สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องชั่งน้ำหนักและวัดระดับไขมันแสดงผลดิจิตอล

DIGITAL DISPLAY WEIGHT AND FAT LEVEL METER

T046252

โดย

นางสาว ชลิดา คูหาเรือง

นาย สุเทพ ลิขิตานันทพงศ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

วศ.บ.
วศ 2544
ท 254

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 46252
วัน, เดือน, ปี 21 มี.ค. 2546

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องชั่งน้ำหนักและวัดระดับไขมันแสดงผลดิจิตอล

DIGITAL DISPLAY WEIGHT AND FAT LEVEL METER

โดย

นางสาว ชลิดา ดูหาเรือง รหัสประจำตัว 42015214

นาย สุเทพ ลิขิตานันทพงศ์ รหัสประจำตัว 42015245

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. กิติพล ชิตสกุล

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องชั่งน้ำหนักและวัดไขมันแสดงผลดิจิตอล

DIGITAL DISPLAY WEIGHT AND FAT LEVEL METER

นางสาว ชลิดา คูหาเรือง รหัสประจำตัว 42015214

นาย สุเทพ ลิขิตานันทพงศ์ รหัสประจำตัว 42015245

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมที่จะทำการสอบได้

.....

(ดร. กิติพล ชิตสกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2544

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องชั่งน้ำหนักแสดงและวัดระดับไขมันแสดงผลดิจิตอล

DIGITAL DISPLAY WEIGHT AND FAT LEVEL METER

ผู้จัดทำ

1. นางสาว ชลิดา คูหาเรือง รหัสประจำตัว 42015214
2. นาย สุเทพ ลิขิตานันทพงศ์ รหัสประจำตัว 42015245

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร. กิติพล ชิตสกุล)

17 มีนาคม พ.ศ.2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องชั่งน้ำหนักและวัดระดับไขมันร่างกายแสดงผลดิจิตอล

ชลิดา คูหาเรือง
สุเทพ ลิขิตานันทพงศ์
ดร. กิติพล ชิตสกุล อาจารย์ที่ปรึกษา
ภาคการศึกษา ที่ 2ปีการศึกษา 2544

บทคัดย่อ

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอโครงงานเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอลและวัดระดับไขมันด้วยหลักการไบโออิมพีแดนซ์ ซึ่งในส่วนเครื่องชั่งน้ำหนักนั้นประกอบด้วยส่วนที่เป็น โหลดเซลล์ วงจรดิฟเฟอร์เรนเชียล วงจรโลพาสฟิลเตอร์ วงจรอินเวอส์ติ้งแอมพลิไฟล์และใช้วงจรแปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล และนำเอาไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 มาประยุกต์ใช้งานในการควบคุมการทำงานของโหลดเซลล์ และส่วนประมวลผล ซึ่งโครงงานนี้สามารถแสดงผลของน้ำหนักออกทางแอลซีดีในย่าน 200 กิโลกรัม ระดับความละเอียดทศนิยม 1 ตำแหน่ง วิธีการวัดค่าระดับไขมันในร่างกายมนุษย์ใช้วิธีวัดไบโออิมพีแดนซ์ของร่างกายผ่านทางผิวหนังบริเวณฝ่าเท้าทั้งสองข้างโดยการวัดแบบ 4 ขั้ว ซึ่งประกอบด้วยวงจรกำเนิดความถี่แบบควอดคราเจอร์และวงจรแปลงแรงดันเป็นกระแส ซึ่งจ่ายไฟกระแสสลับ 4 มิลลิแอมป์ ความถี่ 100 กิโลเฮิรท์ซเข้าที่คู่อิเล็กโทรดผ่านหม้อแปลงแยกทางไฟฟ้า อิเล็กโทรดอีกหนึ่งคู่รับแรงดันตกคล่อมไบโออิมพีแดนซ์แล้วแปลกลับเป็นปริมาณระดับไขมันจากการทดลองเครื่องชั่งน้ำหนักมีความแม่นยำ 95% ส่วนการวัดระดับไขมันโดยการวัดแรงดันตกคล่อมไบโออิมพีแดนซ์นั้นแสดงให้เห็นว่ามีสหสัมพันธ์กับการวัดความอ้วนมาตราฐานที่ใช้ความสูงและน้ำหนักเป็นเกณฑ์โดยเก็บข้อมูลจากคนปกติ 50 ราย ทำให้สามารถวัดระดับความแตกต่างค่าความอ้วนของแต่ละคนได้โดยใช้อุปกรณ์ในการประมวลผลและแสดงค่าชุดเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DIGITAL DISPLAY WEIGHT AND BODY FAT LEVEL METER

Chalida Kuharaung

Suthep Likhitananthapong

Dr. Kitipol Chitsakul Advisor

2nd semester Academic year 2001

ABSTRACT

This digital display weight meter utilizes a load-cell to measure weight. It's also included a fat level monitor using the bioimpedance analysis. The weight meter consists of a load cell as sensor and electronic circuit such as differential Amplifier, low passed filters and amplifiers to condition the signal from the sensor. An analog to digital converter is used to convert voltage from the weight meter and bioimpedance measurement to digital form for processing by an 8051 microcontroller. The results of measurement are displayed on an LCD. The standard weights were used to calibrate the weight meter. It is shown that the range of measure is 0-200 kg with one decimal notation. The average accuracy is 95 %. The total body impedance measurement is based on the 4 electrodes measurement. Two electrodes are used to inject 4 mA, 100 KHz, isolated current into foot pad. The other two electrode collect the potential drop on the body impedance. The standard measure of fat (by weight and tall) has been used to classify in three groups of 50 testing objects, fat, moderate and thin.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานเรื่อง เครื่องชั่งน้ำหนักและวัดระดับไขมันแสดงผลดิจิตอล ได้รับความก้าวหน้าเนื่องจากได้รับการสนับสนุนเรื่องเอกสารอ้างอิง เครื่องมือ อุปกรณ์และคำแนะนำให้คำปรึกษาเป็นอย่างดี

จึงขอขอบคุณ ดร. กิติพล ชิตสกุล อาจารย์ที่ปรึกษา ที่มีส่วนเป็นอย่างมากในการให้คำแนะนำให้คำปรึกษา และขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนช่วยเหลือในโครงงานครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วง

นางสาว ชลิดา คูหาเรือง

นาย สุเทพ ลิขิตานันทพงศ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 โครงสร้างของโครงงาน	1
1.3 วัตถุประสงค์	2
1.4 ขอบเขตโครงงาน	2
1.5 วิธีการดำเนินงาน	2
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน	3
1.7 โครงสร้างปริญญานิพนธ์	3
บทที่ 2 ทฤษฎี	4
2.1 สเตรนเกจน์	5
2.2 วงจร Low Pass Filter	7
2.3วงจร Inverting Amplifier	8
2.4วงจร Noninverting Amplifier	9
2.5วงจร Differential Amplifier	10
2.6ส่วนแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล	11
2.7วงจร Oscillator	12
2.8วงจรเปลี่ยนแรงดันเป็นกระแส	13
2.9 วงจรรีโซแนนท์	15
2.10 หลักการของการวัดอิมพีแดนซ์	15
2.11 การวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบ 4 ขั้ว	17
2.12 สถาปัตยกรรมไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS –51	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

2.12.1 โครงสร้าง MCS –51 21

2.12.2 การจัดขาลักษณะภายนอก MCS-51 23

2.12.3 หน่วยศูนย์กลางประมวลผลหรือ CPU 24

2.12.4 โครงสร้างพอร์ต 25

2.12.5 การเข้าถึงของหน่วยความจำภายนอก 26

2.12.6 ชุดคำสั่ง 26

2.13 การใช้ตัวแสดงผลแบบ LCD 28

2.14 การใช้งาน LTC 1298 30

บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง 31

3.1 หลักการเครื่องชั่งแสดงผลดิจิตอล 31

3.1.1 Tranducer 31

3.1.2 วงจร Differential Amplifier 31

3.1.3 วงจร Low Pass Filter 32

3.1.4 วงจร Inverting Amplifier 32

3.2 หลักการส่วนวัดระดับไขมัน 32

3.2.1 ส่วนกำเนิดความถี่ 33

3.2.2 วงจรเปลี่ยนแรงดันเป็นกระแส 33

3.2.3 วงจร Differential Amplifier 34

3.2.4 วงจร Low pass Filter 34

3.2.5 วงจร Noninverting Amplifier 34

3.2.6ส่วนแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล 34

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 38

4.1 แรงดันเอาท์พุทที่ได้จากโหลดเซลล์และวงจรอินเวอร์ติ้งแอมป์ 38

4.2 วงจร Analog to Digital Converter 41

4.3 เครื่องชั่งน้ำหนักแสดงผลดิจิตอล 42

4.4 แรงดันเอาท์พุทในส่วนวงจรวัดระดับไขมัน 44

บทที่ 5 บทสรุป 49

ภาคผนวก

บรรณานุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 โครงสร้างการทำงานของเครื่องชั่งน้ำหนักแสดงผลดิจิตอล 4

รูปที่ 2.2 โครงสร้างการทำงานของการวัดระดับไขมัน 5

รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะของวงจรบริดจ์ 6

รูปที่ 24 วงจร Low pass fillter 7

รูปที่ 2.5 Frequency Response 7

รูปที่ 2.6 วงจร Inverting Amplifier 8

รูปที่ 2.7 วงจร Nonverting Amplifier 9

รูปที่ 2.8 วงจรดิฟเฟอร์เรนเชียลชนิดที่มีออปแอมป์ 3 ตัว 10

รูปที่ 2.9 ขบวนการแปลงสัญญาณดิจิตอลด้วย A/D Convertor 11

รูปที่ 2.10 แสดงการตอบสนองของการแปลงสัญญาณ 11

รูปที่ 2.11 วงจร Quadrature Oscillator 13

รูปที่ 2.12 แสดงการเปลี่ยนแรงดันเป็นกระแสแบบ Ground Load 14

รูปที่ 2.13 แสดงวงจร Resonant แบบขนาน 16

รูปที่ 2.14 แสดงการไหลขอลกระแสและเส้นอิควิโพเทนเชียล 17

รูปที่ 2.15แสดงการไหลขอลกระแสและเส้นอิควิโพเทนเชียลแล้ววัดแรงดันที่อิเล็กโทรด E,F 18

รูปที่ 2.16 แสดงผลกระทบของการไหลของรูปกระแสและเส้นอิควิโพเทนเชียล
เมื่อบรรจุวัสดุที่มีค่าความต้านทานจำเพาะต่ำไว้ตรงกลาง 19

รูปที่ 2.17แสดงผลกระทบของการไหลของรูปกระแสและเส้นอิควิโพเทนเชียล
เมื่อบรรจุวัสดุที่มีค่าความต้านทานจำเพาะสูงไว้ตรงกลาง 20

รูปที่ 2.18 แสดงการวัดค่าความต้านทานในการใช้งานจริง 21

รูปที่ 2.19 แสดงโครงสร้างภายในของ MCS- 51 23

รูปที่ 2.20 แสดงการจัดขาตามลักษณะภายนอกของ MCS- 51 24

รูปที่ 2.21 LCD 27

รูปที่ 2.22 วงจรภายใน LTC 1298 29

รูปที่ 3.1 โครงสร้างการทำงานของเครื่องชั่งน้ำหนักแสดงผลดิจิตอล 31

รูปที่ 3.2 โครงสร้างการทำงานของการวัดระดับไขมัน 32

รูปที่ 3.3 วงจรเครื่องชั่งน้ำหนัก 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

รูปที่ 3.4 วงจรภาคส่ง 36
รูปที่3.5 วงจรภาคส่ง 37
รูปที่4.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างน้ำหนักที่ชั่งและแรงดันเอาท์พุทโหลดเซลล์ 39
รูปที่ 4.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างน้ำหนักที่ชั่งและแรงดันเอาท์พุทวงจรอินเวอร์ติ้ง 40
รูปที่ 4.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างน้ำหนักที่ชั่งและน้ำหนักที่วัดได้ 43
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความสูง ช –100 , ญ –110 กับค่าน้ำหนัก 47
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความสูง ช –100 , ญ –110 กับค่าแรงดันเอาท์พุท 47
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างน้ำหนักและแรงดันเอาท์พุท 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าตัวอย่างความต้านทานจำเพาะ 16

ตารางที่2.2 แสดงไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูล MCS-51 22

ตารางที่ 4.1 ผลการวัดเอาท์พุทโหลดเซลล์และเอาท์พุทของวงจรอินเวอร์ติ้งแอมป์ 38

ตารางที่4.2 ผลของวงจร A/D Converter อินพุท 0-5 41

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบเครื่องชั่งน้ำหนัก 42

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการวัดแรงดันเอาท์พุทของผู้ชาย 44

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการวัดแรงดันเอาท์พุทของผู้หญิง 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

1.1 ความสำคัญของโครงงาน

จากการที่สภาพความเป็นอยู่ในสังคมเมืองมีความสดวกสบายมากขึ้น ทำให้สถิติของประชากรในเมืองใหญ่มีสถิตินำหนักเกินเกณฑ์มาตราฐานเป็นจำนวนมาก ซึ่งก่อให้เกิดสถิติโรคภัยไข้เจ็บที่เกี่ยวข้องกับน้ำหนักส่วนเกินขึ้นเพิ่มขึ้นตามมา จนทำให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องออกมารณรงค์ในการลดน้ำหนักและความอ้วน เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาผู้ป่วยที่เกิดจากสาเหตุของความอ้วนซึ่งเพิ่มขึ้นทุกปี

