งใช้กระแสต่ำทำให้เกิดความร้อนน้อยขณะที่ใช้งาน ง่ายและราคาถูกกว่า ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน

การใช้งานสเตรนเกจแบบค่าความต้านทานถูกยึดติดไว้กับพื้นผิวของชิ้นส่วนสำหรับน้ำหนักในตำแหน่งที่มีความเครียดเกิดขึ้นสูงสุด เพื่อที่จะให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานมากที่สุด อันเนื่องมาจากผลของการยืดหรือหดตัวของสเตรนเกจ และต่อสเตรนเกจเป็นวงจรแบบวีต ไคนบริดจ์(Wheatstone Bridge)



รูปที่ 2.11 วงจรบริดจ์สำหรับสเตรนเกจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แขนทั้งสองของบริดจ์มีเกจความเครียดต่อเชื่อมอยู่ส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของ

สเตรนเกจ เนื่องจากสเตรนเกจเกิดความเครียด บริดจ์ซึ่งสมดุลในตอนต้นก็เกิดไม่สมดุลทำให้เกิดกระแสไหลผ่านความต้านทาน R_G การเปลี่ยนแปลงนี้สามารถวัดได้ และถูกใช้สำหรับแสดงการเปลี่ยนแปลงความต้านทานของ สเตรนเกจ ซึ่งสัมพันธ์ระหว่างกระแสเอาท์พุทกับการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานในตัวสเตรนเกจ สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$I_c = \frac{E(R_2R_4 - R_1R_3)}{R_2(R_1 + R_4)(R_G + R_3 + R_4) + R_1R_3R_4 + R_2R_4^2 + R_G R_3(R_1 + R_4)}$$

ในกรณีที่บริดจ์สมดุลหรือ $I_G = 0$ จะได้เงื่อนไขของการสมดุลเป็น

$$\frac{R_1}{R_4} = \frac{R_2}{R_3}$$

และถ้าเกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของสเตรนเกจ เนื่องจากสเตรนเกจเกิดความเครียดมีค่าเป็น

$R_1 = R_1 + \Delta R_1, R_2 = R_2 + \Delta R_2, R_3 = R_3 + \Delta R_3$ และ $R_4 = R_4 + \Delta R_4$ เมื่อสภาวะเริ่มต้นเป็น $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$ ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าเอาท์พุทเมื่อ R_G มีค่าเป็น ∞ จะได้เป็น

$$E_o = \frac{EF(-\xi_1 + \xi_2 - \xi_3 + \xi_4)}{4}$$

เมื่อ F เป็นเกจแฟคเตอร์ของสเตรนเกจ

ξ_1 เป็นความเครียดที่เกิดจาก R_1

ξ_2 เป็นความเครียดที่เกิดจาก R_2

ξ_3 เป็นความเครียดที่เกิดจาก R_3

ξ_4 เป็นความเครียดที่เกิดจาก R_4

ด้วยเหตุนี้จะพบว่ากระแสเอาท์พุทจะเพิ่มขึ้น ถ้าการเปลี่ยนแปลงของความต้านทาน ΔR_1 มีธรรมชาติที่ตรงกันข้ามกับ ΔR_2 และ ΔR_4 และมีธรรมชาติที่เหมือน ΔR_3 ดังนั้นแกนที่อยู่

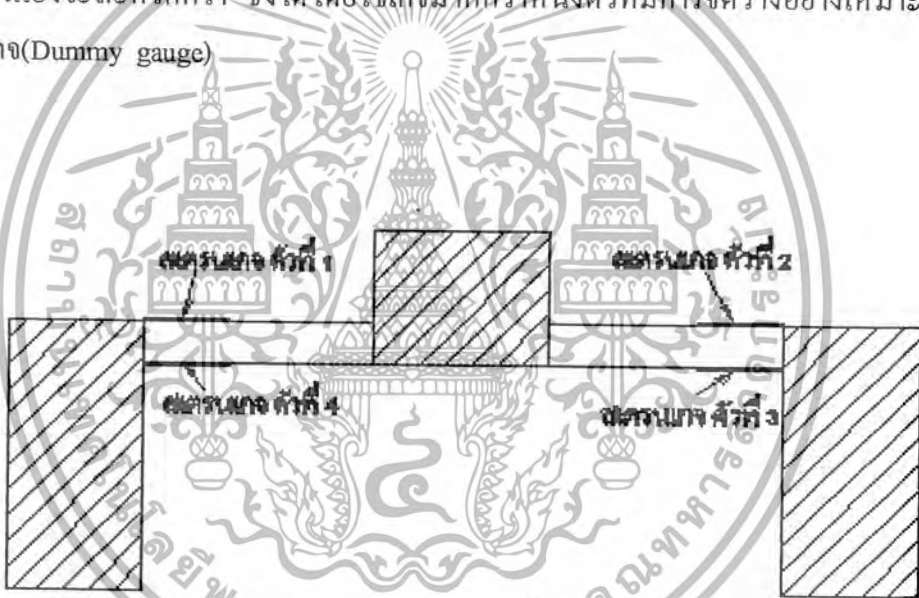
ใกล้กัน

ของบริดจ์จะต้องมีความเครียดในธรรมชาติที่ตรงกันข้ามกัน เพื่อให้เอาท์พุทมี

ค่า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดใหญ่หรือเพิ่มความไวของบริดจ์ ซึ่งเราจะต้องใช้ความสนใจกับการจัดวางติดตั้งเกจ ความเครียดบนพื้นที่ต้องการวัดในลักษณะที่ว่า ถ้า R1 เป็นความตึงเครียด R2 ควรจะเป็นความอัดเครียด R3 เป็นผลของความตึงเครียด และ R4 เป็นความอัดเครียด ดังนั้นมันเป็นไปได้ที่จะให้นิยามของคำว่า “แฟกเตอร์เพิ่มสัญญาณ (Signal enhancement factor) ของบริดจ์” เหมือนกับ อัตราส่วนของเอาต์พุตสูงสุด เนื่องจากค่าเปลี่ยนแปลงในเกจความเครียดหลายๆ ตัวต่อเอาต์พุตสูงสุดที่ได้รับจากการใช้เกจ ความเครียดเพียงตัวเดียวบนพื้นที่ที่ต้องการวัด หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง เกจที่มีมากกว่าหนึ่งตัว(ภายใต้ความเครียด) ถูกจัดวางไว้อย่างเหมาะสม สามารถทำให้ความไวเพิ่มมากขึ้นหรือทำให้สัญญาณเพิ่มสูงขึ้น นอกจากความเครียดแล้ว การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจะมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ของค่าความต้านทานในเกจความทานในเกจความเครียดด้วย แต่มันไม่สะดวกที่จะใช้คำนวณ เพื่อการแก้ไขอุณหภูมิ การแก้ไขและการชดเชยอุณหภูมิที่ทำได้โดยตัวของมันเองจะสะดวกกว่า ซึ่งได้โดยใช้เกจมากกว่าหนึ่งตัวที่มีการจัดวางอย่างเหมาะสมหรือใช้คัมมิเกจ(Dummy gauge)



รูปที่ 2.12 การจัดวางสเตรนเกจของโพลลเซลล์

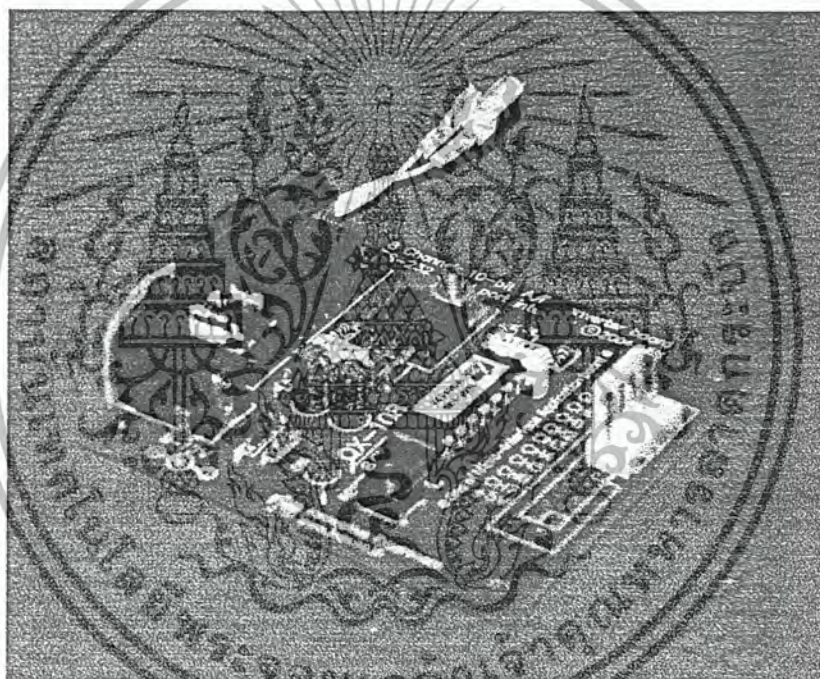
ชิ้นส่วนรับน้ำหนัก ทำหน้าที่รับน้ำหนักของโพลลที่มากกระทำต่อโพลลเซลล์ ซึ่งจะเกิดการยืดหรือหดตัวขึ้นในเนื้อวัสดุส่งผลทำให้เกิดความเค้น และความเครียดขึ้นโดยทั่วไปแล้วชิ้นส่วนที่รับน้ำหนักต้องไม่มีการยืดหรือหดตัวอย่างถาวรขณะรับโพลล จากกฎของฮุกจะได้รับความสัมพันธ์ระหว่างแรง (น้ำหนัก) ที่กระทำต่อชิ้นส่วนรับน้ำหนักกับค่าความเครียดวัสดุที่ใช้เป็นชิ้นส่วนการรับน้ำหนัก มักจะใช้เหล็กคาร์บอนปานกลางผสมโครเมียมและโมลิบดีนัม ส่วนรูปร่างของชิ้นส่วนรับน้ำหนักที่ใช้กันนั้นจะมีรูปร่างแตกต่างกันออกไปตามขนาดของโพลลเซลล์ที่รับน้ำหนัก ซึ่งวัสดุที่มีความมีสมบัติดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดเป็นเชิงเส้นอยู่ในช่วงกว้างๆ
- มีสเตรนฮิสเทอรีซิส (Strain Hyteresis) ต่ำ เมื่อรับโหลดซ้ำๆ กัน
- มีครีป (Creep) น้อย เมื่อรับโหลดนานๆ กล่าวคือ มีการเปลี่ยนแปลงค่าของความเครียดต่อเวลาต่ำในขณะที่มีความเค้นคงที่

2.4 บอร์ดแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล QX-108 (A/D)

ปริญญาโทพนธ์เล่มนี้ใช้บอร์ดแปลงสัญญาณแรงดันอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลขนาด 10 บิต รับค่าได้ 8 ช่องสัญญาณ เชื่อมต่อพอร์ตอนุกรม ของบริษัท Innovative Experiment รับสัญญาณอินพุทอนาลอกที่ 0-5 โวลต์



รูปที่ 2.13 แสดงบอร์ดแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล QX-108

คุณสมบัติ

- เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์โดยตรงผ่านพอร์ตอนุกรม พร้อมวงจรแปลงระดับสัญญาณมาตรฐาน RS-232 ในตัวด้วยความเร็วบอร์ด 19200 บิต/วินาที, 8 บิตข้อมูล, ไม่มีบิต parity, 1 บิตหยุดแปลงสัญญาณอนาลอก 8 ช่อง ความละเอียดการแปลงสัญญาณ 10 บิตที่ระดับแรงดัน 0-5 V.DC.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ใช้ไฟเลี้ยงจากอะแดปเตอร์ภายนอก 9-12 V. พร้อมวงจรเรกกูเลตแปลงระดับแรงดันคงที่ +5 V. สำหรับเลี้ยงวงจรและไฟ LED แสดงการทำงาน

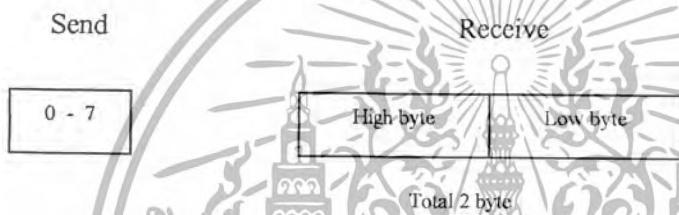
รูปแบบการติดต่อและรับส่งข้อมูล

มีทั้งหมด 4 รูปแบบคำสั่งดังนี้

1. คำสั่งอ่านค่าแบบไบนารี 2 ไบต์ จากช่องสัญญาณ

Single channel conversion

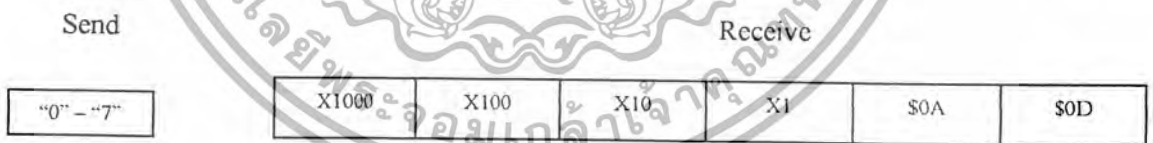
Return : 2 byte immediate value



2. คำสั่งอ่านค่าแบบรหัสแอสกี 6 ไบต์ จากช่องสัญญาณ

Single channel conversion

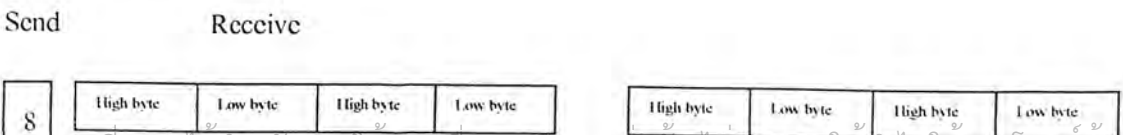
Return : 6 byte value as decimal 4 digit (ASCII) with line feed and carriage return code



3. คำสั่งอ่านค่าแบบไบนารี 2 ไบต์ จาก 8 ช่องสัญญาณ

All 8 channels conversion

Return : 16 byte immediate value



Ch.0	Ch.1
------	------

Ch.6	Ch.7
------	------

4. คำสั่งอ่านชื่อและรุ่นของบอร์ดที่ใช้งาน

Check signature

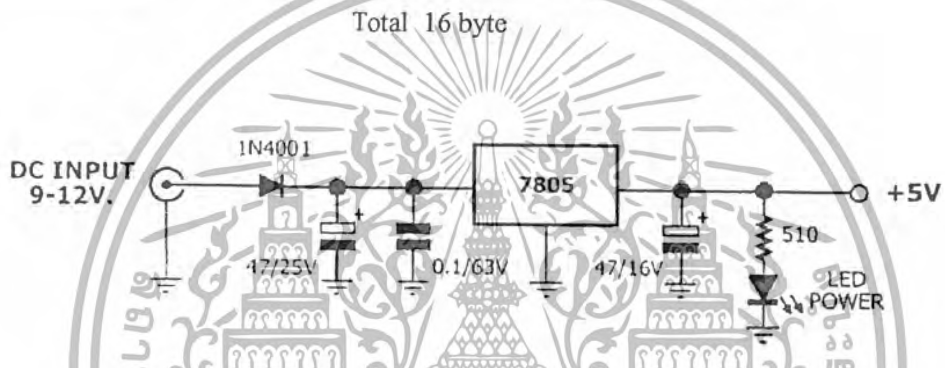
Return : 6 byte Model name with line feed and carriage return code

Send

Receive

SAA (170)

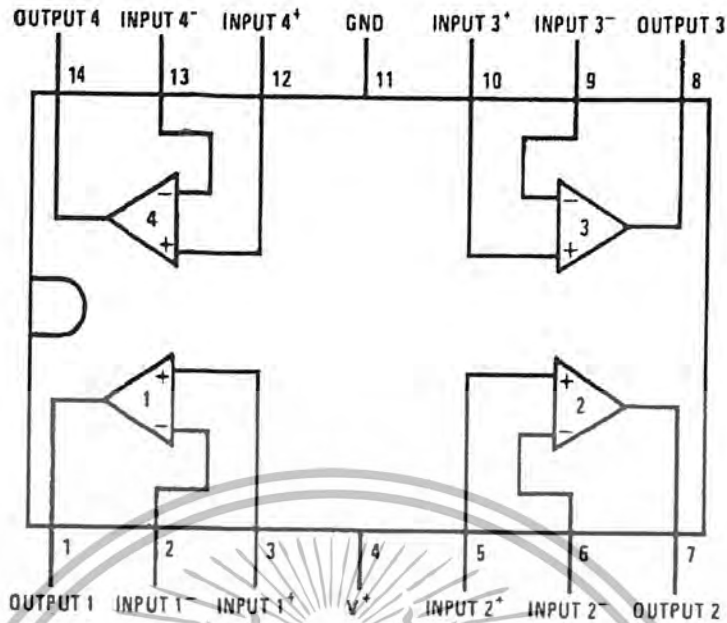
QX - 108 Revision name + \$0A + \$0D



รูปที่ 2.14 แสดงวงจรไฟเลี้ยงบอร์ด QX-108

2.5 ไอซีขยายแรงดัน

สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากอุปกรณ์ทรานซิสเตอร์ต่าง ๆ จะมีขนาดเล็กไม่สามารถที่จะนำไปใช้งานได้ จึงต้องนำมาขยายสัญญาณเสียก่อน เพื่อให้สัญญาณมีขนาดใหญ่ วงจรที่ใช้ในการขยายสัญญาณจะใช้วงจรขยายแรงดันอินส์ทრูแมนเทจชันแอมพลิไฟเออร์ที่ใช้ในการจัดทำปริญญา นิพนธ์นี้ เป็นไอซีเบอร์ LM084 ของบริษัท Hitashi ซึ่งเป็นไอซีที่มีใช้กันอยู่ทั่วไป