น้ำหนักส่วนเกินในผู้ป่วยหรือคนปกติที่มีน้ำหนักเกิน จะเกิดจากไขมันส่วนเกินที่มาจากอาหารที่บริโภคเข้าไป และสะสมบริเวณส่วนล่างของร่างกาย ดังนั้นการวัดปริมาณไขมันนี้นอกจากจะช่วยบงชี้งถึงปริมาณไขมันส่วนเกินแล้วยังเกี่ยวพันธ์ถึงความอ้วนอีกด้วย

จากความสำคัญดังที่กล่าวมาจึงได้ออกแบบระบบวัดน้ำหนักและปริมาณไขมัน ในเครื่องเดียวกันขึ้นมา

1.2 โครงสร้างของโครงงาน

โครงงานตามแนวคิดข้างต้นจะประกอบด้วยเครื่องชั่งนำหนักตัวและเครื่องวัดระดับไขมันในร่างกายในเครื่องเดียวกัน ในสมัยก่อนเครื่องชั่งที่ใช้จะอาศัยหลักการทางกลศาสตร์ และ แสดงผลด้วยหน้าปัดที่มีเข็มชี้แสดงค่า ซึ่งให้ความละเอียดและความเที่ยงตรงไม่ดีพอ ปัจจุบันจึงได้มีการนำเครื่องชั่งที่อาศัยหลักการทางกลศาสตร์และไฟฟ้ามาใช้ซึ่งก็คือ เครื่องชั่งดิจิตอล นั่นเองเครื่องชั่งดิจิตอลให้ความละเอียด ความเที่ยงตรงที่ดีกว่าและสะดวกรวดเร็วในการใช้งาน นอกจากนี้สัญญาณไฟฟ้า หรือ สัญญาณดิจิตอลที่ได้ออกมายังสามารถนำไปประยุกต์เพื่อใช้งานอย่างอื่นได้อีกด้วย แต่เครื่องชั่งเหล่านี้มีราคาแพง

เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอลมีหลักการทำงาน คือ มีส่วนที่รับค่าน้ำหนักเข้ามาและส่วนแสดงผล ส่วนที่รับน้ำหนักประกอบด้วย Load Cell มีภาคดิฟเฟอร์เรนเชียลแอมป์เพื่อเปรียบเทียบแรงดันที่เปลี่ยนแปลง อีกทั้งใช้วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านในการกำจัดสัญญาณรบกวน และกำหนดค่าสัญญาณที่เหมาะสมด้วยวงจรอินเวอสติงแอมพลิไฟล์ ให้วงจร A/D เพื่อทำการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล แล้วส่งไปแสดงผล

หลักการวัดระดับไขมันแบบไบโออิมพีแดนซ์เป็นหลักการที่เริ่มนิยมด้วยเหตุผลของความปลอดภัยของผู้ทำการวัดและความสะดวกในทำงาน มีหลักการไม่ซับซ้อน ซึ่งจะรับค่าความสูงของผู้ทำการวัดเป็นค่าพารามิเตอร์ประกอบในการคำนวณระดับแรงดัน ซึ่งประกอบด้วยวงจรภาคส่งและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับ โดยในภาคส่งจะประกอบด้วยวงจรผลิตความถี่ที่ 100 KHz และใช้วงจรแปลงแรงดันเป็นกระแสที่ 4 mA ส่งผ่านเข้าสู่ขาทั้งสองข้างซึ่งเสมือนโหลดของวงจรโดยใช้หลักการไบโอออิมพีแดนซ์นั่นเอง

โดยภาครับจะใช้วงจรดิฟเฟอเรนเชียล แอมมพลิฟรายเออร์เพื่อวัดความเปลี่ยนแปลงแรงดันซึ่งผู้วัดแต่ละคนจะมีค่าอิมพีแดนซ์ไม่เท่ากันเป็นเหตุให้ระดับแรงดันที่แตกต่างกันกันออกไป ยังประกอบด้วยวงจรแปลงแรงดันกระแสสลับเป็นกระแสตรง และวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน แล้วทำการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลส่งให้อุปกรณ์ประมวลผลรับค่าไปทำการคำนวณแล้วแสดงผลได้

1.3 วัตถุประสงค์

ศึกษาหลักการของเครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอลและการวัดไขมันโดยหลักการของไบโออิมพิแดนซ์ซึ่งเกี่ยวข้องถึงคุณสมบัติและการวิเคราะห์การทำงาน และการประยุกต์ใช้งาน อุปกรณ์ทรานดิวเซอร์ โหลดเซลล์ ส่วนประมวลผลร่วมกับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ได้ศึกษาในห้องเรียน พัฒนาเป็นเครื่องชั่งดิจิตอลและเครื่องวัดไขมันที่มีประสิทธิภาพ โดยมีต้นทุนในการผลิตที่ต่ำ และสามารถผลิตขึ้นใช้ได้เองในประเทศ

1.4 ขอบเขตโครงงาน

สร้างเครื่องชั่งน้ำหนักนี้สามารถชั่งน้ำหนักวัตถุที่มีน้ำหนัก 0 - 200 กิโลกรัมโดยมีความละเอียดในระดับทศนิยม 1 ตำแหน่ง แสดงผลผ่าน หน้าจอ LCD 16 หลัก และสามารถวัดระดับไขมันด้วยหลักการไบโออิมพีแดนซ์ แสดงผลผ่านจอ LCD ซึ่งอุปกรณ์นี้มีสวิทซ์ให้เลือกใช้ฟังก์ชันในการแสดงผลค่าน้ำหลักและระดับไขมันควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ พร้อมปรับเทียบและทดลองใช้งานจริง

1.5 วิธีการดำเนินงาน

1) ศึกษาการใช้โหลดเซลล์ MCS 51 และอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในโครงงาน
2) ศึกษาหลักการวัดไขมันแบบไบโออิมพีแดนซ์
3) ออกแบบโครงงาน
4) ประกอบชิ้นงานและวิเคราะห์
5) ทดสอบการทำงานและปรับปรุงแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน

1) สามารถออกแบบวงจรการทำงานทางอิเล็กทรอนิกส์
2) เข้าใจหลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์
3) สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อใช้ในการทำโครงงาน
6) สามารถนำโครงงานไปพัฒนาต่อไป
7) ได้นำความรู้ทางทฤษฎีมาทดลองและประยุกต์ใช้งานได้จริง
8) ได้ผลิตเครื่องมือทางเทคโนโลยีที่ใช้ประโยชน์ได้
9) ได้ศึกษาปัญหาในการปฏิบัติ
10) ใช้งานจริงและแก้ปัญหาเหล่านั้นได้

1.7 โครงสร้างของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นผลจากการศึกษาและทดลองตลอดภาคการศึกษา เพื่อออกแบบสร้างเครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล และเครื่องวัดระดับไขมัน เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้มีการแบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อความสะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าใจ ในแต่ละบทประกอบด้วยเนื้อหาสำคัญดังนี้

บทที่ 1 ได้กล่าวถึงที่มาของโครงงานนี้ โครงสร้างของโครงงาน วัตถุประสงค์ ขอบเขต และประโยชน์ของการทำโครงงานนี้

บทที่2 ได้กล่าวถึงทฤษฎีและหลักการของไบโออิมพิแดนซ์

บทที่3 ได้กล่าวถึง การออกแบบและการสร้าง

บทที่4 ได้กล่าวถึง การทดลองและผลการทดลอง

บทที่5 ได้กล่าวถึง บทสรุปของการทำโครงงานนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี

เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจต่อเครื่องชั่งที่ได้ประดิษฐ์ขึ้นนี้ จะได้กล่าวถึงรายละเอียดของส่วนต่างๆที่ประกอบขึ้นมาตามหัวข้อดังนี้ไว้ดังนี้

เครื่องชั่งน้ำหนักแสดงผลดิจิตอล

1. ส่วนตรวจรับและแปลงสัญญาณ (Transducer)
2. ส่วนของวงจร Differential Amplifier
3. ส่วนของวงจรกรองความถี่สัญญาณ (Low Pass Filter)
4. ส่วนของวงจร Inverting Amplifier
5. ส่วนแปลงสัญญาณ (Analog to Digital Converter)
6. ส่วนไมโครโปรเซสเซอร์และแสดงผล

ซึ่งมี Block Diagram ดังนี้



รูปที่ 2.1 โครงสร้างการทำงานของเครื่องชั่งน้ำหนักแสดงผลดิจิตอล

วัดระดับไขมัน

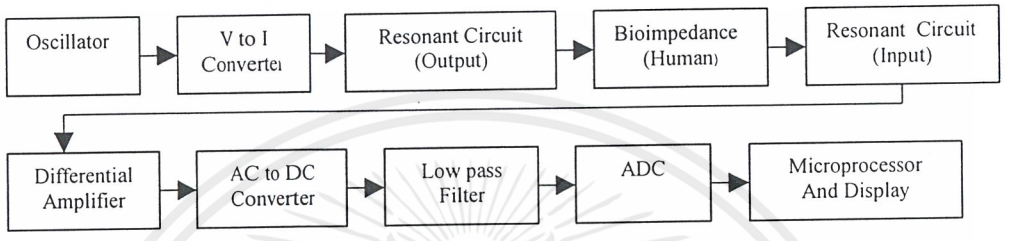
1. ส่วนวงจรกำเนิดความถี่ (Oscillator)
2. ส่วนวงจรเปลี่ยนแรงดันเป็นกระแส (Voltage to Current Converter)
3. ส่วนของวงจร Resonant
4. ส่วนการวัดอิมพีแดนซ์
5. ส่วนของวงจร Instrument Amplifier
6. ส่วนของวงจรเปลี่ยนแรงดันกระแสสลับเป็นแรงดันกระแสตรง (AC to DC Converter)
7. ส่วนของวงจรกรองความถี่ (Low Pass Filter)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ส่วนแปลงสัญญาณ (Analog to Digital Converter)

9. ส่วนไมโครโปรเซสเซอร์และแสดงผล

ซึ่งมี Block Diagram ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 โครงสร้างการทำงานของการวัดระดับไขมัน

จากรูปที่2.1และ 2.2 จะขออธิบายการทำงานของวงจรหรืออุปกรณ์ต่างๆเป็นส่วนๆดังนี้

2.1. สเตรนเกจน์

ตัวแปลงสัญญาณเสตรนเกจน์เป็นตัวแปลงสัญญาณที่มีการนำไปใช้อย่างกว้างขวางตั้งแต่ในรถยนต์จนถึงโรงงานถลุงแร่ นอกจากนี้มีการนำไปใช้ภายในบ้านซุปเปอร์มาเก็ต โรงงานอุตสาหกรรม ตลอดจนในโรงพยาบาล ถูกนำไปใช้เกือบทุกสาขาของวิทยาศาสตร์ตัวแปลงสัญญาณสเตรนเกจน์ สามารถใช้วัดคุณสมบัติทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับแรงได้ทุกรูปแบบเช่น น้ำหนัก อัตราเร่ง ความดัน ปริมาตร ระดับของเหลว อัตราการไหลและความเร็วนอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติที่เที่ยงตรง ทนทาน ราคาไม่แพง มีความเป็นเชิงเส้น และสะดวกในการใช้งานตัวแปลงสัญญาณสเตรนเกจน์นี้ สามารถแบ่งโครงสร้างออกเป็นส่วนประกอบใหญ่ๆได้ 3 ส่วน คือ

1.1)ชิ้นส่วนที่เป็นสปริง

1.2) ตัวสเตรนเกจน์

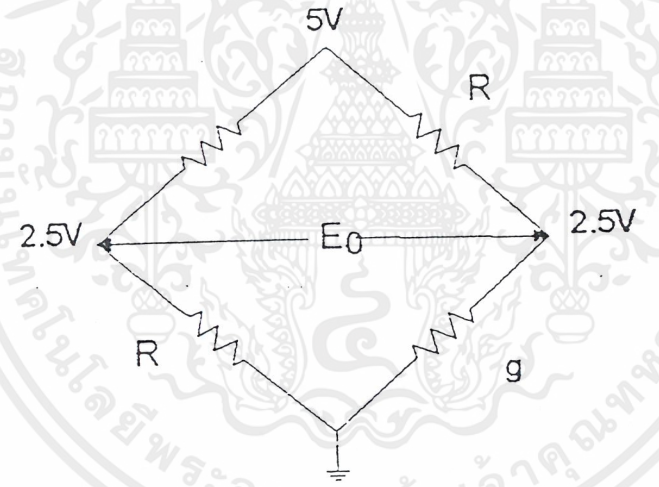
1.3)วงจรบริดจ์

ซึ่งเราจะอธิบายเฉพาะส่วนของวงจรบริดจ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 วงจรบริดจ์

จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานของสเตรนเกจน์เป็นสัดส่วนโดยตรงกับการเปลี่ยนแปลงความยาวของชิ้นส่วนที่เป็นสปริงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงที่มากระทำ เนื่องจากความสัมพันธ์ทั้งสองแบบเป็นเชิงเส้นจึงอาจกล่าวได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงที่มากระทำ แต่การเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานเองไม่เป็นตัวแปรที่สะดวกในการวัดเนื่องจากตัวตรวจจับข้อมูลทางคอมพิวเตอร์ และตัวควบคุมขบวนการมักจะต้องการสัญญาณในรูปแรงดันหรือกระแส เราสามารถที่จะเปลี่ยนค่าการเปลี่ยนแปลงความต้านทานให้อยู่ในรูปของการเปลี่ยนแปลงแรงดันได้โดยการต่อสเตรนเกจน์ วึ่งจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแรงดันที่ตกคร่อมวงจรบริดจ์ เราสามารถใช้การเปลี่ยนแปลงนี้เป็นตัวแสดงการเปลี่ยนของความต้านทานของสเตรนเกจน์ได้