รูปที่ 2.15 แสดงการจัดขาของ LM084

เนื่องจากไอซีเบอร์ LM084 ไม่ได้เป็น ไอซีสำเร็จรูปสำหรับวงจรมายแรงดันอินส์ทรูเมน เทชชั่นแอมพลิไฟเออร์ แต่เป็น ไอซีที่มี Opm amp 4 ตัว ซึ่งสามารถนำมาต่อเป็นแอมพลิไฟเออร์ได้ การปรับอัตราขยายสามารถปรับได้จากการเปลี่ยนค่าความต้านทาน R_G หากกำหนดให้ค่า R_1 และ R_2 คงที่ที่ 100 k เราสามารถหาค่าอัตราขยายของวงจรมายแรงดันอินส์ทรูเมนได้ดังนี้

$$G = \frac{(R_1 + R_2)}{R_G} = \frac{200k}{R_G}$$

เมื่อ R_G คือ ค่าความต้านทานที่นำมาต่อระหว่างขา 16 กับขา 3

G คือ อัตราขยายของวงจร

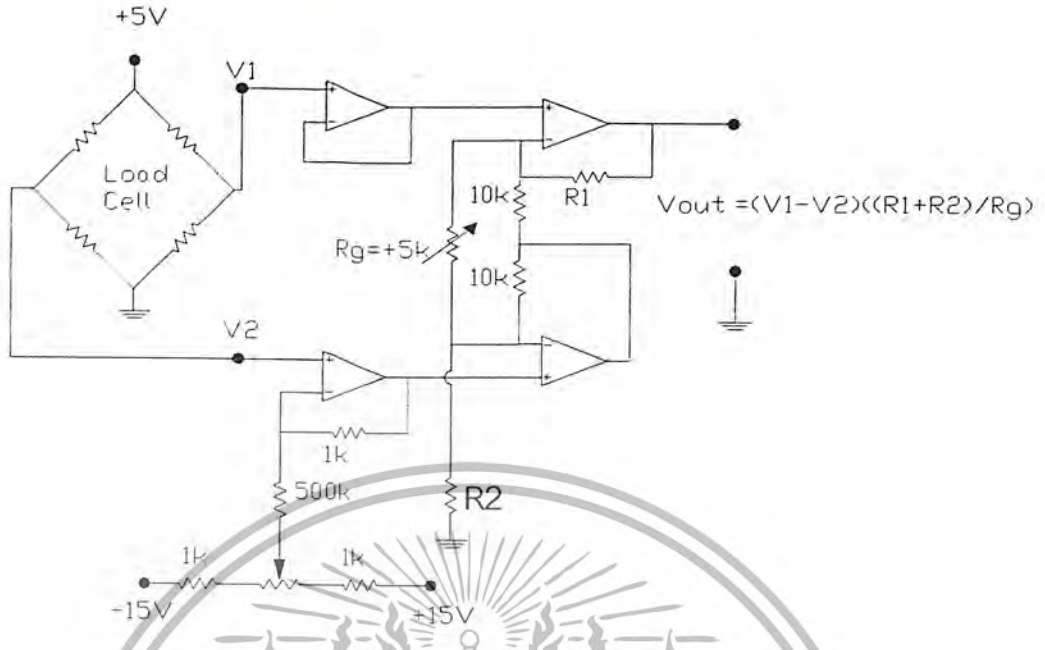
อัตราขยายแรงดันขึ้นอยู่กับค่า R_G ดังนั้นหากต้องการค่าอัตราขยายเท่าใดก็สามารถปรับค่าความต้านทานของ R_G ได้เลย โดยจะได้อัตราขยายดังนี้

เลือก G เท่ากับ 10 เท่า ค่าความต้านทาน $R_G = 20\text{ k}$ โอห์ม

เลือก G เท่ากับ 100 เท่า ค่าความต้านทาน $R_G = 2\text{ k}$ โอห์ม

เลือก G เท่ากับ 1000 เท่า ค่าความต้านทาน $R_G = 200$ โอห์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 แสดงการต่อไอซี เบอร์ LM084 ในวงจรแอมป์พิลลิไฟเออร์

นอกจากนั้นยังสามารถที่จะเลือกค่าอัตราขยายค่าอื่นๆ นอกเหนือจากการเปลี่ยนค่า R_G ให้เลือกใช้งานได้เหมือนกันนั่นก็คือการเปลี่ยนค่าความต้านทานของ R_1 และ R_2 ได้ โดยทั่วไปเราจะให้ค่า R_1 และ R_2 มีค่าเท่ากันเพื่อง่ายในการคำนวณ และเลือกตัวต้านทาน เราจะเลือกค่า R_G ให้เป็นค่าคงที่ค่าหนึ่งสมมติว่า R_G เท่ากับ $1k$ ก็จะหาอัตราขยายของวงจรขยายแรงดันได้ดังสมการ

$$G = \left[\frac{R_1 + R_2}{1000} \right]$$

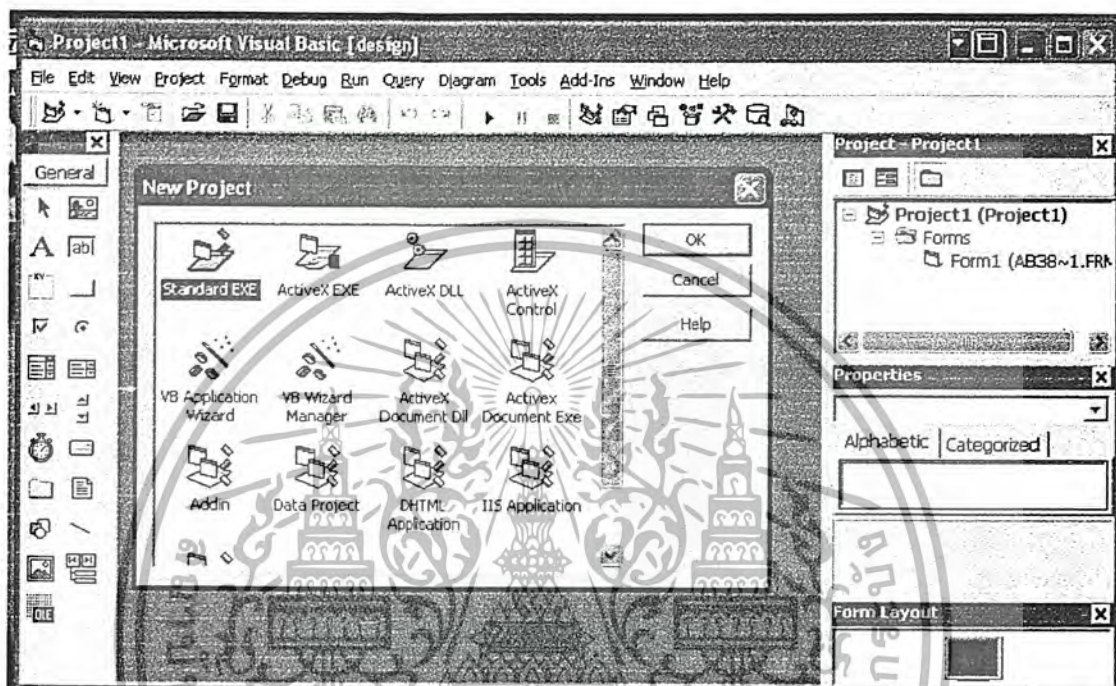
- เลือก G เท่ากับ 10 เท่า ค่าความต้านทาน R_1+R_2 เท่ากับ 10000 โอห์ม
- เลือก G เท่ากับ 100 เท่า ค่าความต้านทาน R_1+R_2 เท่ากับ 1000 โอห์ม
- เลือก G เท่ากับ 1000 เท่า ค่าความต้านทาน R_1+R_2 เท่ากับ 1000 โอห์ม

2.6 การเขียนโปรแกรม Visual Basic สำหรับรับค่าจากบอร์ด QX-108

ปริญญาณิพนธ์เล่มนี้เราได้ ใช้บอร์ดแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลแบบสำเร็จรูปรุ่น QX-108 ของบริษัท Innovative Experiment ซึ่งเป็นบอร์ดที่ใช้การเชื่อมต่อแบบอนุกรมกับคอมพิวเตอร์ ทางบริษัทได้มีการเขียน โปรแกรมรับเป็นภาษา Visual Basic สำหรับการรับค่าของบอร์ดตัวนี้ไว้เรียบร้อยแล้วการนำมาใช้งานโดยการเปิดโปรแกรมขึ้นมาแล้วเลือกการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต การค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เขียนโปรแกรมแบบ Standard EXE. ดังรูป 2.17 แล้วก็เพิ่มส่วนที่ใช้เชื่อมต่อพอร์ทระหว่างบอร์ดกับคอมพิวเตอร์ซึ่งอยู่ในเมนู Project / Components แล้วเลือก Microsoft comm control เพิ่มในเครื่องมือ เพื่อเป็นอุปกรณ์ในการเชื่อมต่อพอร์ทคอมพิวเตอร์ ส่วนการเขียนโปรแกรมรับค่าได้แสดงไว้ในภาคผนวก



รูปที่ 2.17 แสดงการเลือกเมนูสำหรับเปิดโปรแกรม

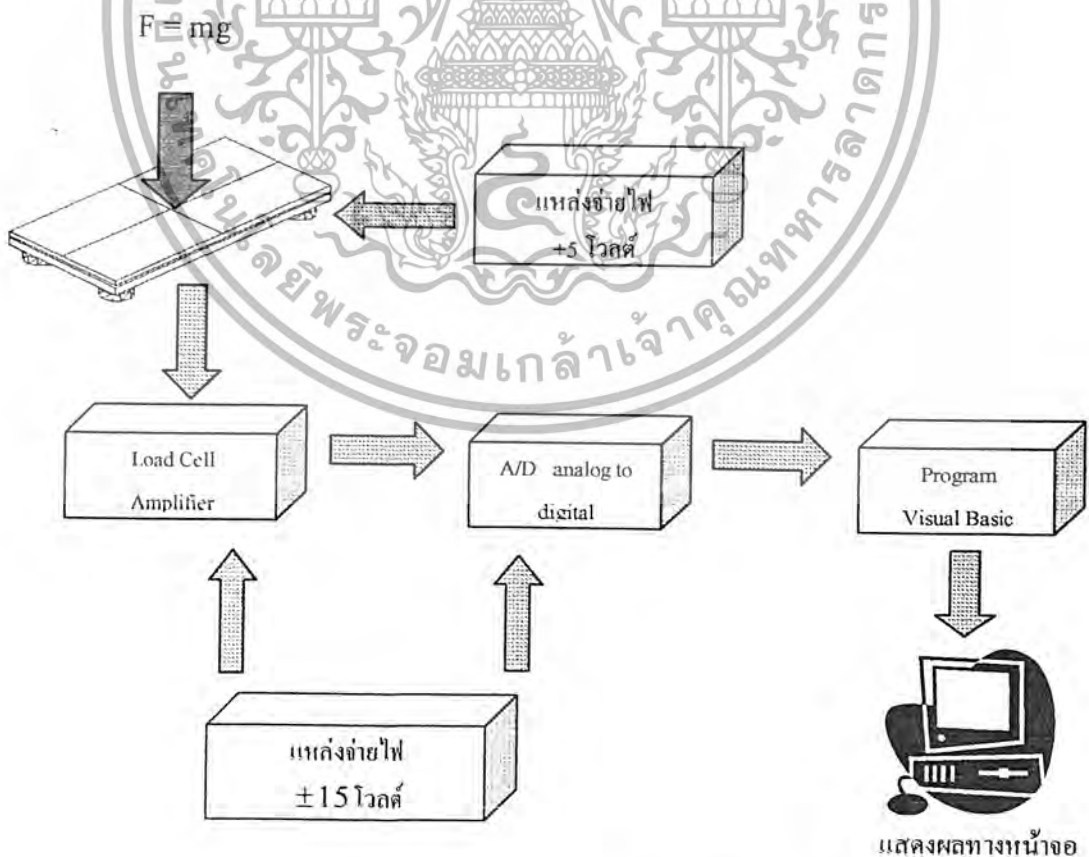
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วงจรและการทำงานของเครื่องแสดงสถานะการย่น

เครื่องแสดงสถานะ การทรงตัวอาศัยหลักการทางกลศาสตร์และการนำเอาหลักการทางไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้ร่วมกัน กล่าวคือเป็นการแปลงค่าความเค้น และความเครียด ให้เป็นแรงดันไฟฟ้าเมื่อมีแรงหรือน้ำหนักมากระทำต่อวัสดุตัวนำ แรงดันไฟฟ้าที่ได้จะสัมพันธ์กับแรงหรือน้ำหนักนั้น ซึ่งก็คือหลักการทำงานของโพลคเซลล์ ดังนั้นเครื่องแสดงสถานะ การทรงตัวจึงต้องใช้โพลคเซลล์เป็นอุปกรณ์หลักในการทำงาน สัญญาณที่ออกมาจากโพลคเซลล์มีค่าน้อยมากจึงนำเข้าวงจรขยายแรงดันที่อัตราขยาย 600 เท่า แล้วส่งเข้าสู่ บอร์ดแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลซึ่งสามารถรับค่าการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าระหว่าง 0 – 5 โวลต์ เข้าสู่คอมพิวเตอร์แล้วใช้โปรแกรม Visual Basic รับค่า คำนวณและ แสดงผล ออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ ขั้นตอนการทำงานดังกล่าวแสดงได้ดังชาร์ต

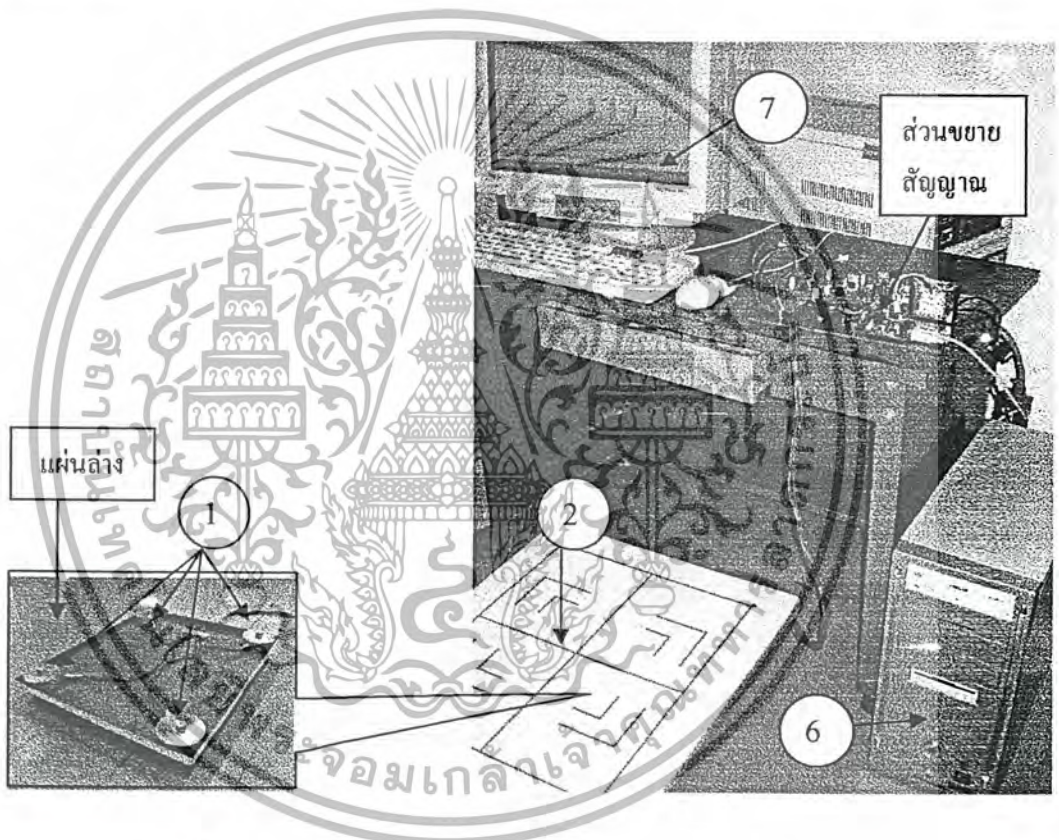
3.1 หลักการทำงานและส่วนประกอบของเครื่องแสดงสถานะการย่น



รูปที่ 3.1 แสดงชาร์ตการทำงานของเครื่องแสดงสถานะการย่น

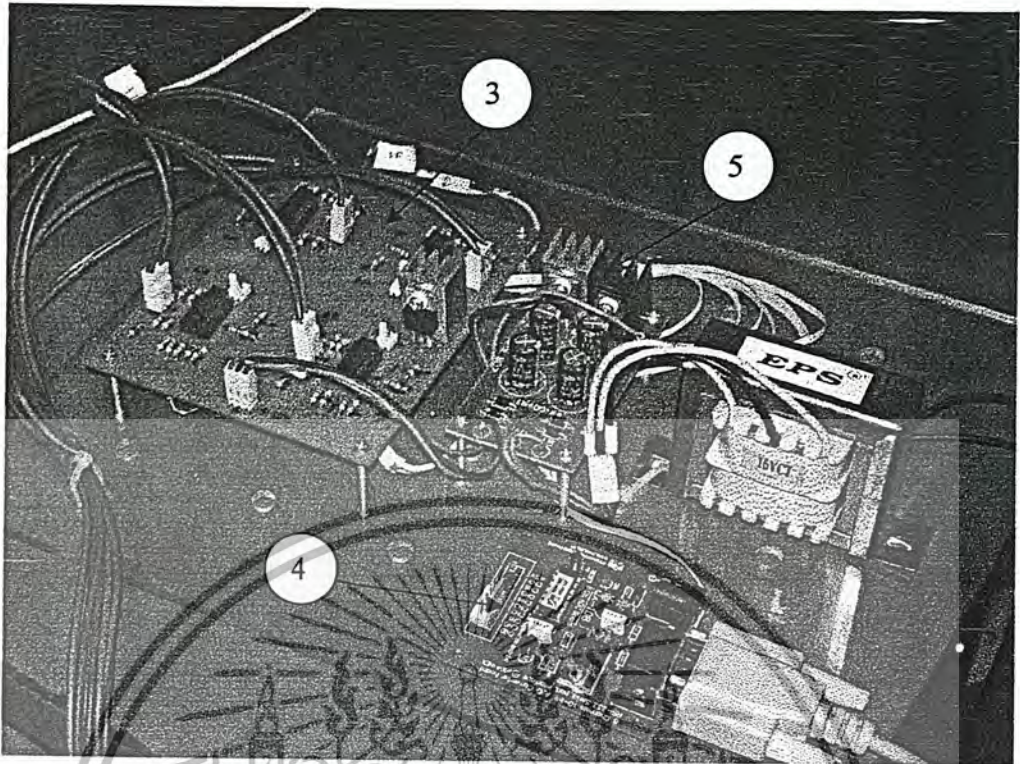
ส่วนประกอบของเครื่องแสดงสถานะ การยีน

1. โพลีเซลล์ 4 ตัว
2. แผ่นรับแรง
3. วงจรขยายแรงดัน
4. วงจรแปลงสัญญาณ อะนาลอกเป็นดิจิตอล (A/D)
5. อุปกรณ์จ่ายไฟฟ้าใช้ในวงจร -15 v., +15 v. และ 5 โวลต์
6. คอมพิวเตอร์
7. หน้าจอแสดงผล