รูปที่2.3 แสดงลักษณะวงจรบริดจ์

เราสามารถแสดงให้เห็นถึง ความสัมพันธ์ระหว่างความแตกต่างของแรงดันที่ตกคร่อมวงจรบริดจ์ และการเปลี่ยนแปลงของความต้านทานเป็นเชิงเส้น

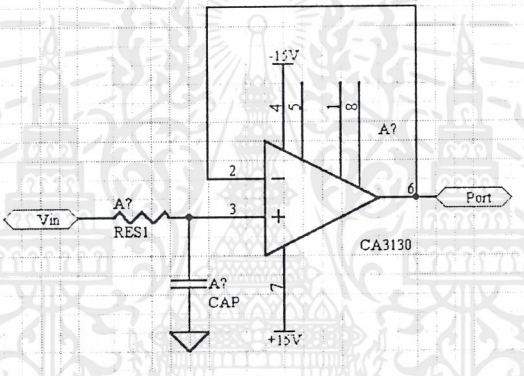
$$eo = Er / R \qquad (2.1)$$

สมการนี้แสดงให้เห็นถึงแรงดันเอาท์พุทของวงจรบริดจ์อันเป็นสัดส่วนโดยตรงกับการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานสเตรนเกจน์

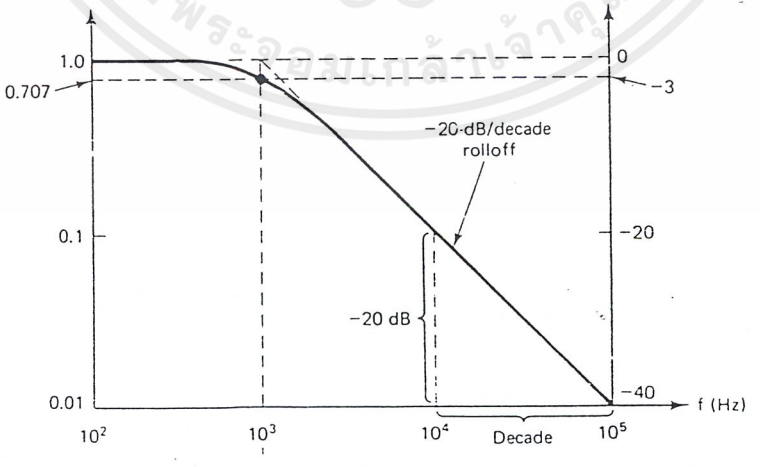
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 วงจร Low Pass Filter

ที่ ความถี่ต่ำ ตัวเก็บประจุจะแสดงเป็นว่าเปิดวงจร และวงจรของOp-Amp จะแสดงแรงดันที่เปลี่ยนไปตามค่า gain ของแรงดัน 1 หรือ 0 dB ที่ความถี่สูง ค่าความต้านทานของตัวเก็บประจุจะมีค่าต่ำมาก ตั้งแต่แรงดัน V_i แบ่งระหว่าง R และ C สัญญาณแรงดันที่อินพุท (+) ดังนั้น V_o จะประมาณว่าเป็นศูนย์ ดังนั้น ความถี่ต่ำจะผ่านจาก V_i ถึง V_o และค่าความถี่สูงจะลดลง



รูปที่ 2.4 วงจร Low Pass Filter



รูปที่ 2.5 Frequency Response

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มีความถี่เกิดขึ้นค่า V_iจะเพิ่มขึ้นจากศูนย์ ขนาดของ V_o จะเป็นค่าคงที่และหลังจากนั้นจะเริ่มลดลง เมื่อ V_o มีค่าลดลงถึง 0.707 ค่าความถี่นี้เรียกว่า Cut off frequency f_H ซึ่งใช้ในการกรองความถี่ต่ำผ่าน

จากรูปแสดง Frequency Response ซึ่ง plot เป็นค่า log เมื่อเหนือขึ้นไปจาก Cut off frequencyค่า gain ของแรงดันจะลดลงเป็น –20dB

2.3 วงจร Inverting Amplifier

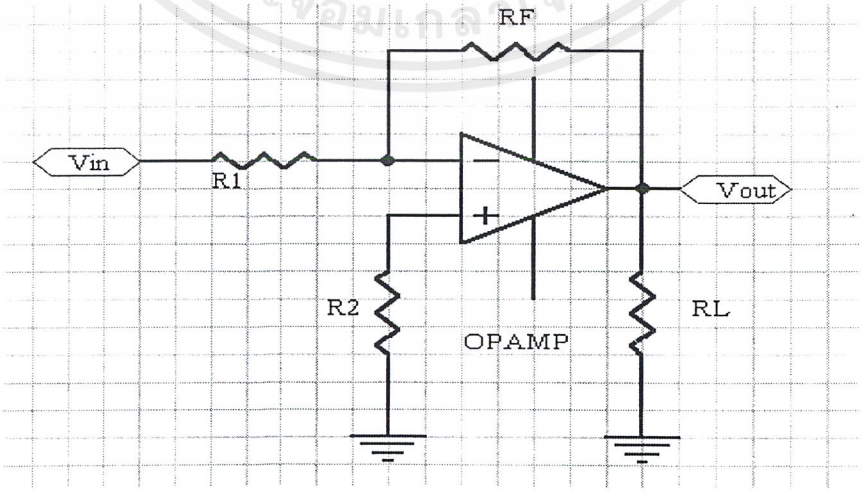
วงจร Inverting Amplifier จะใช้ negative feedback เพื่อให้ได้อัตราขยายแรงดันที่คงที่ ซึ่งเหตุผลที่ต้องให้คงที่ เพราะวงจรนี้มีอัตราขยาย open loop มีค่าสูงมากและไม่เสถียรทำให้ไม่สามารถหาขนาดของอัตราขยายได้ จึงต้องมีการป้อนกลับจากรูป แรงดันอินพุท จะขับ inverting inputผ่าน R1 ซึ่งจะทำให้เกิดค่าแรงดันอินพุท V2 ซึ่งแรงดันอินพุทจะถูกขยายโดย อัตราขยาย open loop เพื่อใช้ในการผลิต แรงดันเอาท์พุท inverting โดยแรงดันเอาท์พุทจะถูกป้อนกลับมาที่อินพุทผ่าน R2 ผลของ การป้อนกลับแบบลบทำให้เกิด 180^0 out of phase กับ อินพุท

ถ้า อัตราขยาย open loop เพิ่ม แรงดันเอาท์พุทจะเพิ่มและป้อนกลับแรงดันที่มากขึ้นมาที่อินพุท inverting ซึ่งผลที่ได้ทำให้ค่า V2 ลดลง ดังนั้น อัตราขยายจะเพิ่ม และค่าเอาท์พุทจะเพิ่ม

$$V_{in} = I_{in} R_1 \qquad (2.2)$$

$$V_{out} = I_{in} R_2 \qquad (2.3)$$

$$A_v = R_2 / R_1 \qquad (2.4)$$



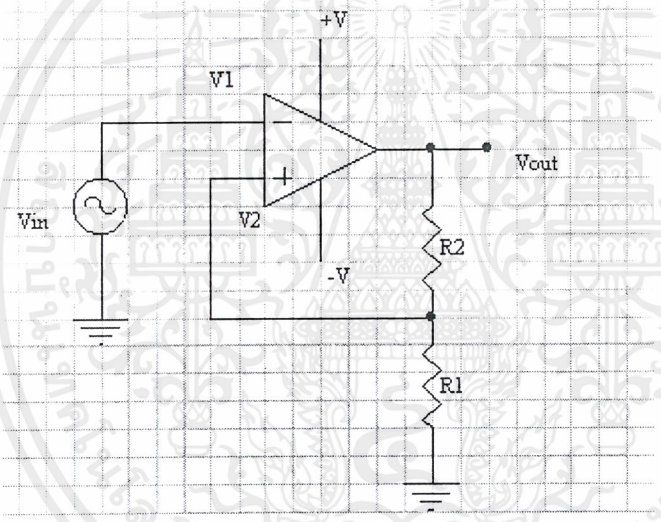
รูปที่ 2.6 วงจรInverting Amplifier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 วงจร Noninverting Amplifier

จากรูปแสดงวงจร Noninverting Amplifier โดย แรงดัน อินพุท Vin จะเป็นตัวขับ Inverting อินพุท ที่แรงดันอินพุทจะผลิตแรงดันที่ in phase ส่วนของแรงดันเอาท์พุทจะป้อนกลับที่อินพุทผ่านวงจร divider แรงดันที่ตรงข้าม R1 จะเป็นแรงดันป้อนกลับที่ใช้เป็น Inverting อินพุทแรงดันป้อนกลับจะมีค่าเท่ากับแรงดันอินพุท เพราะแรงดันที่ open loop gain สูงความแตกต่างของ V1 และ V2 จะน้อยมากแรงดันป้อนกลับจะไปขัดขวางแรงดันอินพุทเรียกว่าการป้อนกลับแบบลบ

ถ้า แรงดันopen loop gain มีค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้แรงดันเอาท์พุทเพิ่มและแรงดันป้อนกลับที่ Inverting อินพุทเพิ่ม ค่า V1 – V2 มีค่าลดลง



รูปที่ 2.7 วงจร Noninvering Amplifier

ถ้า Rin มีค่า infinite กระแสอินพุทเป็นศูนย์ ถ้า A_{OL} มีค่า infinite ค่าแรงดัน V1 – V2 มีค่าเป็นศูนย์

$$V_{in} = i_1 R_1 \quad (2.5)$$

$$V_{out} = i_1 (R_2 + R_1) \quad (2.6)$$

$$A_v = (R_2 / R_1) + 1 \quad (2.7)$$

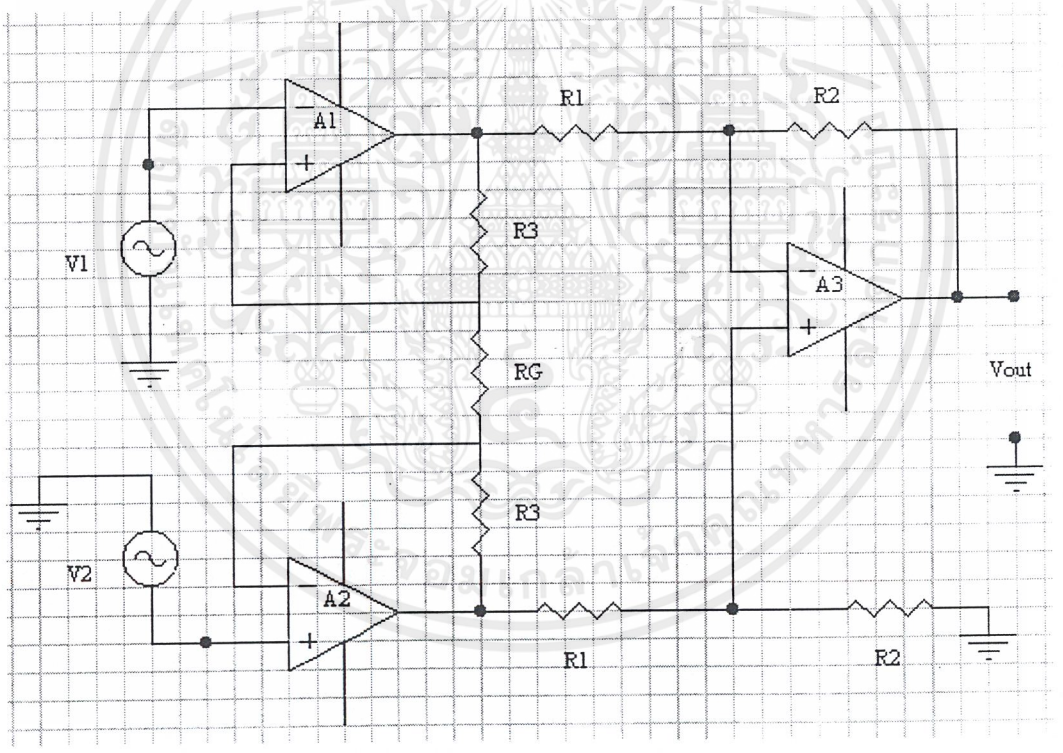
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 วงจร Differential Amplifier

โดยทั่วไปแล้วเรามักจะใช้วงจร ดิฟเฟอร์เรนเชียลแอมปริไฟเออร์ เพื่อที่จะขยายความแตกต่างของสัญญาณที่เข้ามา เช่น เอาท์พุทของเซนเซอร์ความดัน วงจรขยายความแตกต่างนี้ เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้ในงานอย่างนี้เพราะว่าสามารถที่จะขจัดสัญญาณรบกวนได้ดีกว่า และมีค่า อินพุทอิมพีแดนซ์ ที่เท่ากัน เราแบ่งชนิดของวงจรดิฟเฟอร์เรนเชียล นี้ออกตามจำนวน ออปแอมป์ คือ

1. ชนิดที่มี 1 ตัว
2. ชนิดที่มี 2 ตัว
3. ชนิดที่มี 3 ตัว

ในที่นี้เราจะกล่าวถึงเฉพาะ แบบที่ 3 เท่านั้น



รูปที่ 2.8 วงจรดิฟเฟอร์เรนเชียลชนิดที่มีออปแอมป์ 3 ตัว

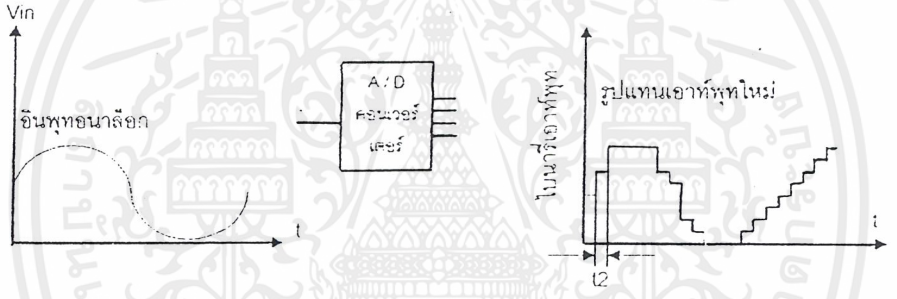
วงจรในรูปประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนแรกมี ออปแอมป์ A1 และ A2 ส่วนที่สองมีออปแอมป์ A3 ในการหาค่าเกน เราจะพิจารณาแยกโดย ในส่วนแรก จะแยกเป็นวงจรดิฟเฟอร์เรนเชียล 2 วงจร ดังรูป ค่า เอาท์พุทโวลเตจ ของวงจรขยายความแตกต่างนี้ หาจากหลัก Superposition

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

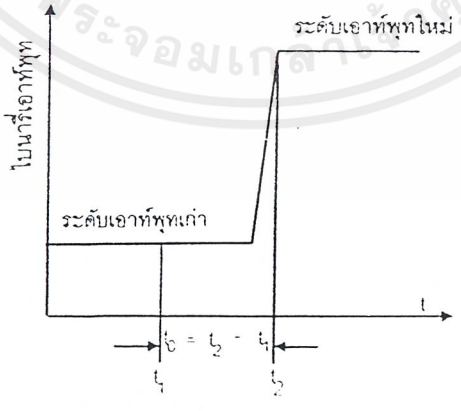
2.6 ส่วนแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล

ในการวัดสัญญาณโดยทั่วไปจะทำการประมวลผลข้อมูลซึ่งต้องรับข้อมูลเป็นดิจิตอล ดังนั้นในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกจึงจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอลก่อนจะนำไปประมวลผล

อินพุทจากสัญญาณอนาลอกที่เข้าใน A/D สัญญาณตอบสนองของอินพุทจะเกิดขึ้นจากผลต่างของเวลาทั้งสอง คือ การเปลี่ยนแปลงสัญญาณซึ่งเป็นเวลาที่ใช้จริงของ A/D คอนเวอร์เตอร์ ดังนั้นการกำหนดเวลา Sampling จากความถี่ Sample ควรมีเวลามากกว่าเวลาในการแปลงสัญญาณจึงจะได้ค่าดิจิตอลเอาท์พุทที่ถูกต้องและเพื่อให้ทราบถึงผลของการ Sample จนสัญญาณอนาลอกแปลงเป็นดิจิตอลเอาท์พุทพิจารณาจากกราฟ



รูปที่ 2.9ขบวนการแปลงสัญญาณดิจิตอล ด้วย A/D Converter



รูปที่ 2.10แสดงการตอบสนองของเวลาแปลงสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลที่ใช้กันอยู่ทั่วๆไปมีหลายแบบ พอจะแบ่งได้ 4 วิธี คือ

1.Successive Approximation

2. Integration (Single , Dual and Quad Slope)

3. Counter comparator and Servo

4. Parallel

2.7 วงจร Oscillator

วงจร Oscillator มีหลายแบบ เช่น

1. Phase Shift Oscillator
2. Wien Bridge Oscillator
3. Twin – T Oscillator
4. Quadrature Oscillator
5. Colpitts Oscillator

ซึ่งในโครงงานนี้เราใช้แบบ Quadrature

2.7.1 วงจร Quadrature Oscillator

จะผลิตสัญญาณ 2 สัญญาณ คือ Sine และ Cosine (90° out of phase) ดังแสดงในรูป วงจรนี้ต้องการคู่ Op-Amp และการรวมกันของ RC 3ชุด

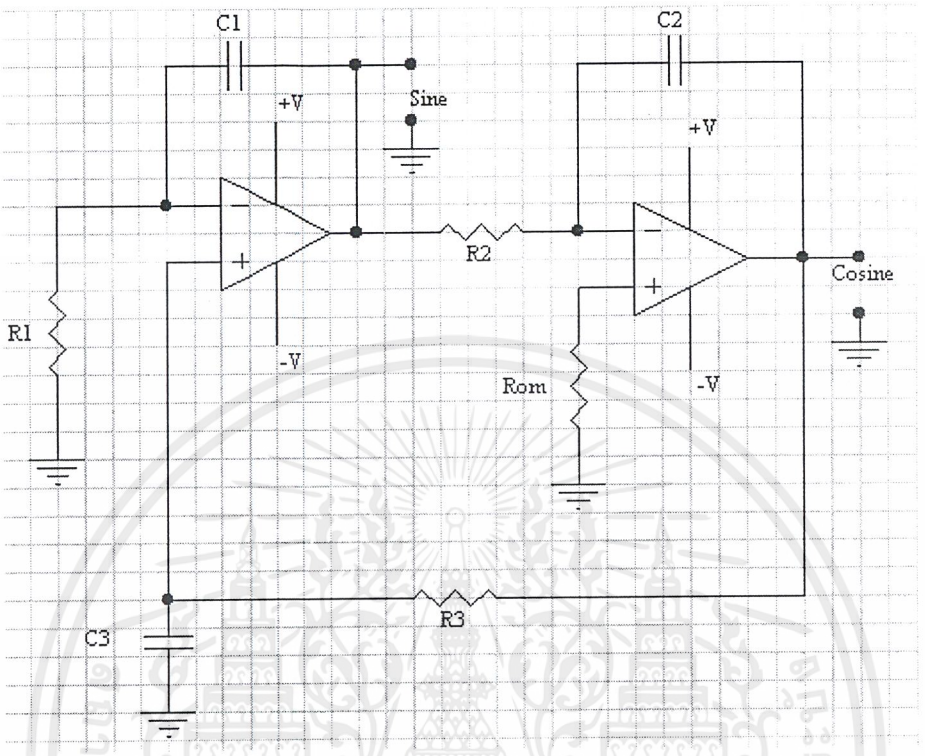
โดยที่ เอาท์พุทของ A1 เป็น Sine และOutput ของ A2 เป็น Cosine Op-Amp ตัวแรกมีกระบวนการใน Noninverting mode หรือเสมือนกับ Noninverting Integrater ซึ่งมีเฟส 90° ส่วนOp-Amp ตัวที่สองก็ทำงานเช่นเดียวกับตัวแรกดังนั้นจึงมีเฟส 180^{0} เกิดขึ้นที่อินพุท Inverting Integrater ของตัวแรก และ เอาท์พุทของตัวที่สอง เอาท์พุทที่ Inverting ตัวที่สองจะเป็นเส้นทางกลับมาที่ Inverting อินพุทของOp-Amp ตัวแรก ดังนั้นจะมีความแตกต่างของเฟส 180^{0} จะทำให้มีเฟสรวมทั้งหมด 360^{0} Op-Amp A2 จะตามโดยค่า Voltage Divider ที่ไม่เปลี่ยนแปลงของ R3และ C3 ซึ่งเป็น divider จากวงจร Feedback

การออกแบบ Quadrature Oscillator จะต้องการค่า ความถี่ Oscillator (fo) ซึ่งหาได้จาก

$$fo = \frac{1}{2\pi RC} \qquad (2.8)$$

โดยการคำนวณ ค่า C1 = C2 = C3 และ R1 = R2 = R3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 วงจร Quadrature Oscillator

2.8 วงจร เปลี่ยนแรงดันเป็นกระแส (Voltage to Current Converter)

ชนิดของวงจรเปลี่ยนแรงดันเป็นกระแสจะขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานที่โหลดโดยมี 2 ชนิด คือ

1. Floating Load
2. Ground Load

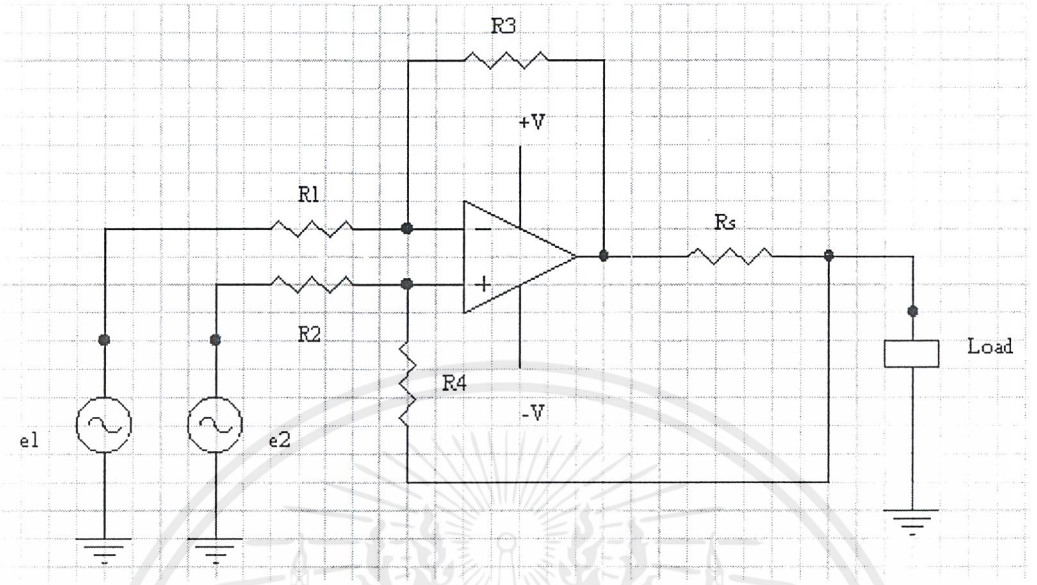
โดยที่ แบบ Floating Load จะสามารถปรับ Common Mode และเหนี่ยวนำสัญญาณได้น้อย แต่ส่วนGround Load จะดีกว่าในเรื่องของการควบคุมและการแสดงผล

ซึ่งในโครงงานจะใช้แบบ Ground Load

2.8.1 Voltage to Current Ground Load

ถ้าต้องการขับกระแสที่ โหลดที่เชื่อมต่อกับกราวด์ ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 แสดง วงจรเปลี่ยนแรงดันเป็นกระแส แบบ Ground Load

ค่ากระแสที่โหลดจะควบคุมโดยแรงดันอินพุท ค่า R1, R2, R3, R4 ถ้ามีค่าเท่ากันจะได้ gain เท่ากับ 1 ค่าความต้านทาน Rs จะอยู่ระหว่าง เอาท์พุทและโหลด ส่วน R4 จะเชื่อมต่อกับโหลด R2 จะต่อแบบ Positive Feedback การวิเคราะห์อันดับแรกต้องคำนวณ แรงดันเอาท์พุทโดยการใช้ Superposition จากนั้นทำการ shot แหล่งกำเนิดโดยมีวัตถุประสงค์ให้ Positive Feedback ยกระดับประสิทธิภาพของเอาท์พุทอิมพีแดนซ์ซึ่งในอุดมคติจะต้องทำให้ Ro = α และการเลือกใช้ R3 เป็นค่า kΩ กระแสเอาท์พุทที่ได้จะมีค่าเป็น mAแต่ถ้าเลือกใช้ R3 เป็นค่า MΩ จะทำให้กระแสที่เอาท์พุทเป็น uA

$$Vout = V_L + e_2 - e_1 \quad (2.9)$$

$$V_{RS} = Vout - V_L \quad (2.10)$$

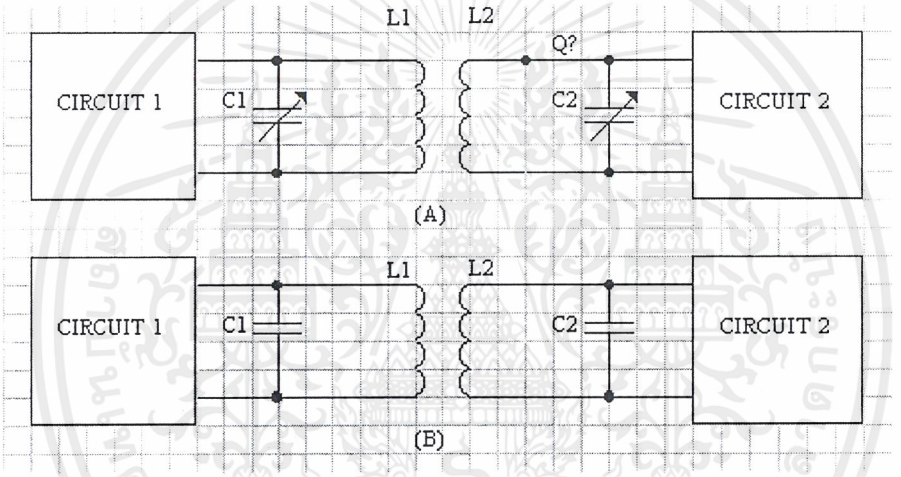
$$= e_2 - e_1 \quad (2.11)$$

$$I_L = I_{RS} = V_{RS} / R_S = e_2 - e_1 / R_s \quad (2.12)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 วงจร Resonant

เป็นวงจรที่ใช้เชื่อมต่อวงจรได้หลากหลา เช่น วงจรR-F signal generate , Filter Network,R-F Amplifier ที่ใช้อย่างแพร่หลายโดยทำผ่านหม้อแปลง การเชื่อมต่อตัวเหนี่ยวนำตัวที่หนึ่งเป็นวงจรเรโซแนนท์แบบขนานวงจรแรกและเชื่อมต่อตัวเหนี่ยวนำตัวที่สองเป็นวงจรเรโซแนนท์แบบขนานวงจรที่สองตามรูป ตัวเหนี่ยวนำจะผลิตเส้นแรงแม่เหล็ก ขดลวดที่สองก็จะทำงานเช่นเดียวกันกับขดลวดที่หนึ่งและไม่ทำการขัดขวางการทำงานของขดลวดที่หนึ่งซึ่งนับว่าเป็นข้อดีของการเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็ก