รูปที่ 3.2 แสดงส่วนประกอบของเครื่องแสดงสถานะการยีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงส่วนขยายและแปลงสัญญาณ

การทำงานของเครื่องแสดงสถานะ การยืนยันเริ่มจากเมื่อมีแรงกระทำบนแผ่นรับแรง แรงจะกระจายไปที่โพลีเซลล์ที่อยู่ทั้งหมดสี่ของแผ่นรับแรง ภายในโพลีเซลล์ สเตรนเกจถูกต่ออยู่ในรูปของวงจรถับแรง แรงดันไฟฟ้าที่ออกจากวงจรถับแรงจะแปรผันตามแรงที่กระทำกับโพลีเซลล์ แรงดันไฟฟ้าที่ออกจากจุดนี้จะมีค่าน้อยมาก (0-10 mv) จึงต้องนำไปขยายด้วยวงจขยายแรงดันให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเป็น 0-5 โวลต์ แรงดันไฟฟ้าที่ขยายแล้วจะถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลด้วยวงจรแปลงอนาลอกเป็นดิจิทัล (A/D) ขนาด 10 บิต ส่งสัญญาณต่อเข้าสู่คอมพิวเตอร์ แล้วใช้โปรแกรม วิซวล เบสิก ในการคำนวณหาตำแหน่งและแสดงผลจุดศูนย์กลางถ่วงของร่างกายที่ฉายลงในแนวตั้งบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ การเลื่อนตำแหน่งของจุดศูนย์กลางถ่วงของร่างกายจะถูกปรับค่าใหม่ทุกๆ 0.1 วินาที

3.2 แผ่นรับแรง

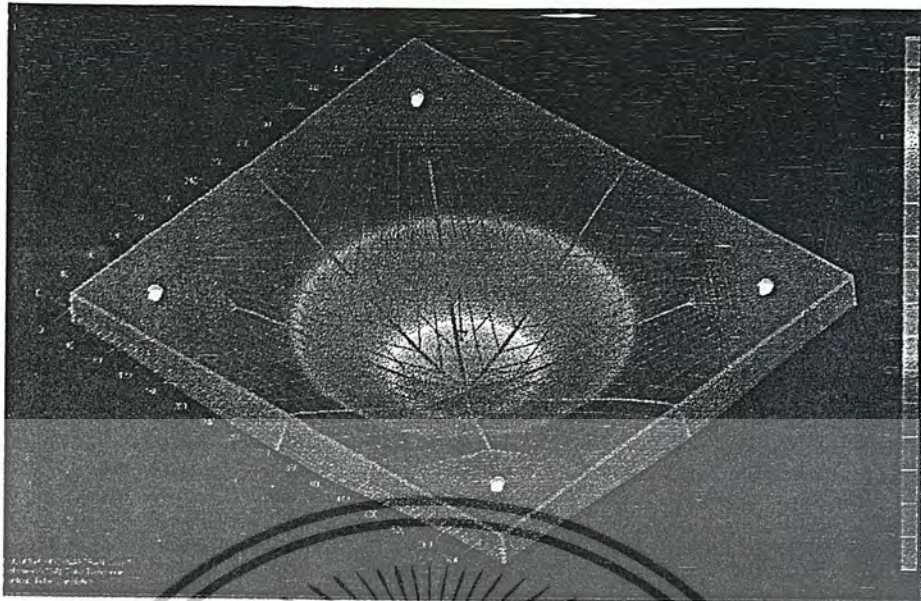
แผ่นรับแรงที่ใช้ทำจากเหล็กแผ่นหนา 3 มิลลิเมตร เป็นชิ้นส่วนที่รับแรงที่เกิดจากน้ำหนักของคนที่ยืนบนแผ่นรับซึ่งจะกระจายแรงกดบนโพลีเซลล์แต่ละตัวที่อยู่ทั้งหมด 4 ของแผ่นรับแรง การออกแบบให้มีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 55 cm x 65 cm พับขอบสูง 3.8 cm ซึ่งมี

กิโกลรัม เพื่อดูการ โกงตัวเราจึงนำเข้าไปทำการวิเคราะห์ในคอมพิวเตอร์ระยะเวลา โกงตัวของแผ่นรับแรง พบว่าระยะ โกงตัวสูงสุด มีค่า 4.15 mm ที่ตำแหน่งกึ่งกลางแผ่นรับแรงคังรูป



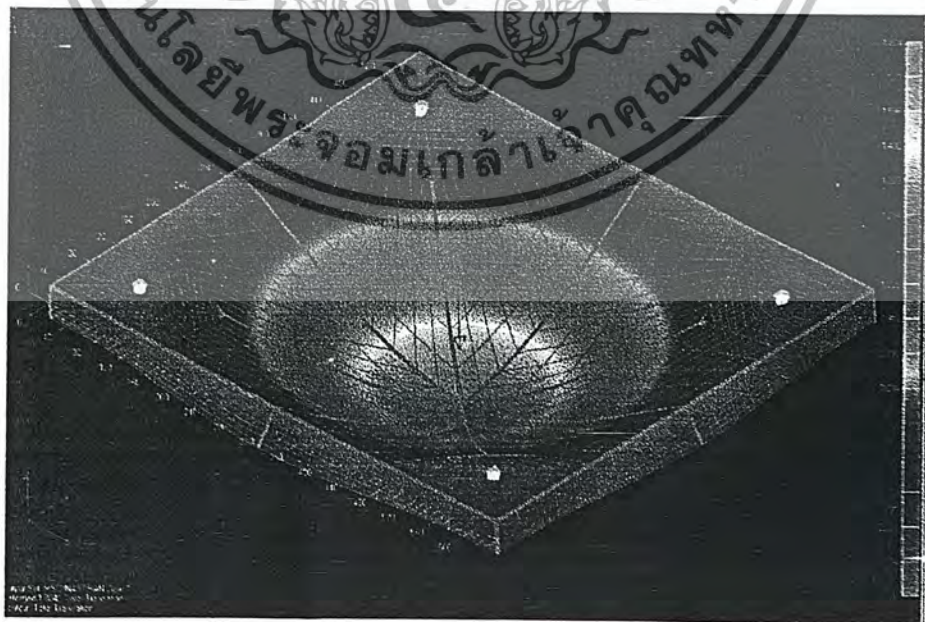
รูปที่ 3.4 แสดงส่วนขนาดและอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนแผ่นรับแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แสดงระยะ โกงตัวของแผ่นรับแรงก่อนการเสริมความแข็งแรง

แล้วทำการใช้แผ่นเหล็ก ขนาด $0.3 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$ เชื่อมติดที่ด้านล่างของแผ่นรับแรงตามจุดที่รับแรง แล้วมีการ โกงตัว จากการวิเคราะห์ต้องทำการเชื่อมเป็นกากบาทที่กึ่งกลางของแผ่นแล้วทำการ วิเคราะห์พบว่ามีการ โกงตัวเหลือเพียง 1.81 mm จากแบบที่ได้จากการวิเคราะห์ในคอมพิวเตอร์ นำไปสร้างแผ่นรับแรงจริง



รูปที่ 3.6 แสดงระยะ โกงตัวของแผ่นรับแรงหลังจากเสริมความแข็งแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานในท้องถิ่น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

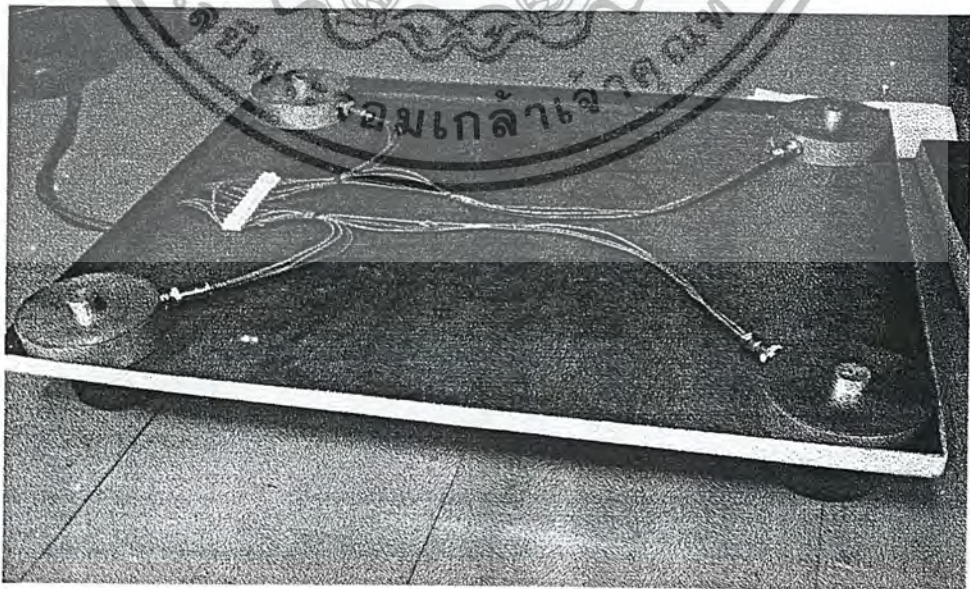
3.3 โหลดเซลล์

คุณสมบัติของโหลดเซลล์

ค่าแรงดันเอาต์พุตสูงสุด	10 mV / + - 10%
อุณหภูมิการใช้งาน	0 - 40 องศาเซลเซียส
Input Impedance :	120 โอห์ม
Output Impedance : -	90 โอห์ม
ไฟเลี้ยง	5 V. DC.
ย่านการวัด	0- 50 กิโลกรัม



รูปที่ 3.7 แสดง โหลดเซลล์



รูปที่ 3.8 แสดงตำแหน่งการติดตั้ง โหลดเซลล์ที่แผ่นรับแรงตัวถ่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

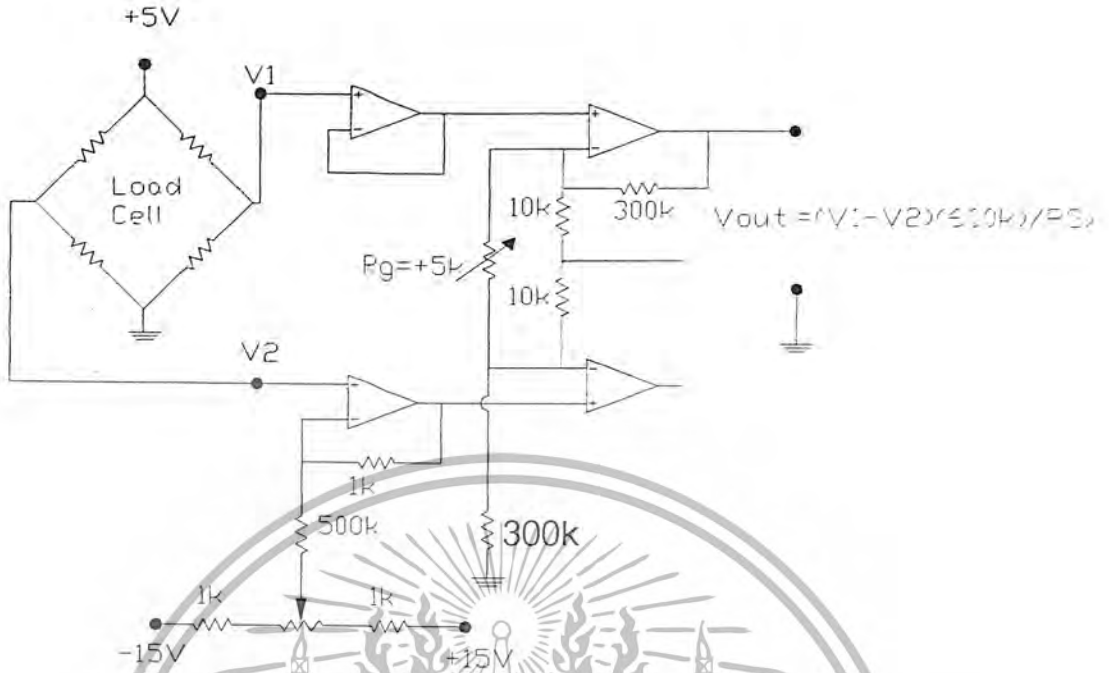
3.4 วงจรที่ใช้งาน

การทำงานของเครื่องแสดงสถานะการยืนเป็นการผสมผสานระหว่างความรู้ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์และเครื่องกล ส่วนที่เป็นกลไกในการรับค่าน้ำหนักของร่างกายโดยแผ่นรับแรง และ โหลดเซลล์ เป็นความรู้ทางด้านเครื่องกล หลังจากนั้นจากหลักการของโหลดเซลล์ที่จะอาศัยค่าความต้านทานที่เปลี่ยนไปทำให้ค่าแรงดันที่ออกมาเปลี่ยนไปด้วย การที่จะนำค่าแรงดันที่ออกมาตามหลักการทำงานของเครื่องแสดงสถานะการยืนจำเป็นที่จะต้องนำอุปกรณ์ทาง อิเล็กทรอนิกส์มาใช้เพื่อรับค่าเข้าไปทำการคำนวณ และประมวลผล ซึ่งอุปกรณ์และวงจรต่าง ๆ ที่ใช้ มีดังนี้

3.4.1 วงจรจ่ายไฟ

ในการออกแบบวงจรแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงมีหลายแบบ มีตั้งแต่แบบง่าย ๆ ไปจนถึงแบบที่มีวงจรรักษาระดับแรงดันให้คงที่ (Voltage Regulators) ทั้งแบบใช้ทรานซิสเตอร์จนถึงไอซี โดยที่จุดมุ่งหมายของการรักษาระดับแรงดันให้คงที่ คือ การรักษาระดับแรงดันเอาต์พุตให้คงที่ ถึงแม้ว่ากระแสของโหลดเอาต์พุต ระดับแรงดันอินพุต หรือทั้งสองอย่างมีการเปลี่ยนแปลงไปก็ตาม วงจรรักษาระดับแรงดันที่นิยมมักใช้ ไอซีแบบ 3 ขา ประกอบด้วยขาอินพุต เอาต์พุต และกราวด์ มีตัวเลขบอกชนิดทำให้ทราบคุณสมบัติของตัวไอซีด้วย ตัวเลขที่พิมพ์อยู่บนตัวถึงจะบอกถึงขั้วแรงดันเอาต์พุต คือ แบบให้แรงดันไฟฟ้าบวก 78xx , แบบให้แรงดันลบ 79xx , ค่า xx จะระบุถึงแรงดันเอาต์พุต

สำหรับโครงงานนี้ใช้วงจรแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงแบบใช้ไอซี ซึ่งใช้ไอซี 3 ตัว คือ เบอร์ LM7815 ให้แรงดันเอาต์พุต +15 โวลต์ . เบอร์ LM7915 ให้แรงดันเอาต์พุต -15 โวลต์ และเบอร์ LM7805 ให้แรงดันเอาต์พุต +5 โวลต์



รูปที่ 3.10 แสดงวงจร Instrument Amplifier

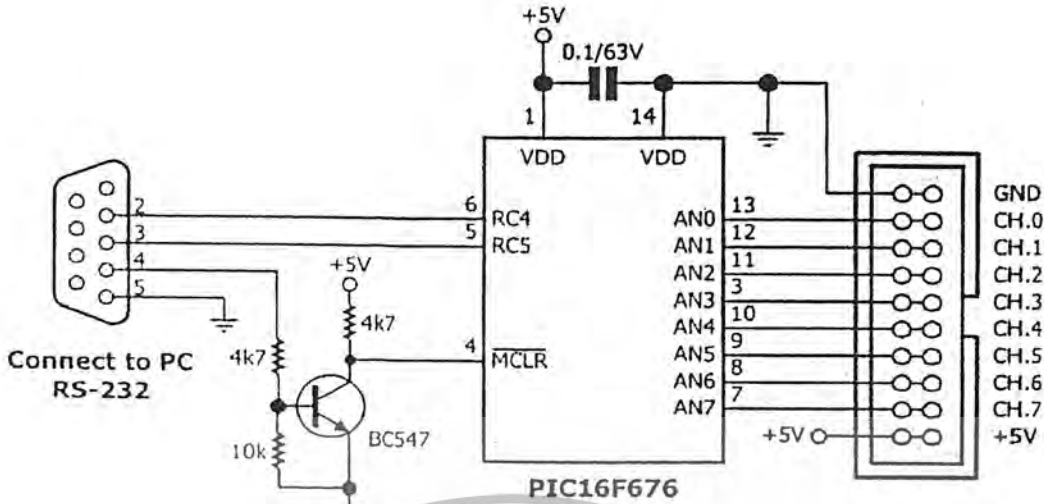
ซึ่งมีอัตราขยายเท่ากับ

$$(V1 - V2) \left(\frac{300k + 300k}{R_G} \right)$$

ซึ่งเราสามารถปรับค่า gain ของวงจรได้โดยการปรับค่า R_G แต่ในการทำโครงงานนี้เราได้กำหนดค่า R_G ให้คงที่เท่ากับทุกตัวอยู่ที่ 1 k เพื่อลดตัวแปรที่ทำให้เกิดสัญญาณรบกวน แล้วไปทำการปรับค่าเริ่มต้นในตัวโปรแกรม ซึ่งจากการกำหนดค่า R_G ทำให้เราได้ค่าอัตราขยายแรงดันเท่ากับ $(V1 - V2)(600)$