รูปที่ 2.13 แสดงวงจรResonant แบบขนาน

ขดลวดที่หนึ่งเป็นรูปแบบของขดลวด Primary และขดลวดที่สองเป็นรูปแบบของขดลวด Secondary เมื่อเกิดการเหนี่ยวนำแรงดันจะเป็นสาเหตุให้กระแสไหล การใช้ตัวเก็บประจุปรับค่าได้ในการต่อขนานกับวงจรจะเป็นประโยชน์ในการปรับแต่งเรโซแนนท์

2.10 หลักการของการวัดอิมพีแดนซ์ร่างกาย

การทำความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงค่าอิมพีแดนซ์ในส่วนต่างๆของร่างกายทำให้เราสามารถรับรู้ข้อมูลบางอย่าง ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงหรือเคลื่อนไหวของเนื้อเยื่อและอวัยวะภายใน ประโยชน์ที่ได้รับคือข้อมูลเพื่อช่วยในการวินิจฉัยอาการผิดปกติบางอย่างของร่างกาย ค่าความต้านทานจำเพาะของสารชีวภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารชีวภาพ เช่น เลือดและกล้ามเนื้อนั้นถือว่าเป็นวัตถุที่มีค่าความนำต่ำ เมื่อเทียบกับวัตถุที่จัดอยู่เป็นพวกตัวนำ (เช่น ทองแดง) ในย่านความถี่ที่ใช้งานของการวัดอิมพีแดนซ์ (ความถี่ต่ำกว่า 1 เมกกะเฮิรท์ซ) ตารางที่ 2.1 แสดงค่าตัวอย่างความต้านทานจำเพาะของสารชีวภาพเทียบกับตัวนำ ซึ่งที่ความถี่สูงกว่านี้ค่าของสารชีวภาพจะมีค่าความต้านทานสูงขึ้น จนมีคุณสมบัติเป็นแนวนที่ความถี่สูงมากๆ ความถี่ที่ถูกนำมาใช้งานสำหรับหาค่าอิมพีแดนซ์ของร่างกายมนุษย์จะมีค่าอยู่ระหว่าง 20 ถึง 100 กิโลเฮิรท์ซ ค่าต่ำสุดที่ 20 กิโลเฮิรท์ซเป็นค่าที่เหมาะสมที่ป้องกันไม่ให้สัญญาณอิมพีแดนซ์ถูกรบกวนจากสัญญาณอื่นและยังป้องกันไม่ให้กล้ามเนื้อและปลายประสาทถูกกระตุ้น จากค่ากระแสที่ใช้ในการวัด

Material	Resistivity (ρ) ohm/cm
Blood	150
Plasma	63
Cerebrospinal fluid	30
Urine	30
Skeletal muscle	300
Cardiac muscle	750
Lung	1275
Fat	2500
Copper	1.724×10^{-6}

ตารางที่ 2.1แสดงค่าตัวอย่างความต้านทานจำเพาะ

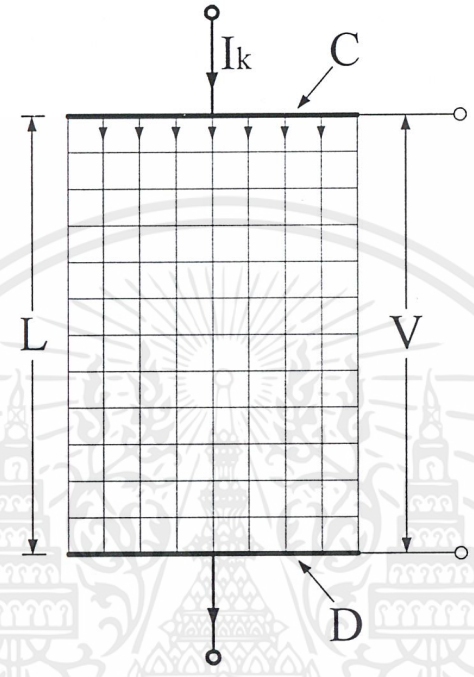
ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการพื้นฐานของการวัดอิมพีแดนซ์ของร่างกายหรือวัตถุ จะอาศัยพื้นฐานของการวัดค่าความต้านทานของวัตถุแบบ 4 ขั้ว ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.11 การวัดความต้านทานไฟฟ้าแบบสี่ขั้ว

ในหัวข้อนี้จะทำการศึกษาการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าของวัตถุที่อยู่ในรูปแบบสี่เหลี่ยมแบบสี่ขั้ว (Rectangular conductivity)ดังแสดงในรูปแบบ 2 มิติดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 2.14 แสดงการไหลของกระแสและเส้นอิควิโพแทนเชียล (Equipotential line) เมื่อจ่ายกระแสเข้าที่อิเล็กโทรด C และ D บนวัตถุที่เป็นตัวนำแบบไอโซทรอปิก (Isotropic conductor)

จากรูป 2.14 วัตถุตัวนำแบบไอโซทรอปิกถูกจ่ายกระแสโดยอิเล็กโทรด C , D (C,D เป็นคอนดัคเตอร์ในอุดมคติ (Perfect conductor)) กระแสคงที่ Ik (Constant Current : Ik)จะไหลผ่านแท่งวัตถุในปริมาณที่เท่ากับทุกส่วนและความหนาแน่นกระแส (Current density)จะมีค่าเท่ากันทุกที่ โดยในรูปแบบนี้เราสามารถหาค่าความต้านของวัตถุสามารถหาได้จากสมการที่ 2.13

$$R = V/Ik = \rho L/A \qquad (2.13)$$

เมื่อ R = ค่าความต้านทานของวัตถุ

V = ค่าแรงดันระหว่างอิเล็กโทรด C และ D

Ik = ค่ากระแสที่ไหลผ่านวัตถุ

ρ = ค่าความต้านทานจำเพาะของวัตถุ

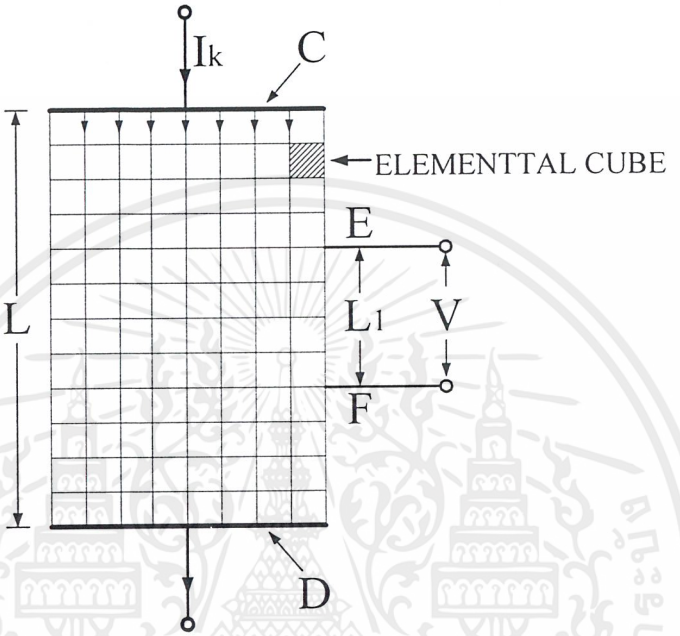
L = ขนาดความยาวของวัตถุ

A = พื้นที่ตัดขวางของวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

46252

จะเห็นว่าเมื่อค่าความต้านทานจำเพาะภายในวัตถุภายในวัตถุมีค่าเท่ากันทั้งหมด (Homogeneous object) ค่าความหนาแน่นของกระแสในแต่ละพื้นที่ทั่วทั้งวัตถุจะมีค่าเท่ากัน และเส้นอิควิโพเทนเชียล (Equipotential line) จะตั้งฉากกับเส้นกระแสและจะขนานกันทุกเส้น



รูปที่ 2.15 แสดงการไหลของกระแสและเส้นอิควิโพเทนเชียล (Equipotential line) เมื่อจ่ายกระแสเข้าที่อิเล็กโทรด C และ D บนวัตถุที่เป็นตัวนำแบบไอโซทรอปิก (Isotropic conductor)แล้วทำการวัดแรงดันที่อิเล็กโทรด E และ F

สำหรับรูปที่ 2.15 จะแสดงการวัดค่าความต้านทานของวัตถุโดยการใช้อิเล็กโทรด E และ F (อิเล็กโทรดมีขนาดเล็กมาก) เข้าไปวัดแรงดันบนพื้นผิวของวัตถุ ในแนวระนาบเดียวกันกับเส้นอิควิโพเทนเชียล ซึ่งในทางอุดมคติแล้วอิเล็กโทรดจะต้องไม่มีผลกระทบต่อความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าที่กระจายอยู่ภายในวัตถุ โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวัดแรงดันจะต้องมีอิมพีแดนซ์ที่สูงมาก (ในอุดมคติจะต้องมีค่าอิมพีแดนซ์เป็นอนันต์) ซึ่งสภาพเช่นนี้ V1 ที่ทำการวัดจะไม่ได้รับผลกระทบจากอิเล็กโทรด นั่นคือเราจะสามารถหาค่า R1 ได้จากสมการที่ 2.14

$$R1 = V1/Ik \tag{2.14}$$

และสามารถหาค่าความต้านจำเพาะของวัตถุได้ดังสมการที่ 2.15

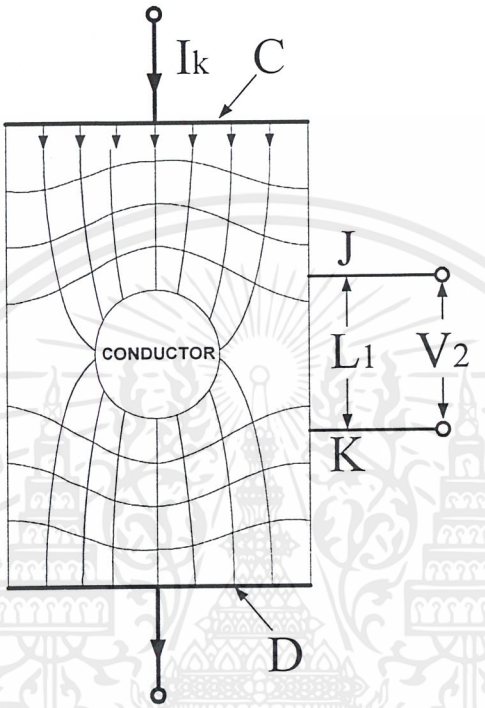
$$\rho = R1.A/L1 \tag{2.15}$$

ρและจากค่าความต้านจำเพาะของวัตถุสามารถนำไปหาค่าความต้านทานของวัตถุได้ดังสมการที่ 2.16

$$R = \rho.L/A \tag{2.16}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

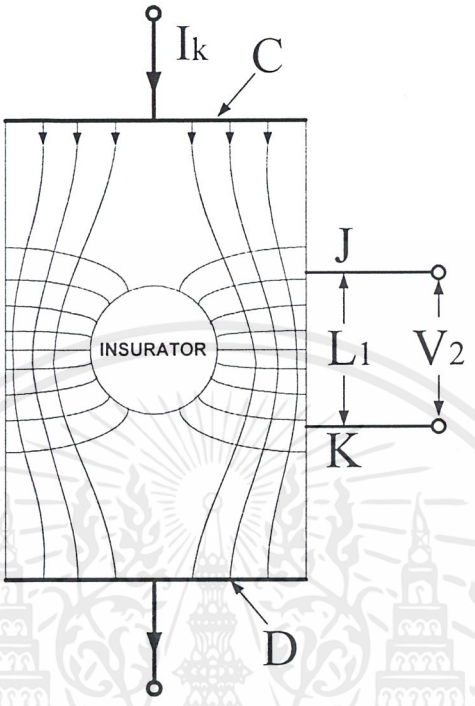
จากวิธีการวัดค่าความต้านทานทั้ง 2 แบบ คือ แบบรูปที่ 2.14 และ แบบรูปที่ 2.15 แบบหลังจะให้ค่าความต้านทานที่ถูกต้องมากกว่าเนื่องจากไม่มีผลกระทบอันเนื่องมาจากค่าเออร์เรอร์ของการวัดแรงดันจากผลของอิมพีแดนซ์ของผิวที่วัด(Skin contact impedance)



รูปที่ 2.16 แสดงผลกระทบของการไหลของรูปกระแสและเส้นอิควิโพเทนเชียลเมื่อบรรจุวัตถุที่มีค่าความต้านทานจำเพาะต่ำไว้ตรงกลาง

จากรูปที่ 2.16 เมื่อทำการวางวัตถุที่มีความต้านทานจำเพาะต่ำ เช่น ทองแดงไว้ตรงกลาง แล้วทำการจ่ายกระแสที่อิเล็กโทรด C และ D จากนั้นทำการวัดแรงดันโดยใช้อิเล็กโทรด J และ K เราจะพบว่ากระแสที่เคยไหลในพื้นที่แต่ละอิลิเมนท์เท่ากันจะเปลี่ยนไปไหลผ่านวัตถุที่มีค่าความต้านทานจำเพาะต่ำซึ่งสัมพันธ์กับเส้นอิควิโพเทนเชียลที่มีการเลื่อนออกจากวัตถุที่มีค่าความต้านทานจำเพาะต่ำเป็นผลให้ค่าแรงดัน V2 ที่วัดได้จากอิเล็กโทรด J และ Kมีค่าต่ำกว่าแรงดัน V1 ที่วัดได้ในตอนแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