จากวงจรในรูปที่ 3.9 เราออกแบบให้มีการปรับเซตค่าศูนย์ได้สำหรับปริมาณที่พินิจนี้เราได้เลือกค่าความต้านทานที่ทำให้ค่าเริ่มต้นเท่ากับศูนย์แล้วเพื่อป้องกัน การปรับค่าจากบุคคลอื่น

สัญญาณที่ออกจากวงจรขยายแรงดันจะมีอัตราขยายเพิ่มขึ้น 600 เท่า (สามารถปรับได้มากกว่านี้ แต่สัญญาณรบกวนจะมากขึ้นด้วย) เข้าสู่วงจร Analog to digital ใน โครงงานนี้ ใช้ A/D รุ่น QX-108 ซึ่งมีการต่อคังรูป



รูปที่ 3.11 แสดงช่องต่อสัญญาณเข้า A/D (QX-108)

3.4.3 การ์ดแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล QX-108

เป็นการ์ดแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล ใช้ไอซีเบอร์ PIC16F676 ซึ่งมีความละเอียด 10 บิต ซึ่งไอซีต้องการแหล่งจ่ายไฟแรงดันไฟฟ้า +5 โวลต์ และต้องมีแรงดันอ้างอิง +2.5 โวลต์ การทำงานจะรับแรงดันอนาลอกจากวงจรขยายแรงดัน ซึ่งรับได้ทั้งหมด 8 ช่องด้วยกัน คือเข้าที่ ขา 7-13 และขา 3 ของไอซี

การรับค่าเอาต์พุตอนาลอกจากวงจรขยายแรงดันเข้ามาเปลี่ยนเป็นดิจิตอลแล้วเข้าทำการคำนวณใช้โปรแกรมวิซวล เบสิก ซึ่งเป็นการรับค่าเข้าทางพอร์ตอนุกรม หรือทางพอร์ตพรีนเตอร์ของคอมพิวเตอร์

ซึ่งคำสั่งในการรับค่าของโปรแกรมวิซวล เบสิก เป็นการวนรับค่าอนาลอกที่แปลงเป็นดิจิตอลเรียบร้อยแล้วทั้ง 8 ช่อง แล้วไปเก็บไว้ในตัวแปรอาร์เรย์ มีตัวไทม์เมอร์เป็นตัวกำหนดเวลาในการวนรับค่าอนาลอกที่แปลงเป็นดิจิตอลในแต่ละรอบ มีคำสั่งของโปรแกรม จะแสดงไว้ในภาคผนวก

3.5 การทำงานของโปรแกรม

จากหลักของโพลคเซลล์ เมื่อมีน้ำหนักรวมกระทำบนแผ่นรับแรงของเครื่องแสดงสถานะการขึ้น โพลคเซลล์จะให้แรงดันเอาต์พุตออกมาเมื่อผ่านวงจรขยายแรงดัน และแปลงจากสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล วงจรแปลงสัญญาณจะมีช่องป้อนสัญญาณจากโพลคเซลล์ 8 ช่องสัญญาณด้วยกัน แต่เราเลือกให้รับค่าเพียง 4 ช่องสัญญาณเท่านั้น เมื่อรับค่าแล้วจะเก็บค่าไว้ที่ตัวแปร 4 ตัว คือ RF , RR , LF , LR แล้วนำค่าไปหาค่าเริ่มต้น แล้วนำค่าไปคำนวณหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางของร่างกายที่ฉายลงในแนวคิง ตามสมการในบทที่ 2 และสามารถเขียนโปรแกรมย่อย

เกี่ยวกับกำหนดตำแหน่งจุด CG ได้ดังนี้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Option Explicit

```
Private Sub Form_Load()
```

```
Dim i As Integer
```

```
On Error Resume Next
```

```
For i = 0 To 7
```

```
    ch(i).Caption = "CH" & i & " :----"
```

```
Next i
```

```
i = InputBox("Select Commport" & vbCrLf & "(1-8)", "Select Commport", 1)
```

```
If i = 0 Then End
```

```
MSComm.CommPort = i
```

```
MSComm.Settings = "19200,n,8,1"
```

```
MSComm.DTREnable = False
```

```
MSComm.PortOpen = True
```

```
tmr.Enabled = True
```

```
End Sub
```

```
Private Sub tmr_Timer()
```

```
Dim tmp As String
```

```
Dim i As Integer
```

```
Dim RF As Integer
```

```
Dim RR As Integer
```

```
Dim LF As Integer
```

```
Dim LR As Integer
```

```
Dim PV As Integer
```

```
Dim px As Integer
```

```
Dim py As Integer
```

```
For i = 0 To 3
```

```
    Debug.Print Chr(&H30 + i)
```

```
    tmp = MSComm1.Input
```

```
    MSComm1.Output = Chr(&H30 + 1)
```

ส่วนเปิดพอร์ตรับค่า

```

tmp = MSComm1.Input
Do While Len(tmp) < 6
    DoEvents
    tmp = tmp & MSComm1.Input
Loop
ch(i).Caption = "CH" & i & " : " & tmp
tpm(i) = tmp

```

ส่วนรับค่า

Next i

```

RF = tpm(0) * 54.271 - 21.387
RR = tpm(1) * 77.42 - 12.998
LF = tpm(2) * 64.217 - 51.996
LR = tpm(3) * 97.816 - 107.44
PV = RF + RR + LF + LR
px = ((RF + RR - LF - LR) / PV) * 20 + 8.678
py = 5.927 - ((RF + LF - LR - RR) / PV) * 25
Image1.Move px, py

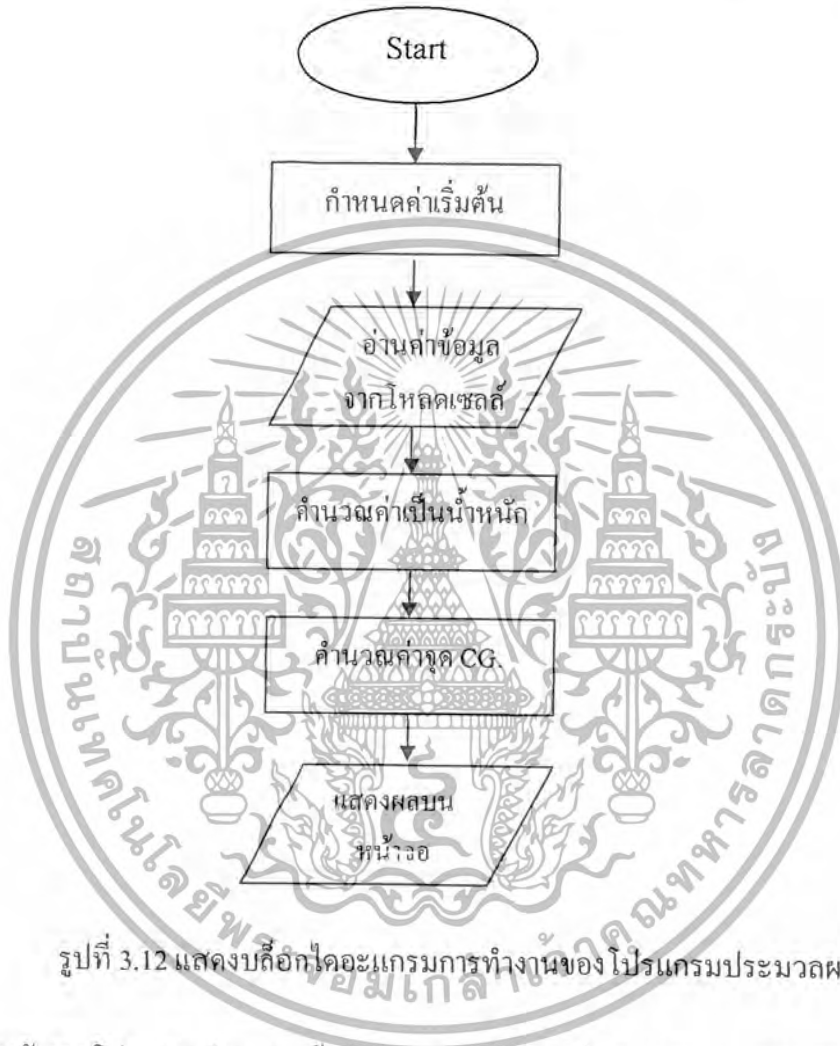
```

End Sub

กำหนดค่าเริ่มต้นให้แก่ สัญญาณ

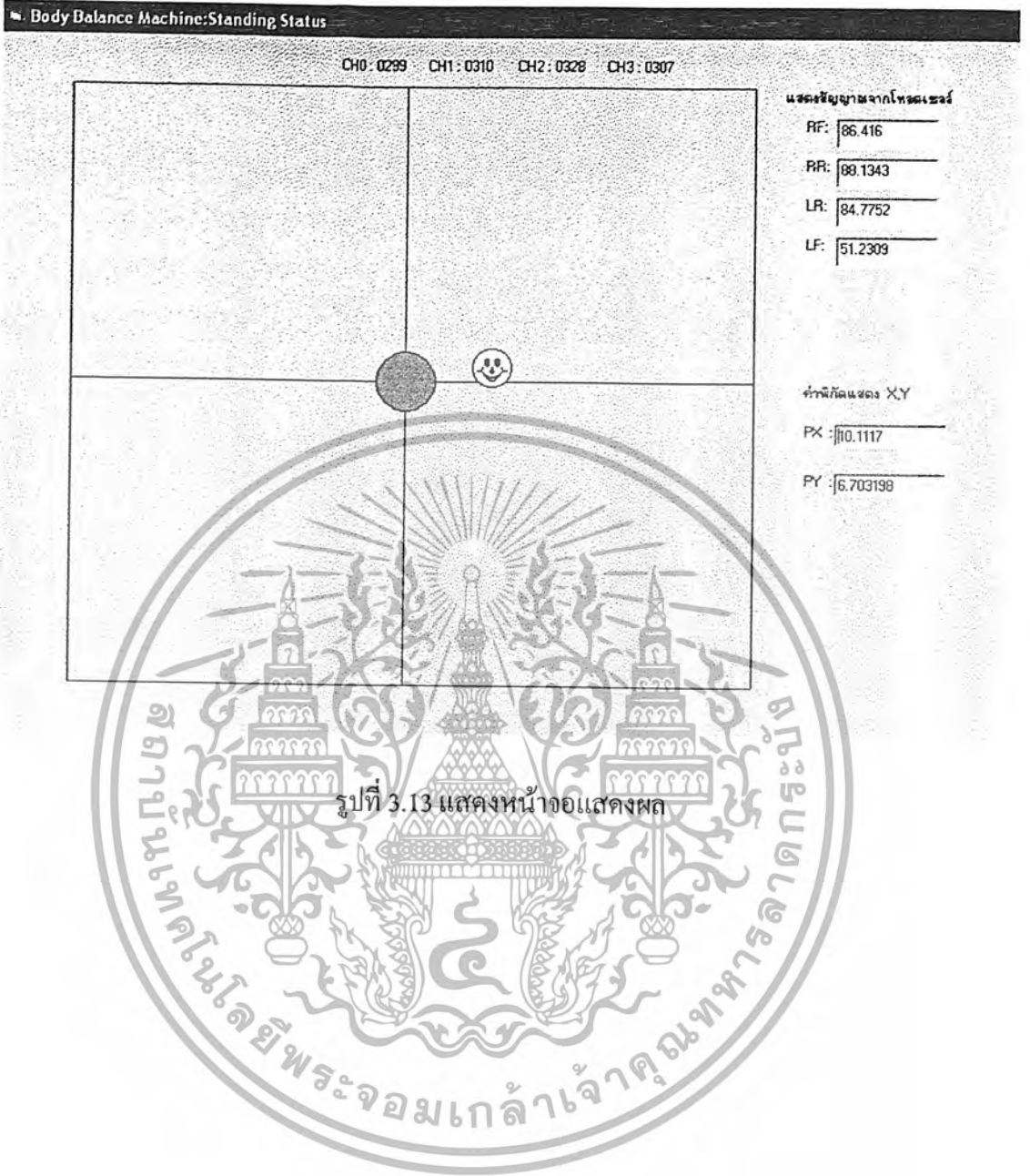
ส่วนคำนวณและแสดงผล

หลังจากนั้นนำค่าที่ได้จากการคำนวณ ไปแสดงผลผ่านหน้าต่างของโปรแกรม Visual Basic เป็นภาพกราฟฟิกแสดงการเคลื่อนตำแหน่งของจุดศูนย์กลางของร่างกายตามค่าที่เปลี่ยนไปของสัญญาณจากโพลคเซลล์ โดยมีการตั้งเวลาให้มีการวนลูปรับค่าใหม่เข้ามาคำนวณทุก ๆ 0.1วินาที การทำงานของ โปรแกรมหลักสามารถแสดงรายละเอียดได้จาก Flow Chart ดังนี้



รูปที่ 3.12 แสดงบล็อกโคอะแกรมการทำงานของ โปรแกรมประมวลผล

หลังจาก โปรแกรมคำนวณแล้วนำค่าจากการคำนวณไปแสดงผลออกทางหน้าจอ ตำแหน่งจุด cg ของคนที่ยืน แสดงด้วยหน้าตัวการ์ตูนสีเหลือง จุดอ้างอิงที่คนเรายืนตรงคือจุดสีแดง และมีช่องแสดงค่าแรงที่กระทำต่อโพลคเซลล์แต่ละตัว ซึ่งแทนด้วยตัวอักษร RR,RF,LR,LF และค่าพิกัดจุดศูนย์กลางของร่างกายในท่ายืนนั้น ๆ ในพิกัดจุด X และ Y ดังแสดงในรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ทำการทดลองเปรียบเทียบผลที่ได้จากการคำนวณกับผลการทดลอง โดยการวางน้ำหนักที่จุดต่าง ๆ ของแผ่นรับแรง แล้วอ่านค่าบนหน้าจอดีไซน์ โปรแกรมแสดงผลของแรงดันที่ออกจากวงจรขยายแรงดันและ ค่าจากการคำนวณตำแหน่งของจุด CG ในแนวพิกัด X,Y จุดการวางน้ำหนักแสดงดังรูปที่ 4.1

หน้า



รูปที่ 4.1 แสดงตำแหน่งการวางน้ำหนักทดสอบ

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ตำแหน่ง	ค่าจากการคำนวณ(cm)		ค่าจากการทดลอง(cm)		ค่าความแตกต่าง	
	X	Y	X	Y	X	Y
1	0	0	0.451	0.597	-0.451	-0.597
2	20	25	19.561	24.673	0.439	0.327
3	20	-25	19.724	-25.094	0.276	0.094
4	-20	-25	-20.651	-24.268	0.651	-0.732
5	-20	25	-20.312	25.132	0.312	-0.132
6	20	0	19.668	0.087	0.332	-0.087
7	0	-25	0.357	-24.513	-0.357	-0.487
8	-20	0	-19.667	0.154	-0.333	-0.154
9	0	25	0.474	24.876	-0.474	0.124
10	10	0	10.345	0.348	-0.345	-0.348
11	0	-12.5	0.616	-12.604	-0.616	0.104
12	-10	0	-10.123	0.067	0.123	-0.067
13	0	12.5	0.352	12.791	-0.352	-0.291

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ได้จากวงน้ำหนัก 10 กิโลกรัม ที่จุดต่าง ๆ ของแผ่นรับแรงดังรูปที่ 4.1 และสังเกตผลการค่าตำแหน่งจุด CG ที่แทนด้วยพิกัด X, Y บนหน้าจอแสดงผลพบว่า เริ่มที่ค่าแรงดันที่ออกมาจากวงจรขยายแรงดันมีค่าแรงดันที่ค่อนข้างเป็นเชิงเส้น และเมื่อผ่านวงจรมอดูเลชันเป็นดิจิทัล และคอมพิวเตอร์ทำการคำนวณออกมาแล้ว พบว่าค่าความแตกต่างระหว่างค่าจากการคำนวณและค่าจากการทดลอง แตกต่างกันมากที่สุด 0.946 เซนติเมตร ถัดเป็นเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด 3.25 % ที่จุด 4 และแตกต่างกันน้อยสุด 0.067 เซนติเมตร ที่จุด 12



บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินงานและแนวทางการพัฒนา

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

การทำกายภาพบำบัดในปัจจุบันต้องอาศัยนักกายภาพบำบัดในการทำกายภาพบำบัดโดยใช้การพูดจาสื่อสารกับผู้ป่วย การสื่อสารที่มีการส่งและการรับที่ไม่แน่นอนในแต่ละบุคคลเป็นอุปสรรคอย่างหนึ่งในการทำกายภาพบำบัด แต่ปัจจุบันเรามีเครื่องมือที่ทันสมัยในการทำความเข้าใจระหว่างผู้ป่วยกับนักกายภาพบำบัด แต่เครื่องมือมีราคาแพง ต้องนำเข้าจากต่างประเทศและมีใช้เฉพาะในงานวิจัยเท่านั้น จึงเป็นที่มาของปริญญานิพนธ์เล่มนี้ เพื่อทำการศึกษาและสร้างเครื่องแสดงสถานะการยืน เพื่อใช้งานหรือเป็นเครื่องต้นแบบในการพัฒนาต่อไปในอนาคต โดยไม่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ

จากที่ได้กล่าวมาทั้งหมดนี้มีการอธิบายถึงหลักการทำงานและส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องขั้วดีจิตอล โดยแยกอธิบายเป็นส่วน ๆ ไป ซึ่งหวังว่าคงจะมีประโยชน์ในการนำไปใช้งานและพัฒนาต่อไป

จากผลการทดลองที่ได้ ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จตามจุดประสงค์และเป้าหมายที่ตั้งไว้ คือสามารถแสดงตำแหน่งจุด CG ของคนที่ยืนบนเครื่องได้ โดยตำแหน่งจุด CG มีการเคลื่อนไปตามการโน้มตัวไปมาของคนที่ใช้เครื่อง

5.2 แนวทางการพัฒนา

เครื่องแสดงสถานะการยืนที่ได้สร้างขึ้นนี้สามารถแสดงตำแหน่งจุด CG ของคนได้ ซึ่งจะเคลื่อนไปตามตำแหน่งจุด CG ในการโน้มเอียงตัว เพียงพอแล้วสำหรับการทำกายภาพบำบัดแก่ผู้ป่วย แต่เมื่อเทียบกับเครื่องแสดงสถานะการยืนที่นำเข้าจากต่างประเทศอาจมีฟังก์ชันการใช้งานที่ไม่มากพอ ดังนั้นอาจจะทำการพัฒนาโดยการเพิ่มฟังก์ชันการเก็บข้อมูลของผู้ป่วยขณะทำการใช้เครื่องว่าลงน้ำหนักที่เท้าด้านที่ต้องการบำบัดได้นานขนาดไหน หรือเพิ่มฟังก์ชันในการทดสอบกล้ามเนื้ออกกัฬา โดยให้เลื่อนจุด CG ไปที่ส่วนต่าง ๆ ของหน้าจอโดยการโน้มเอียงตัวตามระยะเวลาที่กำหนด

5.3 ข้อจำกัดของปริญญานิพนธ์

จะเห็นได้ว่าตำแหน่งของจุด CG ที่แสดงบนหน้าจอแสดงผลจะมีค่าผิดพลาดอยู่บ้าง หรือตำแหน่งจุด CG ไม่นิ่งมีการเคลื่อนไปมาแม้ว่าผู้ทดสอบจะยืนเฉย ๆ ทั้งนี้เป็นเพราะค่าเอาร์ฟุทที่ได้จากโพลีเดสก์มีค่าน้อยมาก ซึ่งมีหน่วยเป็นมิลลิโวลต์ ทำให้สัญญาณรบกวนเพียงเล็กน้อยจะมีผลกระทบอย่างมาก เนื่องจากเมื่อผ่านวงจรขยายออกมาสัญญาณรบกวนนี้ก็จะถูกขยายออกมาด้วยไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาฉบับนี้จะทำให้เมื่อนำค่ามาคำนวณหาตำแหน่งจุด CG ได้คลาดเคลื่อนมากความเป็นจริง ผู้จัดทำปฏิญยานิพนธ์นี้ได้พยายามทำอย่างดีที่สุดแล้วที่จะขจัดสัญญาฉบับเหล่านี้ให้หมดไป แต่ก็ยังมีบางส่วนเหลืออยู่ จึงทำให้ตำแหน่งจุด CG ที่แสดงมีการเปลี่ยนแปลงอยู่บ้าง และข้อจำกัดอีกอย่างคือ โหลดเซลล์ที่ใช้เป็น โหลดเซลล์ที่ทำขึ้นเองถึง 4 ตัวด้วยกัน ด้วยกระบวนการผลิตทำให้โหลดเซลล์แต่ละตัวมีความแตกต่างกัน ตั้งแต่ลักษณะภายนอกไปจนถึงค่าของเอาต์พุตที่ออกมาจากโหลดเซลล์แต่ละตัว ถึงแม้ว่าจะมีการใช้สมการเพื่อทำให้ค่าต่างๆ เท่ากัน แต่ยังคงตัวแปรที่เข้ามาใช้ในการแปลงค่ายังเยอะก็จะยังทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่เล็ก ๆ ขยายใหญ่ขึ้นได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Gary L.Soderberg,“Kinesiology”,พิมพ์ครั้งที่ 2 พ.ศ. 2540, หน้า 290
- [2] NASA,“Bioastronautics”,ค.ศ.1964
- [3] www.national.com/semiconductor/lm/lm084
- [4] สมศักดิ์ กิริตวิมลเศรษฐ์,“หลักการและการใช้เครื่องมือวัดอุตสาหกรรม”, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น),2540
- [5] กานดา ใจภักดี, “วิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหว”,พิมพ์ครั้งที่ 3 ,2538, หน้า 196-199
- [6] ชมรมเวชศาสตร์ฟื้นฟูแห่งประเทศไทย, “เวชศาสตร์ฟื้นฟู”,พิมพ์ ครั้งที่ 2, 2540, หน้า 290
- [7] ชนะ กสิภาร, “ความแข็งแรงของวัสดุ”, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ,2517
- [8] เกษตร์ สิริสันติสัมฤทธิ์, “หลักการของเครื่องมือวัดทางอุตสาหกรรม”,คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,2541
- [9] อภิชาติ ภูพลับ, “VISUAL BASIC”,คำนำศุทธการพิมพ์,2546
- [10] บริษัท อินโนไวท์ฟ อีเล็กทรอนิกส์ จำกัด, “บอร์ด A/D QX-108”,82 หน้า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเขียนโปรแกรมรับค่าและแสดงผล

Option Explicit

Dim X(4) As Single

Private Sub Form_Load()

Dim i As Integer

On Error Resume Next

For i = 0 To 3

ch(i).Caption = "CH" & i & " : ---"

Next i

i = InputBox("Select Commport" & vbCrLf & "(1-4)", "Select Commport", 1)

If i = 0 Then End

MSComm1.CommPort = i

MSComm1.Settings = "19200,n,8,1"

MSComm1.DTREnable = False

MSComm1.PortOpen = True

tmr.Enabled = True

End Sub

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)

tmr.Enabled = False

MSComm1.PortOpen = False

End

End Sub

ส่วนรับค่า

Private Sub tmr_Timer()

Dim tmp As String

Dim i As Integer

Dim a As Single

Dim b As Single

Dim c As Single

Dim d As Single

Dim e As Single

```
Dim px As Single
```

```
Dim py As Single
```

```
For i = 0 To 3
```

```
    Debug.Print Chr(&H30 + i)
```

```
    tmp = MSComm1.Input
```

```
    MSComm1.Output = Chr(&H30 + i)
```

```
    tmp = MSComm1.Input
```

```
    Do While Len(tmp) < 3
```

```
        DoEvents
```

```
        tmp = tmp & MSComm1.Input
```

```
    Loop
```

```
    ch(i).Caption = "CH" & i & " : " & tmp
```

```
    X(i) = tmp
```

```
Next i
```

```
a = (0.5898 * X(0)) - 125.912
```

```
b = (0.5781 * X(1)) - 17.03
```

```
c = (0.5454 * X(2)) - 94.116
```

```
d = (0.5387 * X(3)) - 394.15
```

```
e = a + b + c + d
```

```
px = ((a + b - c - d) / e) * 15 + 8.25
```

```
py = 5 - ((a + d - c - b) / e) * 15
```

```
Image2.Move px, py
```

```
Text1.Text = px
```

```
Text2.Text = py
```

```
Text3.Text = a
```

```
Text4.Text = b
```

```
Text5.Text = c
```

```
Text6.Text = d
```

```
End Sub
```

ส่วนคำนวณ

ส่วนแสดงผล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM124/LM224/LM324/LM2902

Low Power Quad Operational Amplifiers

General Description

The LM124 series consists of four independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, DC gain blocks and all the conventional op amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM124 series can be directly operated off of the standard +5V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional $\pm 15V$ power supplies.

Unique Characteristics

- In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage
- The unity gain cross frequency is temperature compensated
- The input bias current is also temperature compensated

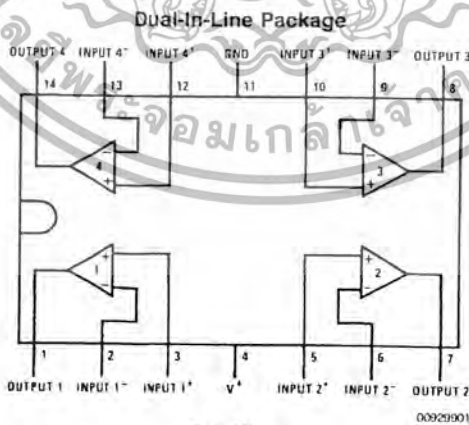
Advantages

- Eliminates need for dual supplies
- Four internally compensated op amps in a single package
- Allows directly sensing near GND and V_{OUT} also goes to GND
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation

Features

- Internally frequency compensated for unity gain
- Large DC voltage gain 100 dB
- Wide bandwidth (unity gain) 1 MHz (temperature compensated)
- Wide power supply range:
 - Single supply 3V to 32V
 - or dual supplies $\pm 1.5V$ to $\pm 16V$
- Very low supply current drain (700 μA) — essentially independent of supply voltage
- Low input biasing current 45 nA (temperature compensated)
- Low input offset voltage 2 mV and offset current 5 nA
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage swing 0V to $V^+ - 1.5V$

Connection Diagrams

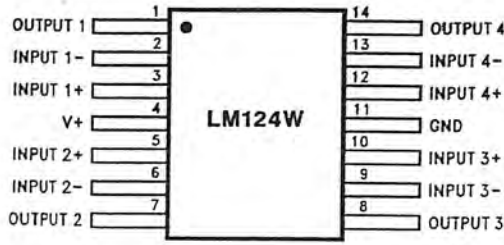


Top View

Order Number LM124J, LM124AJ, LM124J/883 (Note 2), LM124AJ/883 (Note 1), LM224J, LM224AJ, LM324J, LM324M, LM324MX, LM324AM, LM324AMX, LM2902M, LM2902MX, LM324N, LM324AN, LM324MT, LM324MTX or LM2902N LM124AJRQML and LM124AJRQMLV (Note 3)
See NS Package Number J14A, M14A or N14A

LM124/LM224/LM324/LM2902 Low Power Quad Operational Amplifiers

Connection Diagrams (Continued)

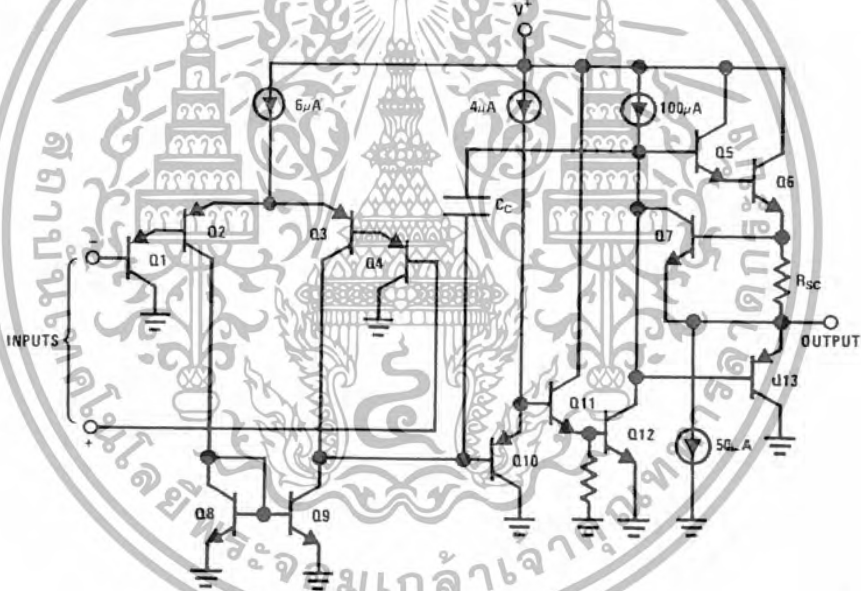


00929933

Order Number **LM124AW/883, LM124AWG/883, LM124W/883 or LM124WG/883**
LM124AWRQML and LM124AWRQMLV(Note 3)
 See NS Package Number W14B
LM124AWGRQML and LM124AWGRQMLV(Note 3)
 See NS Package Number WG14A

- Note 1: LM124A available per JM38510/11006
- Note 2: LM124 available per JM38510/11005
- Note 3: See STD Mil DWG 5962R99504 for Radiation Tolerant Device

Schematic Diagram (Each Amplifier)



00929902

Absolute Maximum Ratings (Note 12)

Distributors for availability and specifications.

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/

	LM124/LM224/LM324	LM2902
	LM124A/LM224A/LM324A	
Supply Voltage, V*	32V	26V
Differential Input Voltage	32V	26V
Input Voltage	-0.3V to +32V	-0.3V to +26V
Input Current ($V_{IN} < -0.3V$) (Note 6)	50 mA	50 mA
Power Dissipation (Note 4)		
Molded DIP	1130 mW	1130 mW
Cavity DIP	1260 mW	1260 mW
Small Outline Package	800 mW	800 mW
Output Short-Circuit to GND (One Amplifier) (Note 5) $V^* \leq 15V$ and $T_A = 25^\circ C$	Continuous	Continuous
Operating Temperature Range		-40°C to +85°C
LM324/LM324A	0°C to +70°C	
LM224/LM224A	-25°C to +85°C	
LM124/LM124A	-55°C to +125°C	
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C	
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	260°C	260°C
Soldering Information		
Dual-In-Line Package		
Soldering (10 seconds)	260°C	260°C
Small Outline Package		
Vapor Phase (60 seconds)	215°C	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C	220°C
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.		
ESD Tolerance (Note 13)	250V	250V

Electrical Characteristics

V* = +5.0V, (Note 7), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM124A			LM224A			LM324A			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 8) $T_A = 25^\circ C$		2		1	3	2	3		mV	
Input Bias Current (Note 9)	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$, $V_{CM} = 0V$, $T_A = 25^\circ C$		20	50	40	80	45	100		nA	
Input Offset Current	$I_{IN(+)}$ or $I_{IN(-)}$, $V_{CM} = 0V$, $T_A = 25^\circ C$		2	10	2	15	5	30		nA	
Input Common-Mode Voltage Range (Note 10)	$V^* = 30V$, (LM2902, $V^* = 26V$), $T_A = 25^\circ C$	0		$V^* - 1.5$	0		$V^* - 1.5$	0		$V^* - 1.5$	V
Supply Current	Over Full Temperature Range $R_L = \infty$ On All Op Amps $V^* = 30V$ (LM2902 $V^* = 26V$) $V^* = 5V$		1.5	3	1.5	3	1.5	3		mA	
Large Signal Voltage Gain	$V^* = 15V$, $R_L \geq 2k\Omega$, ($V_O = 1V$ to $11V$), $T_A = 25^\circ C$	50		100	50		100	25		100	V/mV
Common-Mode	DC, $V_{CM} = 0V$ to $V^* - 1.5V$	70		85	70		85	65		85	dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (Continued)V⁺ = +5.0V, (Note 7), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM124A			LM224A			LM324A			Units	
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max		
Rejection Ratio	T _A = 25°C											
Power Supply Rejection Ratio	V ⁺ = 5V to 30V (LM2902, V ⁺ = 5V to 26V), T _A = 25°C	65	100		65	100		65	100		dB	
Amplifier-to-Amplifier Coupling (Note 11)	f = 1 kHz to 20 kHz, T _A = 25°C (Input Referred)		-120			-120			-120		dB	
Output Current	Source	V _{IN+} = 1V, V _{IN-} = 0V, V ⁺ = 15V, V _O = 2V, T _A = 25°C		20	40		20	40		20	40	mA
	Sink	V _{IN-} = 1V, V _{IN+} = 0V, V ⁺ = 15V, V _O = 2V, T _A = 25°C		10	20		10	20		10	20	
		V _{IN-} = 1V, V _{IN+} = 0V, V ⁺ = 15V, V _O = 200 mV, T _A = 25°C		12	50		12	50		12	50	
Short Circuit to Ground	(Note 5) V ⁺ = 15V, T _A = 25°C		40	60		40	60		40	60	mA	
Input Offset Voltage	(Note 8)			4			4			5	mV	
V _{OS} Drift	R _S = 0Ω		7	20		7	20		7	30	μV/°C	
Input Offset Current	I _{IN(+)} = I _{IN(-)} , V _{CM} = 0V			30			30			75	nA	
I _{OS} Drift	R _S = 0Ω		10	200		10	200		10	300	μA/°C	
Input Bias Current	I _{IN(+)} or I _{IN(-)}		40	100		40	100		40	200	nA	
Input Common-Mode Voltage Range (Note 10)	V ⁺ = +30V (LM2902, V ⁺ = 26V)	0		V ⁺ -2	0		V ⁺ -2	0		V ⁺ -2	V	
Large Signal Voltage Gain	V ⁺ = +15V (V _O Swing = 1V to 11V) R _L ≥ 2 kΩ		25			25			15		V/mV	
Output Voltage Swing	V _{OH}	V ⁺ = 30V (LM2902, V ⁺ = 26V)	R _L = 2 kΩ		26	R _L = 10 kΩ		27	28	27	28	V
	V _{OL}	V ⁺ = 5V, R _L = 10 kΩ			5			5	20	5	20	mV
Output Current	Source	V _O = 2V		V _{IN-} = +1V, V _{IN+} = 0V, V ⁺ = 15V		10	20	10		20	mA	
	Sink			V _{IN-} = +1V, V _{IN+} = 0V, V ⁺ = 15V		10	15	5		8		

Electrical CharacteristicsV⁺ = +5.0V, (Note 7), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM124/LM224			LM324			LM2902			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 8) T _A = 25°C		2	5		2	7		2	7	mV
Input Bias Current (Note 9)	I _{IN(+)} or I _{IN(-)} , V _{CM} = 0V, T _A = 25°C		45	150		45	250		45	250	nA
Input Offset Current	I _{IN(+)} or I _{IN(-)} , V _{CM} = 0V, T _A = 25°C		3	30		5	50		5	50	nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 10)	V ⁺ = 30V, (LM2902, V ⁺ = 26V), T _A = 25°C	0		V ⁺ -1.5	0		V ⁺ -1.5	0		V ⁺ -1.5	V