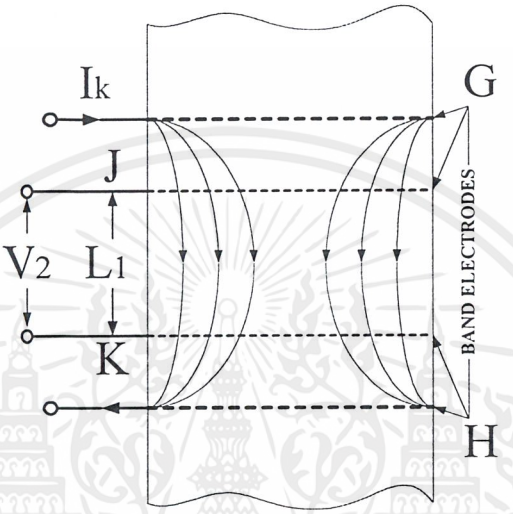
รูปที่ 2.17 แสดงผลกระทบของการไหลกระแสและเส้นอิควิโพเทนเชียลเมื่อบรรจุวัตถุที่มีค่าความต้านทานจำเพาะสูงไว้ตรงกลาง

สำหรับในรูปที่ 2.17 เราทำการวางวัตถุที่มีค่าความต้านทานจำเพาะสูง เช่น พลาสติกแทนที่วัตถุที่มีความต้านทานจำเพาะต่ำ แล้วทำการจ่ายกระแสอิเล็กโทรด C และ D จากนั้นจึงทำการวัดแรงดันโดยใช้อิเล็กโทรด J และ K เราจะพบกระแสจะหลีกเลี่ยงการไหลผ่านพลาสติกแต่จะไหลผ่านส่วนของวัตถุตัวนำที่บรรจุพลาสติกอยู่แทนและส่งผลให้ความแน่นของกระแสบริเวณขอบของวัตถุตัวนำมีค่าสูงสัมพันธ์กับเส้นอิควิโพเทนเชียลเลื่อนเข้ามาทำให้จำนวนของเส้นอิควิโพเทนเชียลที่อยู่ระหว่างอิเล็กโทรดวัดแรงดันเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าแรงดัน V3 ที่วัดได้จากอิเล็กโทรด J และ K มีค่าสูงกว่าแรงดันV1 ที่วัดได้ในตอนแรก

จากการจ่ายกระแสและวัดแรงดันพื้นผิวที่เป็นผลให้ค่าแรงดันที่วัดได้แตกต่างกันตามลักษณะการวางของวัตถุและคุณสมบัติความต้านทานจำเพาะของวัตถุ ทำให้สามารถวิเคราะห์ลักษณะโครงสร้างภายในของวัตถุโดยการจ่ายกระแสเข้าไปที่ผิวของวัตถุและทำการวัดแรงดันที่ผิวรอบๆวัตถุ โดยลักษณะการจ่ายกระแสในการใช้งานจริงจะใช้การจ่ายกระแสที่ผิวซึ่งเป็นไปไม่ได้ที่จะใช้วิธีการจ่ายกระแสดังในรูปที่ 3.1 , 3.2 , 3.3 และ 3.4 แต่จะใช้วิธีการจ่ายกระแสแบบดังรูปที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนโดยจะทำการจ่ายกระแสที่อิเล็กโทรด G และ H และทำการวัดแรงดันที่อิเล็กโทรด J และ K แทน



รูปที่ 2.18 แสดงการวัดค่าความต้านทานในการใช้งานจริง

2.12 สถาปัตยกรรมไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ซึ่งเป็นไมโครคอมพิวเตอร์แบบชิพเดี่ยว (ไม่ต้องต่ออุปกรณ์ภายนอกก็สามารถทำงานได้) มีความสะดวกในการใช้งานและเขียนโปรแกรมควบคุม MCS-51 นี้เป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบมาสนองความต้องการของผู้ใช้คือ มีสายอินพุท เอาท์พุท ภายในตัวพอร์ทของอินพุทและเอาท์พุทบัฟเฟอร์อินเตอร์เฟส และสายควบคุมอื่นๆที่ใช้สำหรับแยกข้อมูลกับแอดเดรสและยังมีชุดคำสั่งเพิ่มขึ้นเป็นพิเศษเพื่อจดการข้อมูล

2.12.1 โครงสร้างของ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีด้วยกันหลายเบอร์ขึ้นกับโครงสร้างภายในของมัน บางเบอร์จะมีหน่วยความจำภายในเป็นแบบ ROM บางเบอร์เป็นแบบ EPROM บางเบอร์มี RAM ภายใน 128 ไบต์ บางเบอร์มี 256 ไบต์ เป็นต้น ซึ่งรายละเอียดจะศึกษาได้จากคู่มือของมันโดยตรง และลักษณะของเขาต่าง ๆ จะเหมือนกัน คุณสมบัติที่สำคัญของ MCS-51 มีดังนี้

- มีหน่วยความจำ ROM 4K bytes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีหน่วยความจำ RAM 128 bytes
- มีพอร์ท I/O ขนาด 8 บิต 4 พอร์ท
- มี Timer 16 บิต 2 ตัว
- สามารถอินเทอร์รัพท์ได้ 5 แหล่ง
- มีวงจรออสซิลเลเตอร์และวงจรนาฬิกาบนชิพ
- มีพอร์ทอนุกรมที่สามารถรับส่งข้อมูลแบบ Full Duplex 8ความเร็วสูง
- อ้างหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้ 64 K
- อ้างหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้ 64 K
- สามารถประมวลผลทีละบิตได้
- สามารถอ้างหน่วยความจำแบบบิตได้ 210 ตำแหน่ง
- หนึ่งวัฏจักรคำสั่งกินเวลาประมาณ 1 ไมโครวินาทีขณะทำงานด้วย Clock 12 MHz .

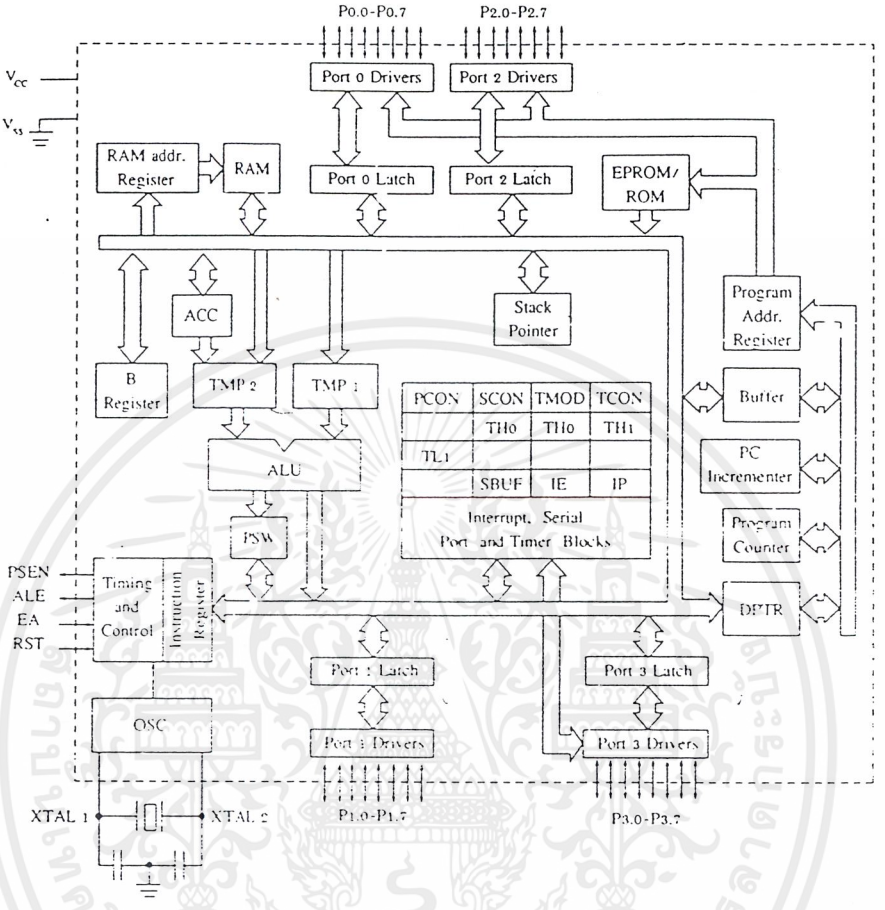
ตัวอย่างไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 และลักษณะต่าง ๆ สามารถ แสดงได้ในตารางที่ 2.2และสำหรับไดอะแกรมโครงสร้างภายในแสดงในรูปที่

เบอร์	หน่วยความจำโปรแกรมบนชิพ	หน่วยความจำข้อมูลบนชิพ	Timer
8051	4K ROM	128 bytes	2
8031	-	128 byte	2
8751	4K EPROM	128 byte	2
8052	8K ROM	256 byte	3
8032	-	256 byte	3
8752	8K EPROM	256 byte	3

ตารางที่ 2.2 แสดงไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ต่าง ๆ

เบอร์หน่วยความจำโปรแกรมบนชิพหน่วยความจำข้อมูลบลชิพTIMERS80514K ROM128 bytes28031-128 bytes287514AK EPROM128 bytes280528K ROM256 bytes38032-256 bytes387528K EPROM256 bytes3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



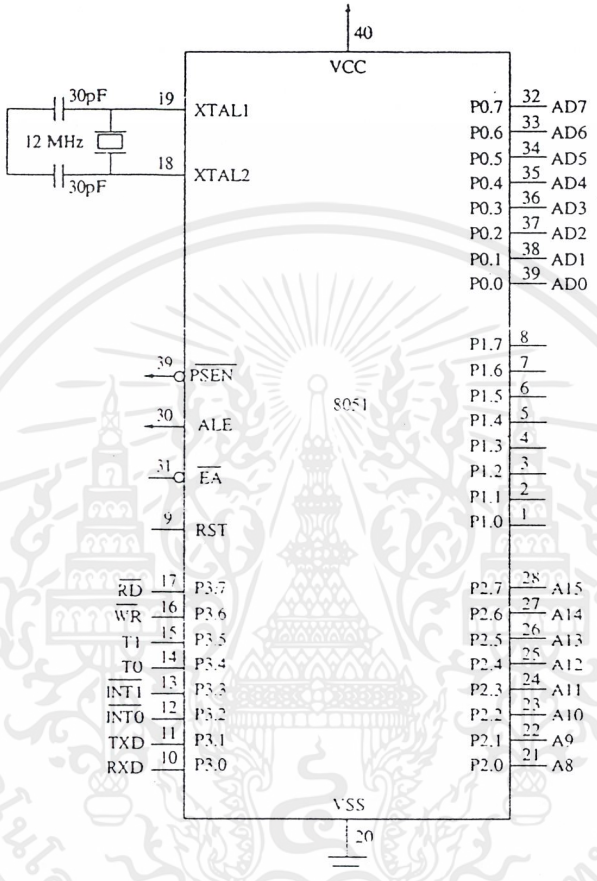
รูปที่ 2.19แสดงโครงสร้างภายในของ MCS-51

2.12.2การจัดขาลักษณะภายนอกของ MCS-51

รูปที่ แสดงการจัดขาตามลักษณะภายนอกของ MCS-51 ซึ่งจะมีการแบ่งกลุ่มการจัดขาตามสถาปัตยกรรมของ MCS-51 อยู่ 4 กลุ่มคือ

1. กลุ่มขารับแหล่งจ่ายไฟฟ้า และระบบสัญญาณนาฬิกา
2. กลุ่มขาแอดเดรสและข้อมูล
3. กลุ่มขาควบคุม
4. กลุ่มขาพอร์ตแบบขนานและอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20แสดงการจัดขาตามลักษณะภายนอกของชิพ MCS-51

2.12.3 หน่วยศูนย์กลางประมวลผลหรือซีพียู

ซีพียูเป็นมันสมองของระบบไมโครคอมพิวเตอร์การอ่านโปรแกรม และทำงานตามคำสั่งโปรแกรมจะกระทำที่ส่วนนี้โดยการใช้ส่วนคณิตศาสตร์ และตรรกศาสตร์ทำงานร่วมกับรีจิสเตอร์ A,B,PSW(Program Statis Word) , SP(Stack Pointer) ตัวนับโปรแกรม (PC:Program counterr) ขนาด 16 บิต และตัวชี้ตำแหน่งข้อมูล (DPTR:Data Pointer) ส่วนคณิตศาสตร์และตรรกศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ALU: Arithmetic Logic Unit) ALU นี้ทำงานในฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ และตรรกศาสตร์ด้วยตัวแปรต่าง ๆ ขนาด 8 บิต ที่มีลักษณะการทำงานทางคณิตศาสตร์เป็น บวก ลบ คูณ หาร รวมทั้งทางตรรกศาสตร์เช่น AND OR XOR รวมทั้งการเลื่อน และวนรอบบิต การเคลียร์ค่า และกลับค่า (Complement) เป็นต้น

สิ่งสำคัญในการทำงานทางสถาปัตยกรรมของ MCS-51 คือความสามารถในการทำงานสำหรับข้อมูลขนาด 8 บิต และ 1 บิต การใช้งานระดับในการเซตเคลียร์ หรือกลับค่าการเคลื่อนย้าย การทดสอบ และใจ้ในการคำนวณทางตรรกขนาด 1 บิต ความสามารถเช่นนี้เหมาะสำหรับใช้ในงานควบคุมขอวสัญญาณเข้า และออกที่มีการคิดและออกแบบทางตรรกด้วยพีชคณิต Boolean ซึ่งโดยปกติทำได้ลำบากสำหรับไมโครโปรเซสเซอร์ทั่วไป งานในลักษณะเช่นนี้จึงได้ชื่ออีกอย่างหนึ่งว่าตัวประมวลผลบูลีน(Boolean Porcessor)