Electrical Characteristics (Continued)V⁺ = +5.0V, (Note 7), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM124/LM224			LM324			LM2902			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Supply Current	Over Full Temperature Range R _L = ∞ On All Op Amps V ⁺ = 30V (LM2902 V ⁺ = 26V) V ⁻ = 5V		1.5	3		1.5	3		1.5	3	mA
			0.7	1.2		0.7	1.2		0.7	1.2	
Large Signal Voltage Gain	V ⁺ = 15V, R _L ≥ 2kΩ, (V _O = 1V to 11V), T _A = 25°C	50	100		25	100		25	100		V/mV
Common-Mode Rejection Ratio	DC, V _{CM} = 0V to V ⁺ - 1.5V, T _A = 25°C	70	85		65	85		50	70		dB
Power Supply Rejection Ratio	V ⁺ = 5V to 30V (LM2902, V ⁺ = 5V to 26V), T _A = 25°C	65	100		65	100		50	100		dB
Amplifier-to-Amplifier Coupling (Note 11)	f = 1 kHz to 20 kHz, T _A = 25°C (Input Referred)		-120			-120			-120		dB
Output Current	Source	V _{IN+} = 1V, V _{IN-} = 0V, V ⁺ = 15V, V _O = 2V, T _A = 25°C	20	40		20	40		20	40	mA
	Sink	V _{IN-} = 1V, V _{IN+} = 0V, V ⁺ = 15V, V _O = 2V, T _A = 25°C	10	20		10	20		10	20	
		V _{IN-} = 1V, V _{IN+} = 0V, V ⁺ = 15V, V _O = 200 mV, T _A = 25°C	12	50		12	50		12	50	μA
Short Circuit to Ground	(Note 5) V ⁺ = 15V, T _A = 25°C		40	60		40	60		40	60	mA
Input Offset Voltage	(Note 8)		7			9			10		mV
V _{OS} Drift	R _S = 0Ω		7			7			7		μV/°C
Input Offset Current	I _{IN(+)} - I _{IN(-)} , V _{CM} = 0V			100			150		45	200	nA
I _{OS} Drift	R _S = 0Ω		10			10			10		pA/°C
Input Bias Current	I _{IN(+)} or I _{IN(-)}		40	300		40	500		40	500	nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 10)	V ⁺ = +30V (LM2902, V ⁺ = 26V)	0		V ⁺ - 2	0		V ⁺ - 2	0		V ⁺ - 2	V
Large Signal Voltage Gain	V ⁺ = +15V (V _O Swing = 1V to 11V) R _L ≥ 2 kΩ	25			15			15			V/mV
Output Voltage Swing	V _{OH}	V ⁺ = 30V (LM2902, V ⁺ = 26V)	26		26		26	22			V
	V _{OL}	V ⁺ = 5V, R _L = 10 kΩ	5	20	5	20	5	100			
Output Current	Source	V _O = 2V	10	20	10	20	10	20			mA
	Sink	V _{IN+} = +1V, V _{IN-} = 0V, V ⁺ = 15V V _{IN-} = +1V, V _{IN+} = 0V, V ⁺ = 15V	5	8	5	8	5	8			

Note 4: For operating at high temperatures, the LM324/LM324A/LM2902 must be derated based on a -125°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 88°C/W which applies for the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air ambient. The LM224/LM224A and LM124/LM124A can be derated based on a +150°C maximum junction temperature. The dissipation is the total of all four amplifiers — use external resistors, where possible, to allow the amplifier to saturate or to reduce the power which is dissipated in the integrated circuit.

Note 5: Short circuits from the output to V⁺ can cause excessive heating and eventual destruction. When considering short circuits to ground, the maximum output current is approximately 40 mA independent of the magnitude of V⁺. At values of supply voltage in excess of +15V, continuous short-circuits can exceed the power dissipation ratings and cause eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.

Note 6: This input current will only exist when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistors becoming forward biased and thereby acting as input diode clamps. In addition to this diode action, there is also lateral NPN parasitic transistor action.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (Continued)

on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the op amps to go to the V^+ voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration that an input is driven negative. This is not destructive and normal output states will re-establish when the input voltage, which was negative, again returns to a value greater than $-0.3V$ (at $25^\circ C$).

Note 7: These specifications are limited to $-55^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$ for the LM124/LM124A. With the LM224/LM224A, all temperature specifications are limited to $-25^\circ C \leq T_A \leq +85^\circ C$, the LM324/LM324A temperature specifications are limited to $0^\circ C \leq T_A \leq +70^\circ C$, and the LM2902 specifications are limited to $-40^\circ C \leq T_A \leq +85^\circ C$.

Note 8: $V_O = 1.4V$, $R_S = 0\Omega$ with V^+ from 5V to 30V; and over the full input common-mode range (0V to $V^+ - 1.5V$) for LM2902, V^+ from 5V to 26V.

Note 9: The direction of the input current is out of the IC due to the PNP input stage. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the input lines.

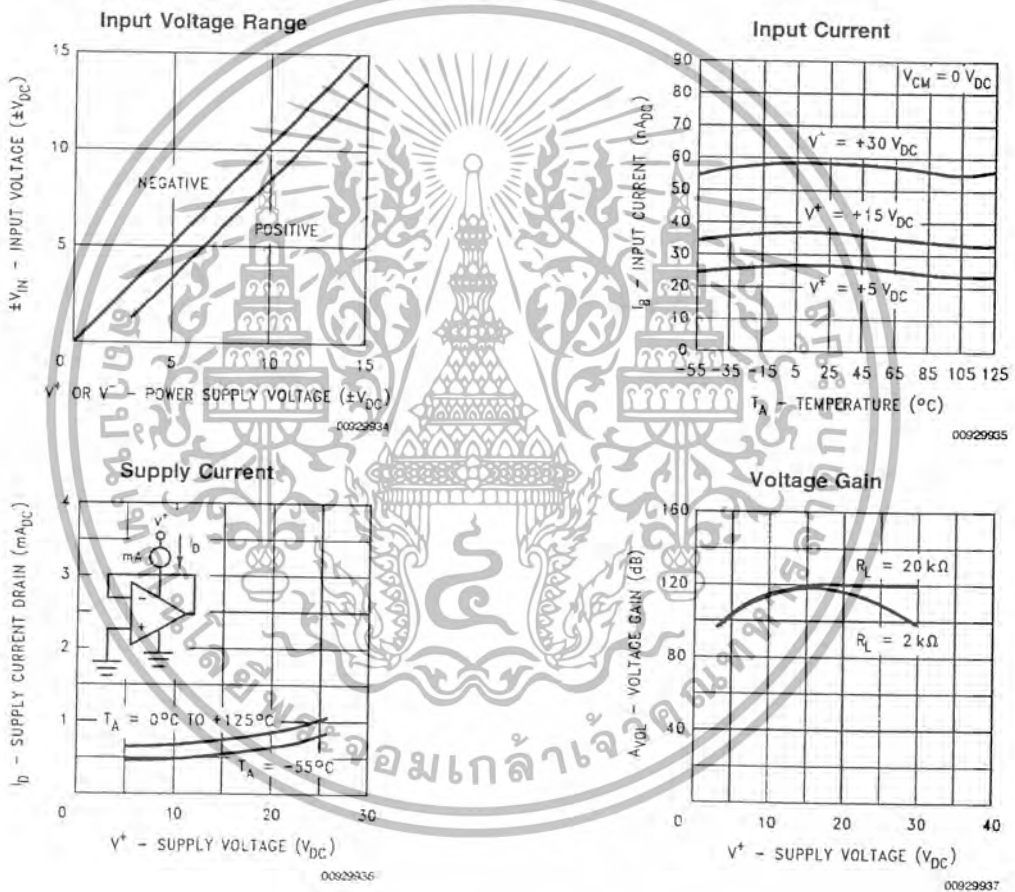
Note 10: The input common-mode voltage of either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3V (at $25^\circ C$). The upper end of the common-mode voltage range is $V^+ - 1.5V$ (at $25^\circ C$), but either or both inputs can go to +32V without damage (+26V for LM2902), independent of the magnitude of V^+ .

Note 11: Due to proximity of external components, insure that coupling is not originating via stray capacitance between these external parts. This typically can be detected as this type of capacitance increases at higher frequencies.

Note 12: Refer to RETS124AX for LM124A military specifications and refer to RETS124X for LM124 military specifications.

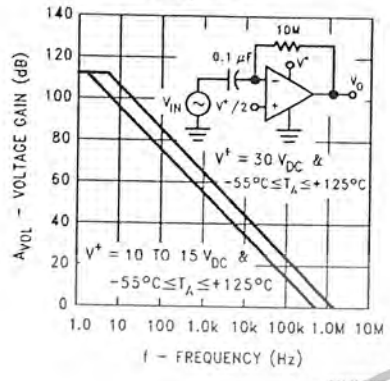
Note 13: Human body model, 1.5 k Ω in series with 100 pF.

Typical Performance Characteristics

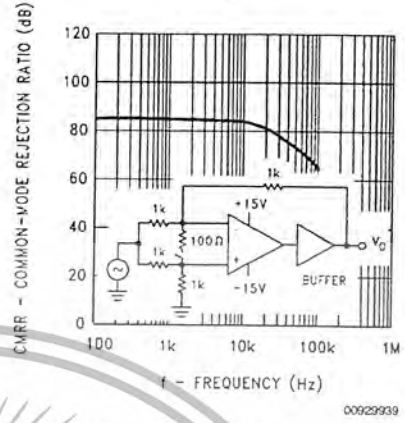


Typical Performance Characteristics (Continued)

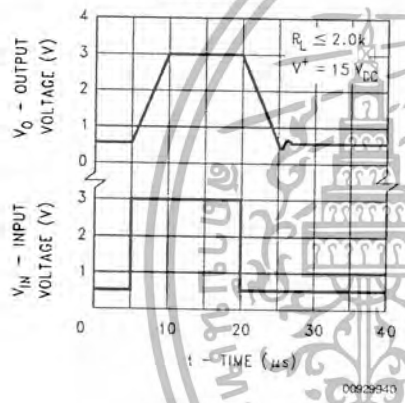
Open Loop Frequency Response



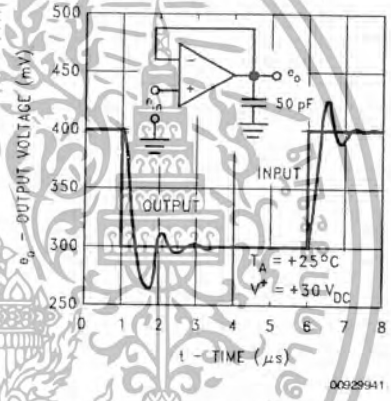
Common Mode Rejection Ratio



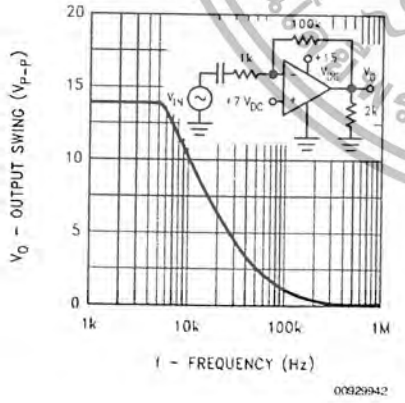
Voltage Follower Pulse Response



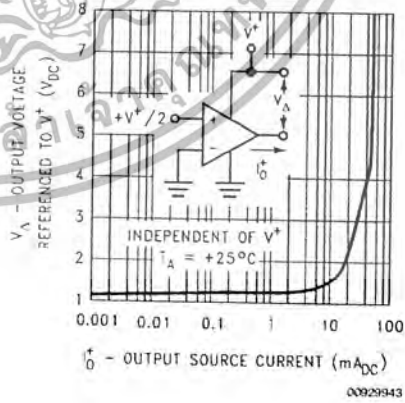
Voltage Follower Pulse Response (Small Signal)



Large Signal Frequency Response

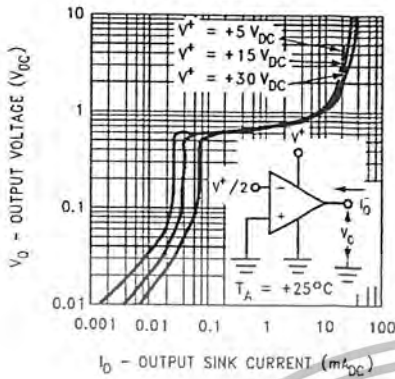


Output Characteristics Current Sourcing



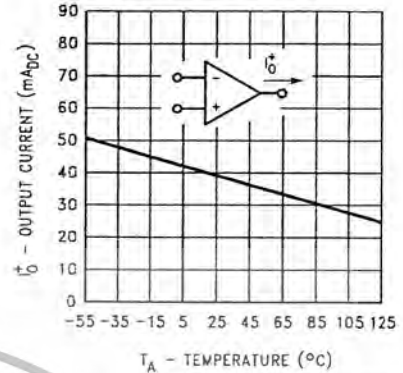
Typical Performance Characteristics (Continued)

Output Characteristics Current Sinking



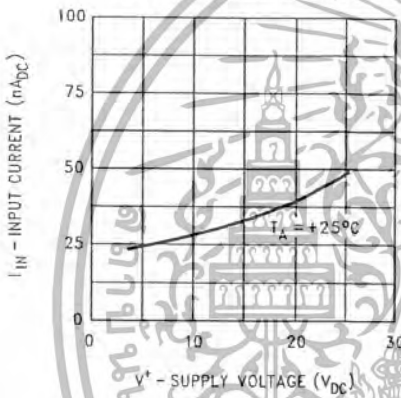
00929944

Current Limiting



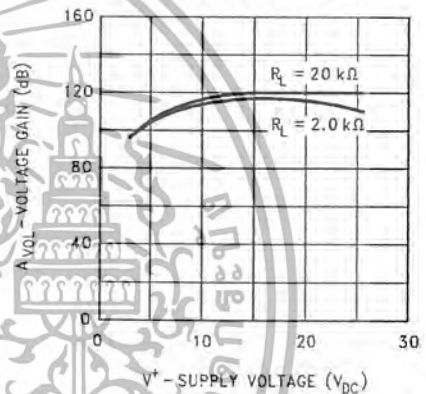
00929945

Input Current (LM2902 only)



00929946

Voltage Gain (LM2902 only)



00929947

Application Hints

The LM124 series are op amps which operate with only a single power supply voltage, have true-differential inputs, and remain in the linear mode with an input common-mode voltage of 0 V_{DC} . These amplifiers operate over a wide range of power supply voltage with little change in performance characteristics. At 25 $^\circ C$ amplifier operation is possible down to a minimum supply voltage of 2.3 V_{DC} .

The pinouts of the package have been designed to simplify PC board layouts. Inverting inputs are adjacent to outputs for all of the amplifiers and the outputs have also been placed at the corners of the package (pins 1, 7, 8, and 14).

Precautions should be taken to insure that the power supply for the integrated circuit never becomes reversed in polarity or that the unit is not inadvertently installed backwards in a test socket as an unlimited current surge through the resulting forward diode within the IC could cause fusing of the internal conductors and result in a destroyed unit.

Large differential input voltages can be easily accommodated and, as input differential voltage protection diodes are not needed, no large input currents result from large differential input voltages. The differential input voltage may be larger than V^* without damaging the device. Protection

should be provided to prevent the input voltages from going negative more than $-0.3 V_{DC}$ (at 25 $^\circ C$). An input clamp diode with a resistor to the IC input terminal can be used.

To reduce the power supply drain, the amplifiers have a class A output stage for small signal levels which converts to class B in a large signal mode. This allows the amplifiers to both source and sink large output currents. Therefore both NPN and PNP external current boost transistors can be used to extend the power capability of the basic amplifiers. The output voltage needs to raise approximately 1 diode drop above ground to bias the on-chip vertical PNP transistor for output current sinking applications.

For ac applications, where the load is capacitively coupled to the output of the amplifier, a resistor should be used, from the output of the amplifier to ground to increase the class A bias current and prevent crossover distortion.

Where the load is directly coupled, as in dc applications, there is no crossover distortion.

Capacitive loads which are applied directly to the output of the amplifier reduce the loop stability margin. Values of 50 pF can be accommodated using the worst-case non-inverting unity gain connection. Large closed loop gains or resistive isolation should be used if larger load capacitance must be driven by the amplifier.

Application Hints (Continued)

The bias network of the LM124 establishes a drain current which is independent of the magnitude of the power supply voltage over the range of from $3 V_{DC}$ to $30 V_{DC}$.

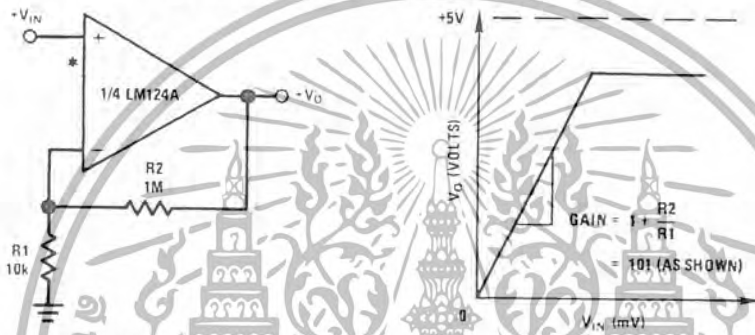
Output short circuits either to ground or to the positive power supply should be of short time duration. Units can be destroyed, not as a result of the short circuit current causing metal fusing, but rather due to the large increase in IC chip dissipation which will cause eventual failure due to excessive junction temperatures. Putting direct short-circuits on more than one amplifier at a time will increase the total IC power dissipation to destructive levels, if not properly protected with external dissipation limiting resistors in series with the output leads of the amplifiers. The larger value of

output source current which is available at 25°C provides a larger output current capability at elevated temperatures (see typical performance characteristics) than a standard IC op amp.

The circuits presented in the section on typical applications emphasize operation on only a single power supply voltage. If complementary power supplies are available, all of the standard op amp circuits can be used. In general, introducing a pseudo-ground (a bias voltage reference of $V^+/2$) will allow operation above and below this value in single power supply systems. Many application circuits are shown which take advantage of the wide input common-mode voltage range which includes ground. In most cases, input biasing is not required and input voltages which range to ground can easily be accommodated.