2.12.4 โครงสร้างพอร์ตและการทำงาน

ในตัว MCS-51 มีพอร์ต 4 พอร์ต และทั้งสี่พอร์ตเป็นแบบสองทิศทาง แต่ละพอร์ตจะประกอบด้วยแลทช์เป็น P0 ถึง P3 ของ SFR จะมีตัวขับเอาต์พุตและบัฟเฟอร์อินพุต ตัวขับเอาต์พุตของพอร์ต 0 และ 2 และบัฟเฟอร์อินพุตของพอร์ต 0 จะใช้งานสำหรับการเข้าถึงหน่วยความจำภายนอก ในการใช้งานลักษณะนี้เอาต์พุตพอร์ต 0 จะทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดไบต์ต่ำของแอดเดรสหน่วยความจำภายนอก โดยที่ค่าแอดเดรส และค่าข้อมูลจะถูกมัลติเพลกซ์ด้วยช่วงจังหวะการแฟกช์และการอ่านหรือเขียนข้อมูล ส่วนเอาท์พุต 2 จะทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดส่งไบต์สูงของแอดเดรสในการเข้าถึงหน่วยความจำภายนอกบางขาของตัวขับเอาต์พุต และบัฟเฟอร์อินพุตของขา 1.0,1.1 และพอร์ต 3 ทั้งหมดสามารถนำไปใช้งานเป็นแบบหลายฟังก์ชั่นได้ดังนี้

ขาพอร์ต	การใช้งานตามฟังก์ชัน
P1.0	T2(Timer/Counter2 สัญญาณอินพุตจากภายนอก)
P1.1	T2RST(Timer/Counter2 สัญญาณอินพุตการรีเซตภายนอก)
P3.0	RxD (พอร์ตรับข้อมูลอนุกรม)
P3.1	TxD (พอร์ตส่งข้อมูลอนุกรม)
P3.2	INT 0 (การใช้อินเตอร์รัพภายนอกตัวที่ 1)
P3.3	INT 1 (การใช้อินเตอร์รัพภายนอกตัวที่ 2)
P3.4	T0 (Timer/Counter 0 สัญญาณอินพุตภายนอก)
P3.5	T1 (Timer/Counter 1 สัญญาณอินพุตภายนอก)
P3.6	WR (สโตรบการเขียนหน่วยความจำภายนอก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P3.7 RD (สโตรบการอ่านหน่วยความจำภายนอก)

ตัวขับเอาต์พุตแลทช์ในการที่ใช้ทำงานตามตารางบน จะต้องเริ่มโปรแกรมด้วยการเซตค่า "1" เก็บในแลทช์ก่อน

2.12.5 การเข้าถึงของหน่วยความจำภายนอก

ลักษณะการเข้าถึงของหน่วยความจำภายนอกมี 2 แบบ คือ การเข้าถึงหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก กับของหน่วยความจำข้อมูลภายนอก การเข้าถึงของหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกจะใช้ขาสัญญาณ PSEN (Program Store Enable) แอกทีฟต่ำเป็นสโตรบควบคุมการอ่านและการเข้าถึงของหน่วยความจำข้อมูลภายนอก จะใช้ขา RD หรือ WR แอกทีฟต่ำเป็นสัญญาณสโตรบควบคุมหน่วยความจำการแฟทช์โปรแกรมภายนอกจะใช้ขาแอดเดรส 16 บิตเสมอ ส่วนการเข้าถึงของหน่วยความจำข้อมูลสามารถที่จะใช้กำหนดเลขคี่อยู่ได้ทั้ง 16 บิต แอดเดรส

เมื่อไรที่ใช้ 16 บิต แอดเดรสไบต์สูงของค่าแอดเดรสจะส่งออกที่พอร์ต 2 และจะคงสถานะค่านั้นตลอดในช่วงไซเคิ้ลการอ่านและเขียน ระหว่างช่วงเวลานี้ ตัวแลทช์ของพอร์ต 2 ใน SFR จะไม่ต้องประกอบด้วยค่า "1" และค่าข้อมูลใน SFR ของพอร์ตจะยังคงค่าเดิมที่ขาพอร์ต 2 ตลอดช่วงไซเคิ้ลการใช้ความจำภายนอก ซึ่งมีลักษณะนี้จะเป็นการใช้งานด้านของหน่วยความจำ

ในกรณีใช้แอดเดรสไบต์ต่ำเป็นช่วงเวลามัลติเพลกซ์กับข้อมูลของพอร์ต 0 ขาสัญญาณแอดเดรส/ข้อมูล จะขับ FET ทั้ง 2 ตัวในพอร์ต 0 เป็นบัฟเฟอร์ส่งออก ดังนั้นในการใช้งานพอร์ต 0 จะไม่มีการรับกระแสเข้า จึงไม่จำเป็นต้องพูลอัพ จาภายนอก สัญญาณ ALE: Address Latch Enable ก็จะใช้เป็นขาควบคุมรับไบต์แอดเดรสเก็บไว้ภายนอก ซึ่งค่าแอดเดรสจะคงที่ที่ช่วงขอบขาลงของ ALE ดังนั้นในไซเคิ้ลการเขียนออกไปที่พอร์ต 0 ก่อนที่ WR จะแอกทีฟต่ำ ส่วนไซเคิ้เลการอ่านข้อมูลจะรับเข้ามาที่พอร์ต 0 ก่อน

2.12.6 ชุดคำสั่งของ MCS-51

ชุดคำสั่ง MCS-51 จะมีทั้งสิ้น 111 คำสั่ง ประกอบด้วยคำสั่งที่ มี 1 ไบต์อยู่ 49 คำสั่งสองไบต์ 45 คำสั่ง และอีก 17 คำสั่ง ที่เหลือมีขนาดยาว 3 ไบต์ รูปแบบคำสั่งออปโค้ดจะประกอบด้วยคำสั่งของนิวเมอนิคที่ตามด้วยตัวโอเปอร์แรนด์ที่มีรูปแบบ คือ นิวมอนิคคำสั่งต่าง ๆ

โอเปอร์แรนด์ < >,< >

ตัวข้อมูลที่ < รับถ่ายทอดมา > ,< แหล่งกำเนิด > ในฟิลด์โอเปอร์แรนด์นี้จะมีรูปแบบที่กำหนดสัญญลักษณ์ต่าง ๆ ที่สามารถแทนความหมายของการเรียนใช้โหมดการกำหนดเลข ที่อยู่ตามรูปแบบของ MCS-51 MACRO ASSEMBLY LANGUAGE ซึ่งรูปแบบต่าง ๆ จะอธิบายการใช้ในหัวข้อรายละเอียดของชุดคำสั่ง ตามการออกแบบฮาร์ดแวร์ MCS-51 ของอินเทล การกำหนดแอดเดรสขนาด 16 บิต หรือ 2 ไบต์ ตัวโอเปร์แรนด์ ข้อมูลจะเก็บไบต์ที่มีความสำคัญนัยต่ำไว้ที่แอดเดรส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาด 16 บิต หรือ 2 ไบต์ ตัวโอเปอร์แรนด์ข้อมูลจะเก็บไบต์ที่มีความสำคัญนัยต่ำไว้ที่แอดเดรสตำแหน่งสูง และไบต์ที่มีความสำคัญนัยสูงไว้ที่แอดเดรสตำแหน่งต่ำ

ลักษณะการทำงานตามฟังก์ชัน ชุดคำสั่งของ MCS-51 จะถูกแบ่งเป็นลักษณะการทำงานตามฟังก์ชั่นได้ 4 กลุ่มคือ

1.กลุ่มการถ่ายเทข้อมูล

2.กลุ่มคณิตศาสตร์

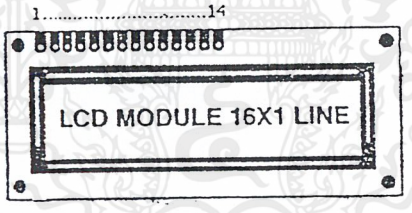
3.กลุ่มตรรกศาสตร์

4.กลุ่มการควบคุมการถ่ายเท

2.13 การใช้งานตัวแสดงผลแบบ LCD

โมดูล LCD ขนาด 16 ตัวอักษร 1 บรรทัด (LCD 16 x 1)

สำหรับโมดูล LCD ใช้ในการเรียนรู้ในการทดลองเป็นขนาด 16 ตัวอักษร 1 บรรทัด เนื่องจากราคาถูก หาง่ายและเป็นโมดูล LCD ที่มีโครงสร้างเป็นมาตรฐาน มีผู้ผลิตหลายรายและมีการระบุเบอร์แตกต่างกันออกไปตามผู้ผลิต อาทิ LM020L ของฮิตาชิ , DMC – 16117A ของออปเทร็กซ์ (Optrex) เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามตัวควบคุมที่ใช้ในโมดูล LCD ส่วนใหญ่จะใช้เบอร์ HD 44750 ของฮิตาชิ



รูปที่ 2.21 LCD

โมดูล LCD ขนาด 16 x 1 มีขาต่อใช้งานทั้งสิ้น 14 ขา มีการจัดขาดังในรูป สำหรับรายละเอียดการทำงานของแต่ละขาดังนี้

V_{SS} (ขา 1) : ต่อกราวด์

V_{DD} (ขา 2) : ต่อไฟเลี้ยง + 5 โวลต์

V_O (ขา 3) : เป็นขาอินพุตรับแรงดันเพื่อปรับความเข้มของการแสดงผลให้ LCD

RS (ขา 4) : เป็นขาอินพุตใช้ในการแยกชนิดของข้อมูลที่จะทำการประมวลผลในขณะนั้นว่า เป็นคำสั่งสำหรับรีจิสเตอร์ IR หรือเป็นข้อมูลสำหรับรีจิสเตอร์ DR โดยถ้าเป็น “0” ข้อมูลที่ส่งมาจะเป็นคำสั่ง แต่ถ้าเป็น “1” ข้อมูลที่ส่งมาจะเป็นข้อมูลสำหรับการแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R/W (ขา 5) : เป็นขาที่ใช้เลือกการอ่านหรือเขียนข้อมูลให้กับ LCD ถ้าเป็น “0” เป็นการกำหนดให้เขียนข้อมูลแต่ถ้าเป็น “1”จะเป็นการอ่านข้อมูลจาก LCD

E (ขา 6) : เป็นขาควบคุมการทำงานของ LCD ที่ลอจิก “0”

D0-D7 (ขา7-14) : เป็นขาที่ใช้เป็นทางผ่านของข้อมูลระหว่าง LCD กับอุปกรณ์ภายนอกขนาด 8 บิต

2.13.1 การเขียนคำสั่งและข้อมูลให้แก่โมดูล LCD

ในการเขียนข้อมูลเพื่อควบคุมให้แก่โมดูล LCD แสดงผลตามที่ผู้ใช้งานต้องการ ต้องส่งคำสั่ง (instruction) ที่กำหนดโหมดการทำงานให้แก่โมดูล LCD ก่อน จากนั้นจึงค่อยส่งข้อมูล (data) ที่ต้องการแสดงผลเนื่องจากบัสข้อมูลของโมดูล LCD มี 8 เส้นคือ D0 – D7 และใช้เป็นทางผ่านของทั้งคำสั่งและข้อมูลดังนั้นในการส่งคำสั่งและข้อมูลจึงต้องอาศัยการกำหนดสัญญาณลอจิกที่ขา RS ถ้าหากที่ขา RS ให้ลอจิก “0” หมายความว่า ข้อมูลที่ป้อนให้แก่โมดูล LCD ขณะนั้นเป็นคำสั่ง ในทางตรงข้าม หากขา RS เป็นลอจิก “1”ข้อมูลที่ป้อนให้ขณะนั้นเป็นข้อมูลที่ใช้แสดงผล สำหรับข้อมูลที่จะแสดงผลนั้นจะเป็นรหัส ASCII

เมื่อต้องการเขียนหรืออ่านข้อมูลใน CGRAM และ DDRAM เริ่มต้น ต้องกำหนดแอดเดรสที่ต้องการอ่านหรือเขียนก่อน โดยใช้คำสั่งเลือกแอดเดรส จากนั้นกำหนดให้ขา RS เป็น “1” เพื่อแจ้งให้ตัวควบคุมภายในโมดูล LCD ทราบว่าข้อมูลที่ปรากฏต่อไปนี้เป็นข้อมูลปกติไม่ใช่คำสั่ง

ในกรณีที่ต้องการอ่านข้อมูลต้องกำหนดให้ขา R/W เป็น “1” ข้อมูลขนาด 8 บิต (หรือ 4 บิต)ก็จะปรากฏบนบัสข้อมูล โดยข้อมูลที่อ่านออกมาได้ จะเป็นข้อมูลจากแอดเดรสของ CGRAM หรือ DDRAM ตามที่ต้องการ

ในกรณีที่ต้องการเขียนข้อมูล เมื่อกำหนดแอดเดรสและป้อนลอจิก “1” ให้ขา RS แล้ว แล้วต้องกำหนดให้ขา R/W เป็น “0” ข้อมูลที่อยู่บนบัสข้อมูลจะถูกเขียนลงในรีจิสเตอร์ DR จากนั้นจึงถ่ายทอดลงใน DDRAM ต่อไป

2.13.2 จังหวะการทำงานของ LCD โมดูล

ในการติดต่อกับโมดูล LCD จะต้องมีการหน่วงเวลาหลังจากที่ทำการส่งรหัสคำสั่งหรือข้อมูล เนื่องจากต้องรอให้คอนโทรลเลอร์ภายใน LCD โมดูล แปลความหมายของรหัสคำสั่งและทำงานตามคำสั่งให้เรียบร้อยก่อน จากนั้นจึงจะรับข้อมูลหรือดำเนินการต่อไป