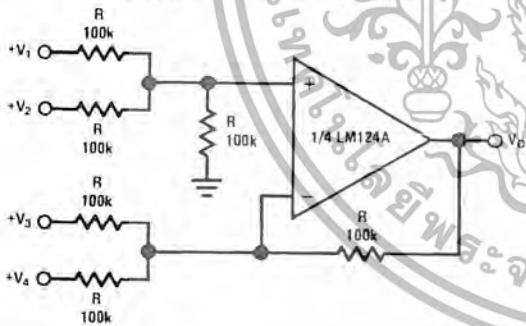
Typical Single-Supply Applications ($V^+ = 5.0 V_{DC}$)

Non-Inverting DC Gain ($0V$ Input = $0V$ Output)



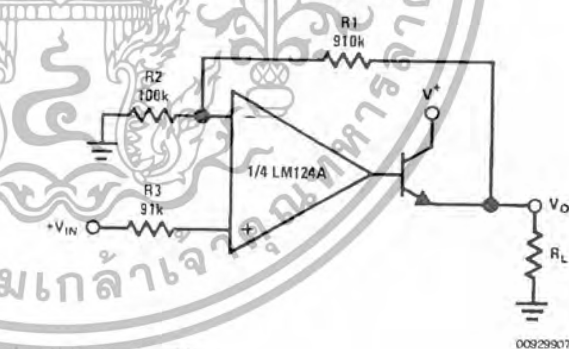
*R not needed due to temperature independent I_{IN}

DC Summing Amplifier ($V_{IN}'S \geq 0 V_{DC}$ and $V_O \geq V_{DC}$)



Where: $V_O = V_1 + V_2 - V_3 - V_4$
 $(V_1 + V_2) \geq (V_3 + V_4)$ to keep $V_O > 0 V_{DC}$

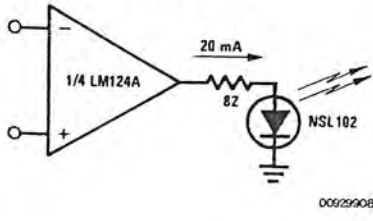
Power Amplifier



$V_O = 0 V_{DC}$ for $V_{IN} = 0 V_{DC}$
 $A_V = 10$

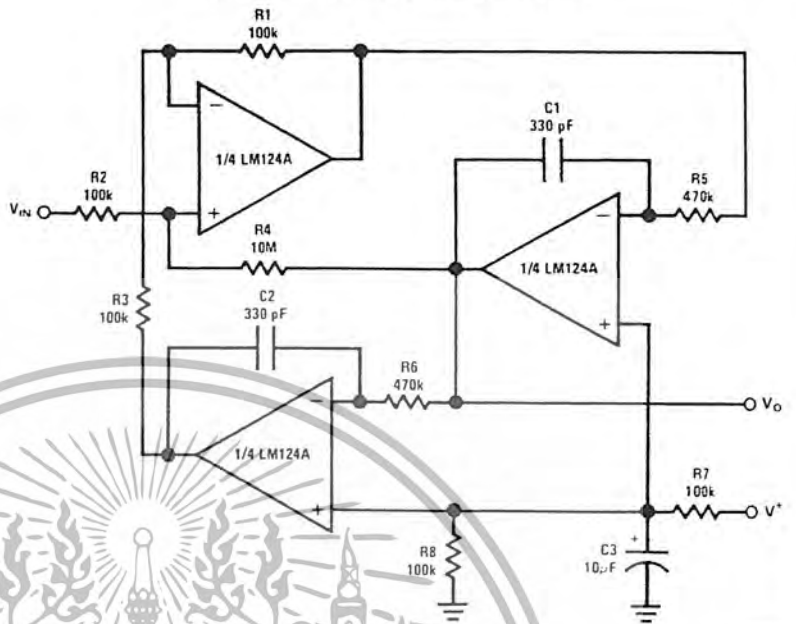
Typical Single-Supply Applications ($V^+ = 5.0 V_{DC}$) (Continued)

LED Driver



00929908

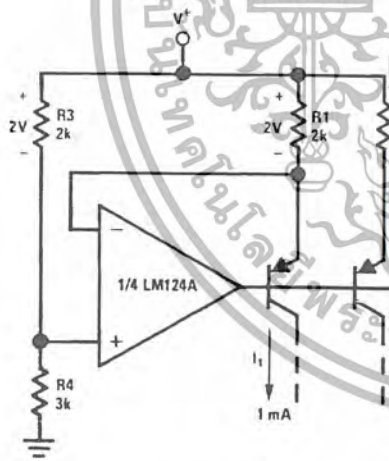
"BI-QUAD" RC Active Bandpass Filter



00929909

$f_c = 1 \text{ kHz}$
 $Q = 50$
 $A_v = 100 \text{ (40 dB)}$

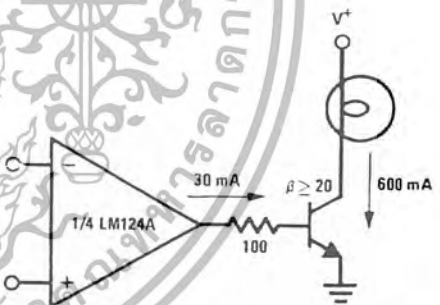
Fixed Current Sources



00929910

$$I_2 = \left(\frac{R1}{R2}\right) I_1$$

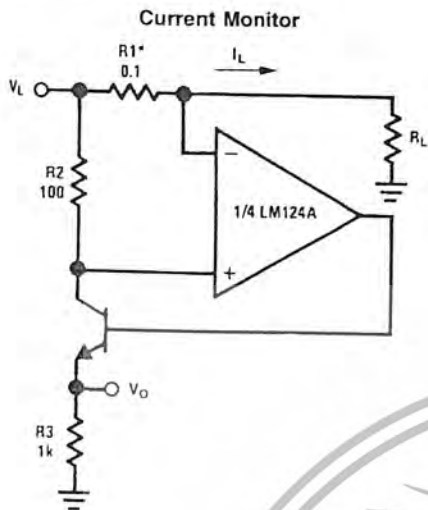
Lamp Driver



00929911

Typical Single-Supply Applications

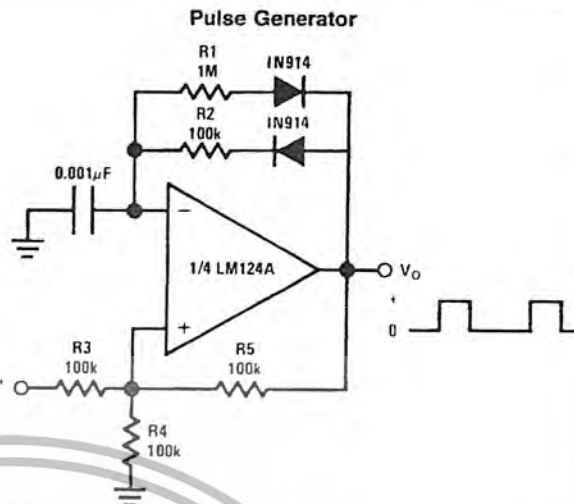
(V+ = 5.0 V_{DC}) (Continued)



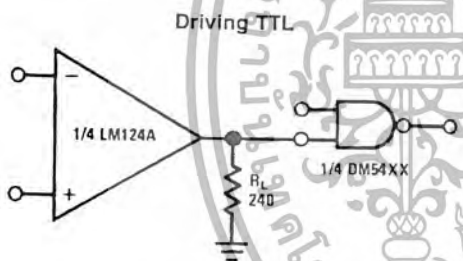
$$V_O = \frac{1V(I_L)}{1A}$$

$$V_L \leq V^+ - 2V$$

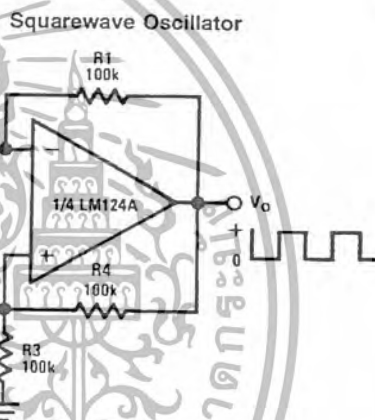
*(Increase R₁ for I_L small)



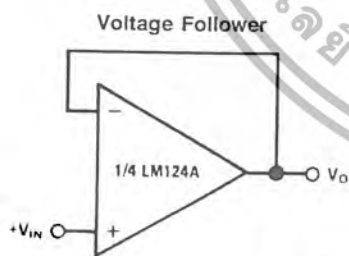
00929915



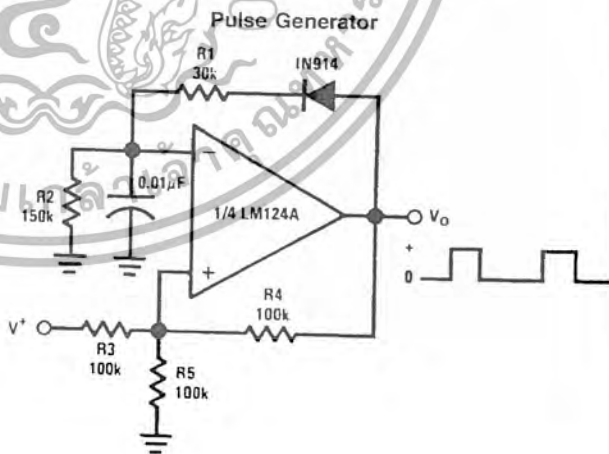
00929916



00929916



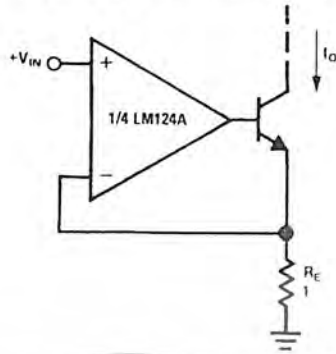
00929914



00929917

Typical Single-Supply Applications ($V^+ = 5.0 V_{DC}$) (Continued)

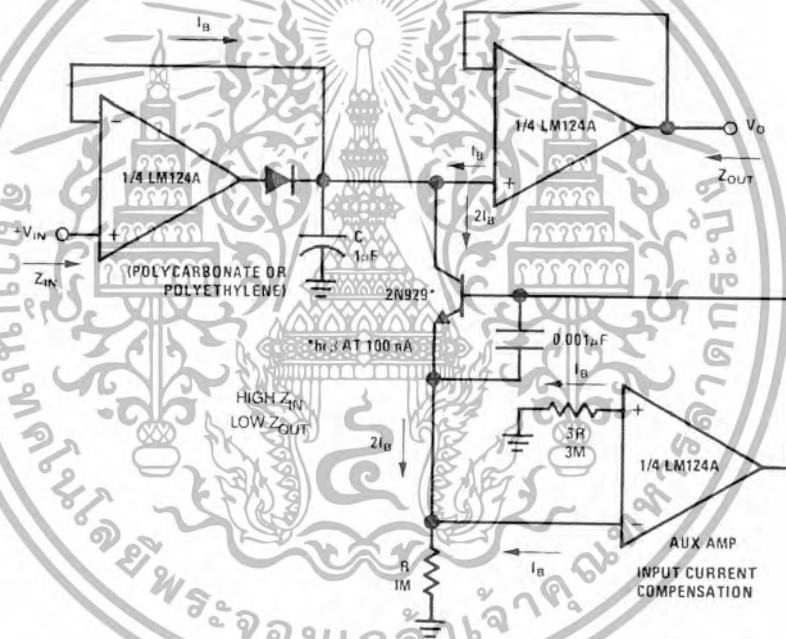
High Compliance Current Sink



00929918

$I_O = 1 \text{ amp/volt } V_{IN}$
(Increase R_E for I_O small)

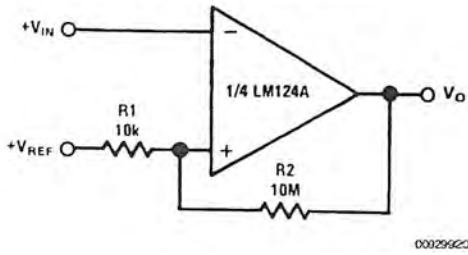
Low Drift Peak Detector



00929919

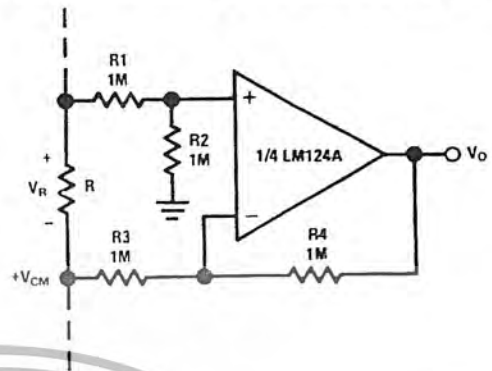
Typical Single-Supply Applications ($V^+ = 5.0 V_{DC}$) (Continued)

Comparator with Hysteresis



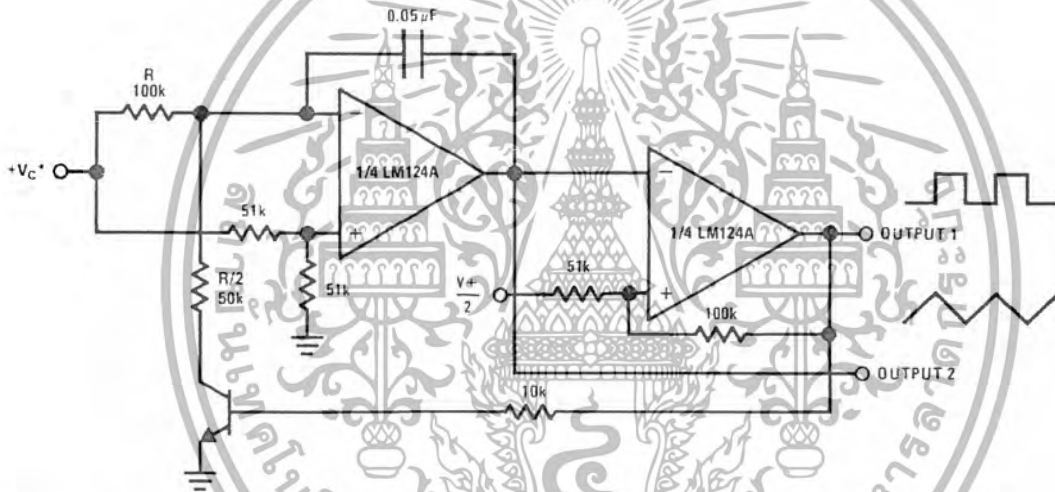
00029920

Ground Referencing a Differential Input Signal



00929921

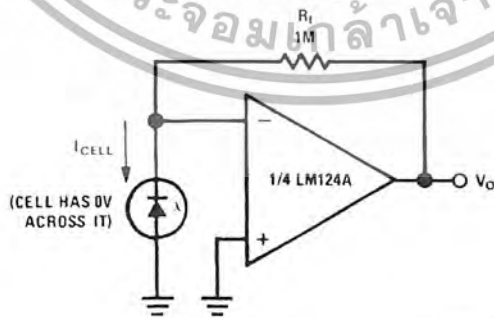
Voltage Controlled Oscillator Circuit



00029922

*Wide control voltage range: $0 V_{DC} \leq V_C \leq 2 (V^+ - 1.5 V_{DC})$

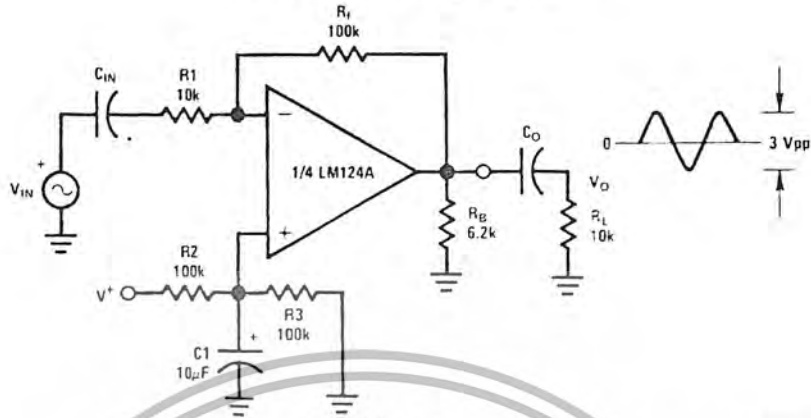
Photo Voltaic-Cell Amplifier



00029923

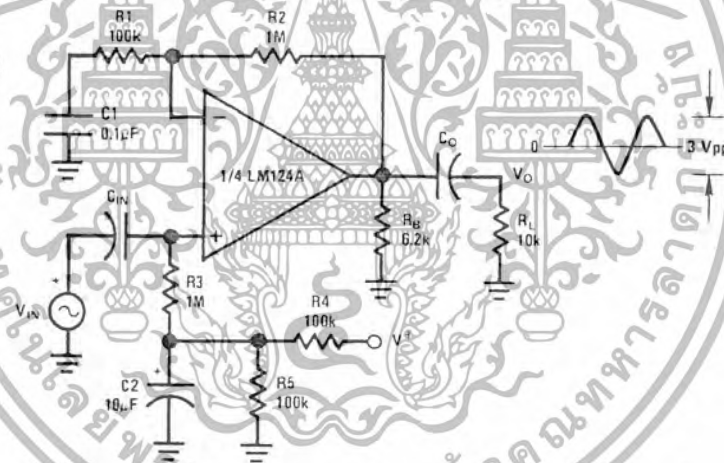
Typical Single-Supply Applications ($V^+ = 5.0 V_{DC}$) (Continued)

AC Coupled Inverting Amplifier



00929924

AC Coupled Non-Inverting Amplifier



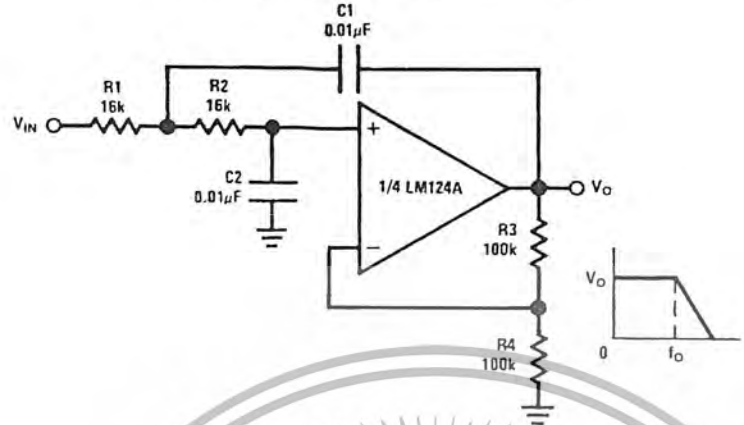
00929925

$$A_v = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$A_v = 11$ (As shown)

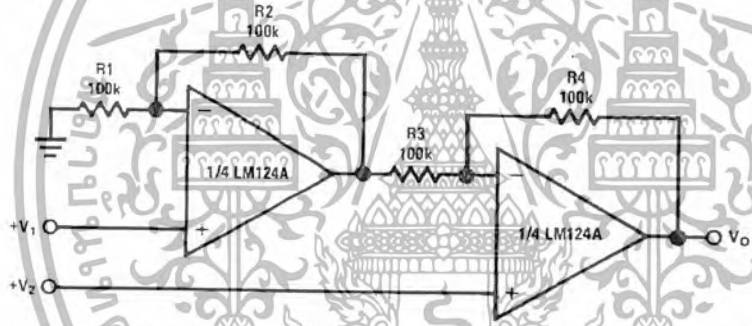
Typical Single-Supply Applications ($V^+ = 5.0 V_{DC}$) (Continued)

DC Coupled Low-Pass RC Active Filter



$f_0 = 1 \text{ kHz}$
 $Q = 1$
 $A_V = 2$

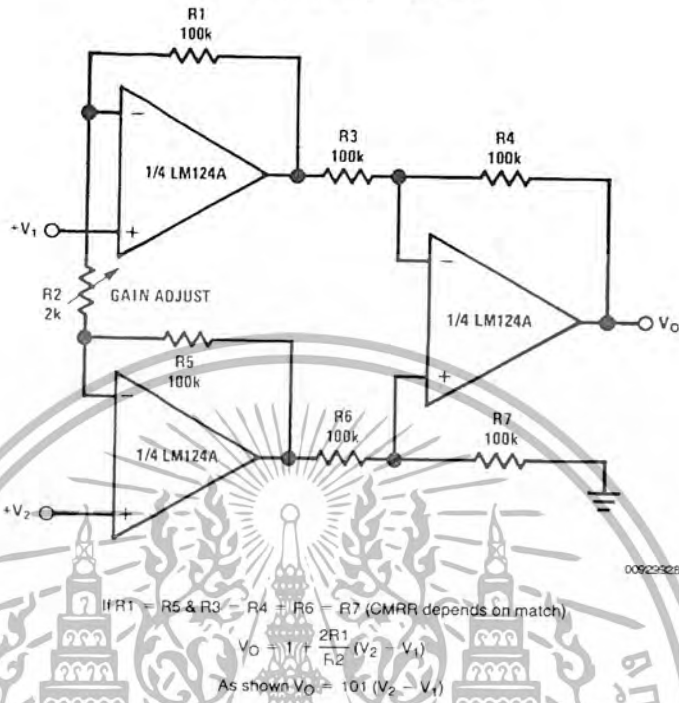
High Input Z, DC Differential Amplifier



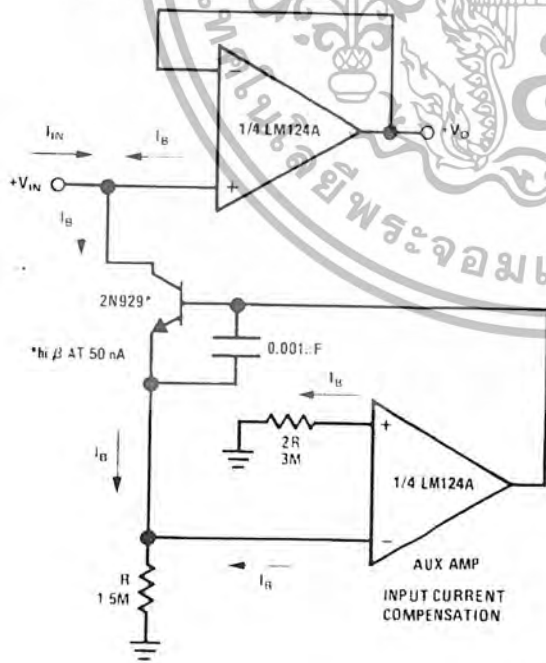
For $\frac{R1}{R2} = \frac{R4}{R3}$ (CMRR depends on this resistor ratio match)
 $V_O = 1 + \frac{R4}{R3}(V_2 - V_1)$
 As shown, $V_O = 2(V_2 - V_1)$

Typical Single-Supply Applications ($V^+ = 5.0 V_{DC}$) (Continued)

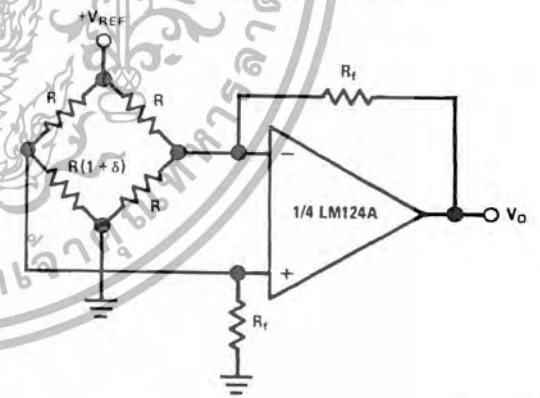
High Input Z Adjustable-Gain DC Instrumentation Amplifier



Using Symmetrical Amplifiers to Reduce Input Current (General Concept)



Bridge Current Amplifier

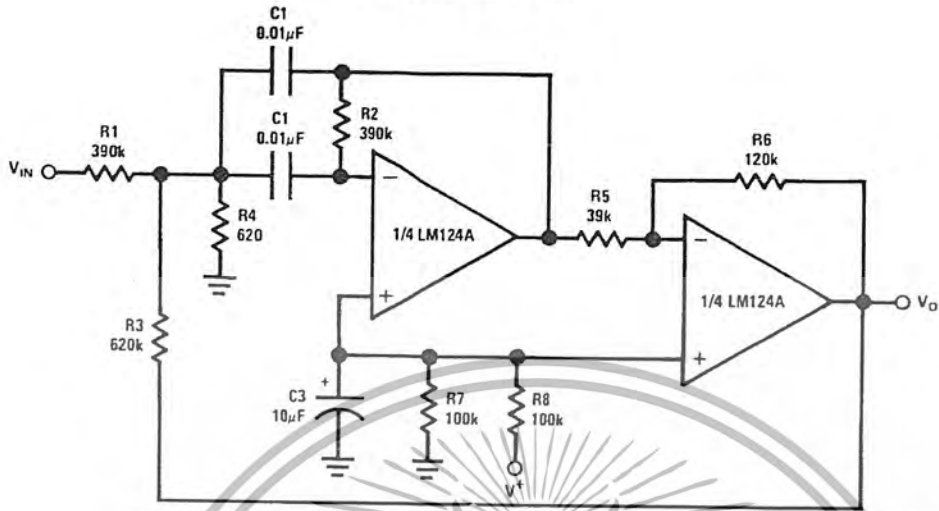


For $\delta \ll 1$ and $R_f \gg R$

$$V_o = V_{REF} \left(\frac{\delta}{2} \right) \frac{R_f}{R}$$

Typical Single-Supply Applications ($V^+ = 5.0 V_{DC}$) (Continued)

Bandpass Active Filter

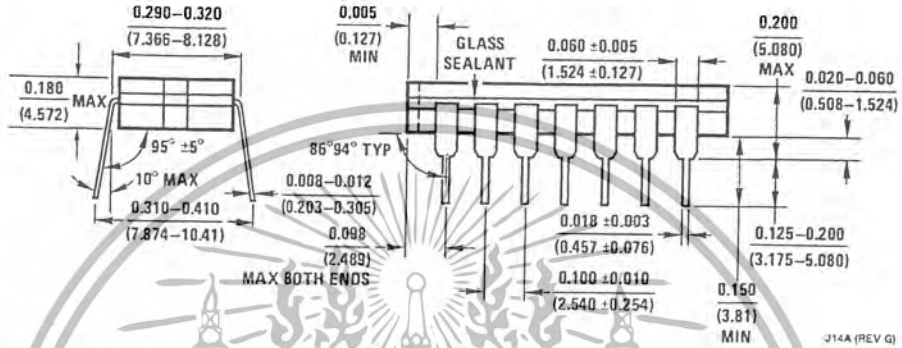
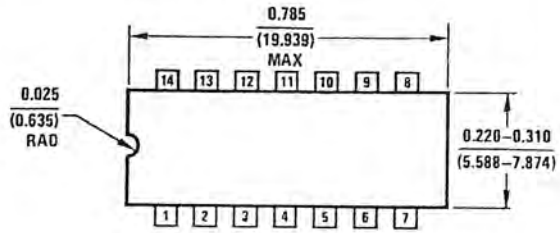


$f_0 = 1 \text{ kHz}$
 $Q = 25$

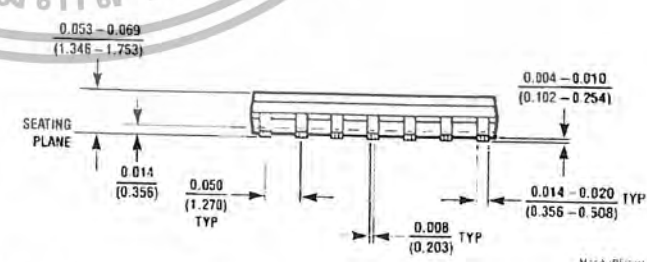
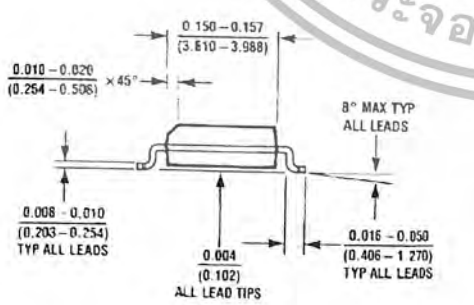
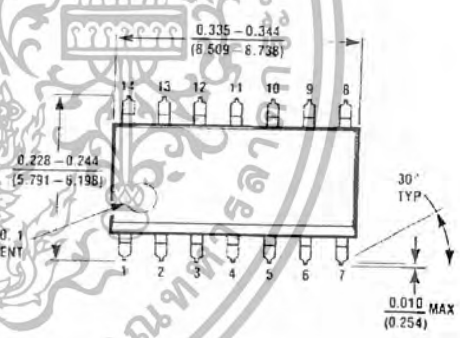
00929931



Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted

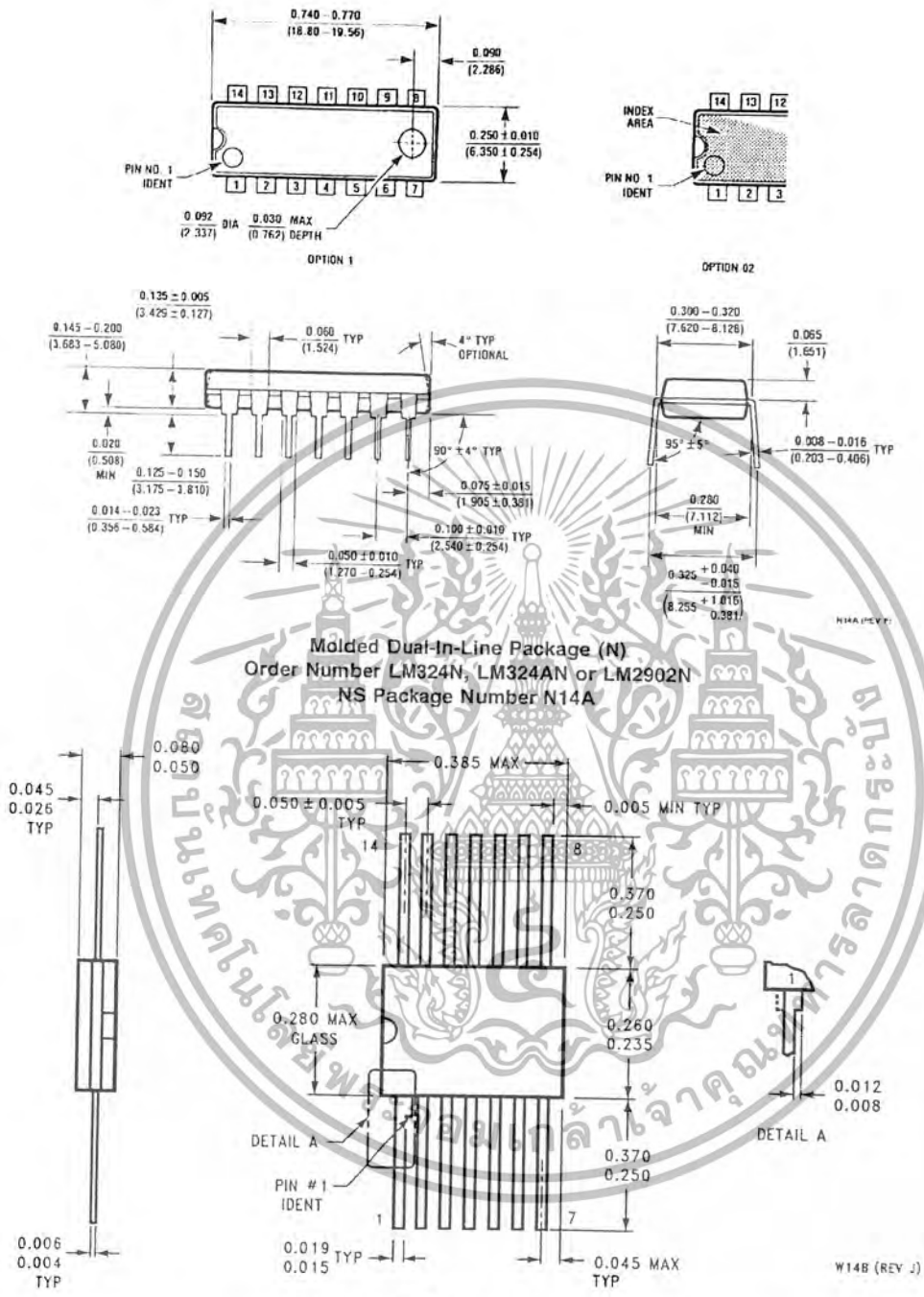


Ceramic Dual-In-Line Package (J)
 Order Number JL124ABCA, JL124BCA, JL124ASCA, JL124SCA, LM124J,
 LM124AJ, LM124AJ/883, LM124J/883, LM224J, LM224AJ or LM324J
 NS Package Number J14A



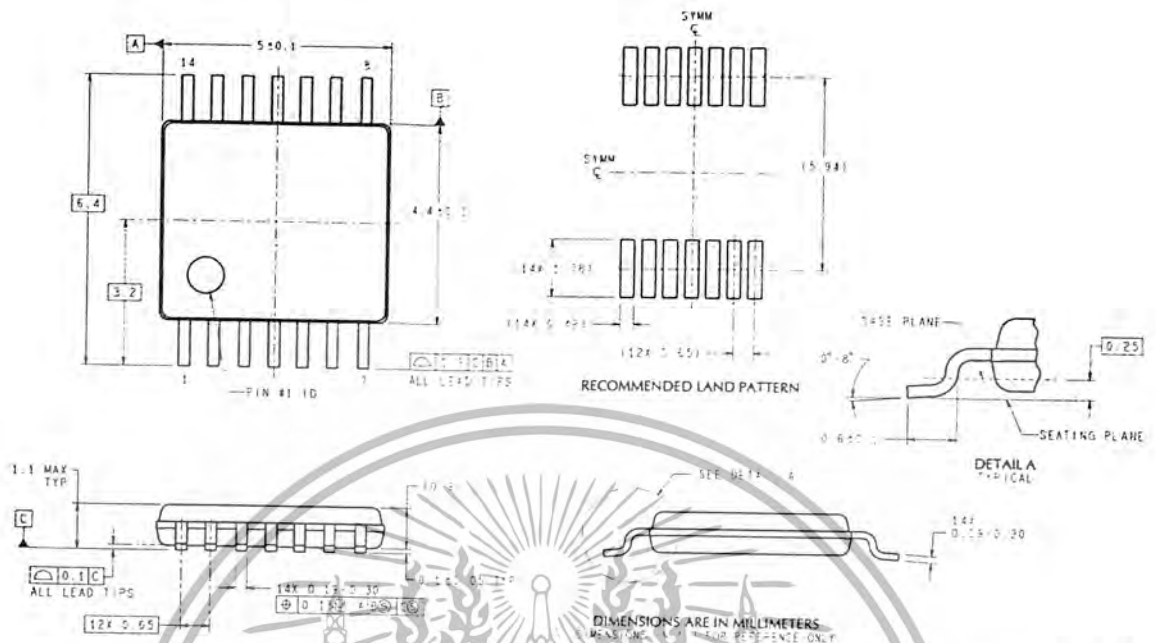
MX S.O. Package (M)
 Order Number LM324M, LM324AM, LM324AMX, LM2902M or LM2902MX
 NS Package Number M14A

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



W14B (REV J)

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



14-Pin TSSOP
 Order Number LM324MT or LM324MTX
 NS Package Number MTC14

MTC14 (Rev D)

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT AND GENERAL COUNSEL OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

BANNED SUBSTANCE COMPLIANCE

National Semiconductor certifies that the products and packing materials meet the provisions of the Customer Products Stewardship Specification (CSP-9-111C2) and the Banned Substances and Materials of Interest Specification (CSP-9-111S2) and contain no "Banned Substances" as defined in CSP-9-111S2.

National Semiconductor
 Americas Customer Support Center
 Email: nw.feedback@nsc.com
 Tel: 1-800-272-9359

National Semiconductor
 Europe Customer Support Center
 Fax: +49 (0) 189-530 85 86
 Email: europa.support@nsc.com
 Deutsch Tel: +49 (0) 69 9508 6208
 English Tel: +44 (0) 870 24 0 2171
 Français Tel: +33 (0) 1 41 91 8790

National Semiconductor
 Asia Pacific Customer Support Center
 Email: ap.support@nsc.com

National Semiconductor
 Japan Customer Support Center
 Fax: 81-3-5639-7507
 Email: jp.feedback@nsc.com
 Tel: 81-3-5639-7560

www.national.com

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาทันที ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนฐานการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้