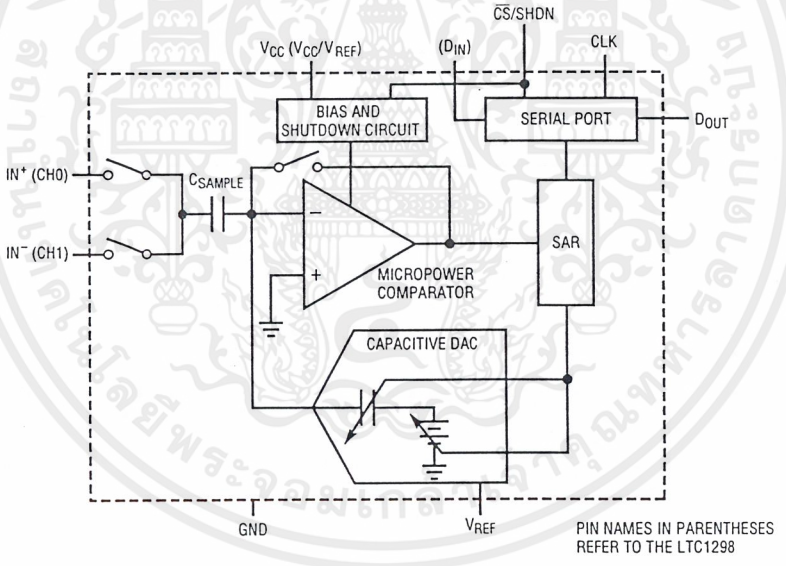
ดังนั้นในการใช้งานโมดูล LCD ผู้เขียนโปรแกรมต้องมีโปรแกรมเพื่อหน่วงเวลารอให้โมดูล LCD พร้อมทำงานด้วย โดยเมื่อเริ่มจ่ายไฟให้แก่โมดูล LCD ต้องรอประมาณ 10 มิลลิวินาที เพื่อให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมดูล LCD ทำการเตรียมความพร้อมหรืออินีเชียล (initial) หลังจากนั้นก็จะกำหนดลอจิกให้แก่ขา RS ของโมดูล LCD แล้วต้องหน่วงเวลาอีกประมาณ 2 มิลลิวินาที เพื่อให้คอนโทรลเลอร์ใน LCD โมดูลแปลความหมายของลอจิกที่ขา RS ว่า ข้อมูลต่อไปที่จะได้รับนั้นเป็นรหัสคำสั่งหรือเป็นข้อมูลที่ต้องการแสดงผล จากนั้น จะเป็นการส่งข้อมูลมารอที่บัสข้อมูล D0 – D7 (ในกรณีทำงานในโหมด 8 บิต) ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการส่งสัญญาณพัลส์ไปที่ขา E เพื่ออีนาเบิลโมดูล LCD ให้รับข้อมูลจากบัสข้อมูลเข้าไป โดยพัลส์ที่ป้อนเข้าที่ขา E ของโมดูล LCD ต้องเป็นพัลส์ขอบขาขึ้น จากนั้นทำการหน่วงเวลา 2 มิลลิวินาที

ทั้งหมดที่กล่าวมาคือขั้นตอนและจังหวะในการทำงาน 1 รอบของโมดูล LCD จะเห็นได้ว่ามีโปรแกรมย่อยที่สำคัญ 3 โปรแกรมย่อย คือ โปรแกรมอินนิเชียล LCD , โปรแกรมหน่วงเวลา และโปรแกรมย่อยการส่งพัลส์เพื่ออีนาเบิลโมดูล

2. 14 การใช้งาน LTC 1298



รูปที่ 2.22 วงจรภายใน LTC 1298

LTC 1298 เป็นไอซีที่ทำหน้าที่ใช้เปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลขนาด 12 บิต จำนวน 2 channel ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

PIN 1 (CS# / SHDN) : เป็นขาสัญญาณ CHIP SELECT อินพุทใช้ควบคุมการทำงานของไอซี ทำงานที่โลจิกศูนย์จะเป็นการเลือกการทำงานให้กับไอซีเมื่อขานี้เป็นโลจิกหนึ่งจะทำให้ไอซีหยุดการทำงานและอยู่ในโหมด SHUT DOWN

PIN 2 (CH0): เป็นขาสัญญาณ ANALOG INPUT ของ CHANNEL 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN3 (CH1) : เป็นขาสัญญาณ ANALOG INPUT ของ CHANNEL 1

PIN4 (GND) : เป็นขาสัญญาณอ้างอิง GROUND ของไอซี ซึ่งควรต่อโดยตรงกับ GROUND PLANE เพื่อลดสัญญาณรบกวน

PIN5 (DIN) : เป็นขาสัญญาณข้อมูลอินพุทแบบอนุกรม ของสัญญาณ DIGITAL เพื่อใช้กำหนด CHANNEL และ FORMAT ของข้อมูลที่ต้องการอ่านค่ากลับออกมาทางขา สัญญาณ DOUT

PIN 6 (DOUT) : เป็นขาสัญญาณข้อมูลเอาท์พุทแบบอนุกรม ซึ่งค่าของข้อมูลที่อ่านได้จากขานี้คือผลลัพธ์จากการเปลี่ยนสัญญาณ ANALOG เป็นสัญญาณ DIGITAL

PIN 7 (CLK) : เป็นสัญญาณนาฬิกาอินพุทใช้เป็นสัญญาณอ้างอิงสำหรับอ่านหรือเขียนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ภายนอกกับไอซี โดยจะทำการอ่านและเขียนข้อมูลกับไอซีในช่วงขอบขาขึ้นของสัญญาณนาฬิกา

PIN 8 (VCC/VREF) : เป็นขาแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง ซึ่งขานี้จะใช้เป็นขาสัญญาณอ้างอิงของไอซีในการเปลี่ยนค่าจากสัญญาณ ANALOG เป็น DIGITAL ดังนั้นขานี้จึงทำการป้องกันและกำจัดสัญญาณรบกวนให้กับไอซี เพราะหากว่าที่ขานี้เกิดสัญญาณรบกวนมากหรือไฟเลี้ยงไม่คงที่จะส่งผลทำให้ค่าของข้อมูลเอาท์พุทที่ได้เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

2.14.1 การเขียนข้อมูลให้กับ LTC 1298

LTC 1298 ต้องการสัญญาณข้อมูลอินพุทจำนวน 4 บิท เพื่อกำหนดการทำงาน โดยก่อนที่จะเขียนข้อมูลให้กับไอซี ต้องกำหนดให้สัญญาณ CS ทำงาน คือ เป็นลอจิก 0 และจึงเขียนข้อมูลให้ไอซีในชาวงขอบขาขึ้นของสัญญาณนาฬิกา

START	SGL/DIFF	ODD/SIGN	MSBF

START BIT เป็นข้อมูลกำหนดการเริ่มต้นโดยต้องส่งเป็นบิทแรกหลังจากสัญญาณ CS เป็นลอจิก 0 แล้ว ซึ่งค่าของสัญญาณ START BIT ต้องมีค่าเป็นลอจิกหนึ่งเสมอ

SGL/DIFF และ ODD/SIGN เป็นข้อมูลที่ใช้กำหนดและเลือก CHANNEL ของสัญญาณที่ต้องการ และกำหนดรูปแบบสัญญาณ ANALOG

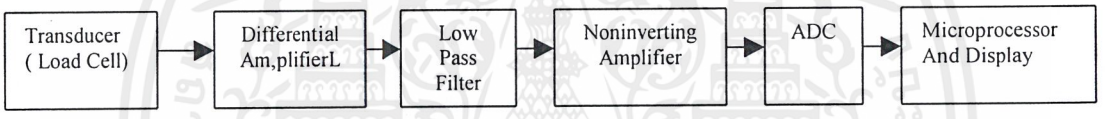
MSBF เป็นการกำหนดลำดับข้อมูลเอาท์พุทที่จะอ่านจาก LTC 1298

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและการสร้าง

3.1 หลักการเครื่องชั่งแสดงผลดิจิตอล

โหลดเซลล์เป็นส่วนที่รับแรงกระทำเนื่องจากน้ำหนักของวัตถุที่นำมาชั่ง ภายในโหลดเซลล์สเทรนเกจน์ถูกต่อในรูปของวงจรบริดจ์ แรงดันไฟฟ้าเอาท์พุทของวงจรบริดจ์จะแปรผันตามแรงที่กระทำกับโหลดเซลล์ แรงดันไฟฟ้าเอาท์พุทนี้จะถูกขยายให้มีขนาดใหญ่ขึ้น คือ 0 – 5 โวลท์ แรงดันไฟฟ้าที่ขยายแล้วจะถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลด้วยวงจรเอทูดี คอนเวอร์เตอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับสัญญาณดิจิตอลนี้ประมวลผลและแสดงผลออกทาง LCD



รูปที่ 3.1 โครงสร้างการทำงานของเครื่องชั่งน้ำหนักแสดงผลดิจิตอล

3.1.1 Tranducer

ในงานส่วนของโครงงานนี้จะประยุกต์การชั่งน้ำหนักสำหรับบุคคลในท่ายืนดังนั้นลักษณะอุปกรณ์ที่สำคัญสำหรับการใช้ในการแปลงค่าน้ำหนักมาเป็นค่าแรงดัน ทางไฟฟ้านั้นจึงเลือกใช้ Load Cell ชนิด Single Point ซึ่งโครงสร้างภายในเป็นแบบบริดจ์ ใช้การจ่ายแรงดันไฟตรง 10 โวลท์ที่ขา S + และ S- ต่อลงกราวด์ของวงจรจากนั้นจะได้แรงดันเอาท์พุทที่โหลดเซลล์ที่ขา E+ และ E- มาใช้ขยายต่อไป

3.1.2 วงจร Differential Amplifier

การใช้วงจร Differential Amplifier เนื่องจากการใช้งานของวงจรมีความสามารถในการขยายสัญญาณความแตกต่างที่มีขนาดเล็กได้ดีประกอบกับวงจรมีความสะดวกในการใช้ดังนั้นสัญญาณที่ได้จากโหลดเซลล์ที่ E+ และ E- นั้นจะต้องถูกนำมาต่อให้เข้ากับขา inverting และขา noninverting ของออปแอมป์เพื่อนำไปขยายสัญญาณจากรูปวงจรจะสังเกตพบว่าที่ความต้านทานที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินพุททั้งสอง นั้นมีค่าไม่เท่ากันเพื่อจุดประสงค์ในการปรับค่า (Calibrate) ค่าของแรงดันที่เกิดขึ้นในขณะที่ไม่มีการชั่งให้คงที่มีค่าเป็น 0 ซึ่งเกิดจากน้ำหนักของแพลทฟอร์ม

โดยในวงจรได้ทำการขยายสัญญาณให้มีอัตราขยาย 170 เท่า ที่ความต้านทาน R_f มีค่า 60 กิโลโอห์ม และค่าความต้านทาน R_1 มีค่า 36 โอห์ม เมื่อคิดรวมกับค่าความต้านทานภายในโหลดเซลล์

3.1.3 วงจร Lowpass Filter

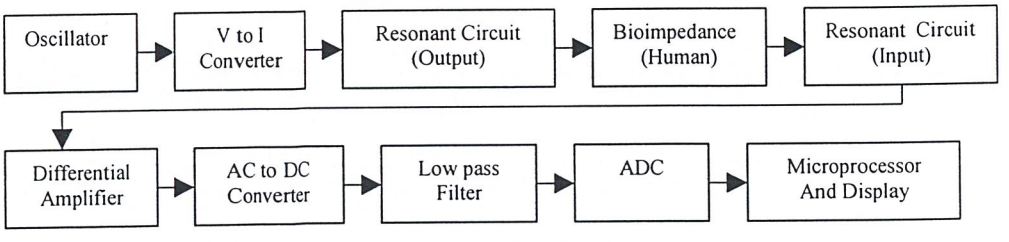
การนำส่วนของวงจร Low pass มาใช้ ในการกำจัดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นภายในวงจร โดยเฉพาะที่สัญญาณรบกวนขนาดความถี่ 50 Hz ที่ได้รับมาจากแหล่งจ่าย ภายในวงจรประกอบด้วย RC ต่อในลักษณะ 2^{nd} order ซึ่งมีความถี่คัทออฟประมาณ 0.5 Hz แรงดันที่ได้จากเอาท์พุทจะมีค่าเท่าเดิม

3.1.4 วงจร Inverting Amplifier

เป็นส่วนสุดท้ายก่อน จะส่งให้วงจร Analog to Digital สาเหตุที่ใช้วงจรนี้เนื่องจากแรงดันที่ได้รับมามีการขยายในช่วงลบจึงทำการแปลงและขยายสัญญาณในช่วง 0- 5 V โดยแรงดันที่อินพุทนั้นมีขนาดมากกว่า 5 V ด้วยดังนั้นวงจรจะทำการลดทอนขนาดของสัญญาณลงที่อัตราขยายประมาณ 7 เท่า ของสัญญาณเดิม โดยสัญญาณที่ได้รับนี้จะส่งไปยัง Channel 0 ของวงจร A/D

3.2 หลักการส่วนวัดระดับของไขมัน

ประกอบด้วยวงจรภาคส่งและภาครับโดยในภาคส่งประกอบด้วยวงจรผลิตความถี่ที่ 100 KHz และใช้วงจรแปลงแรงดันเป็นกระแสที่ 4 mA เข้าสู่ขาทั้ง 2 ข้างเสมือนโหลดของวงจรโดยใช้หลักการBioimpedance ภาครับจะใช้วงจร Instrument Amplifier เพื่อวัดความเปลี่ยนแปลงแรงดันซึ่งผู้วัดแต่ละคนจะมีค่าอิมพีแดนซ์ต่างกันเป็นเหตุให้ระดับแรงดันแตกต่างกันไปและยังประกอบด้วยวงจรแปลงแรงดันกระแสสลับเป็นกระแสตรง วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน จากนั้นทำการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลส่งให้อุปกรณ์ประมวลผลรับค่าไปคำนวณและแสดงผล



รูปที่ 3.2 โครงสร้างการทำงานของการวัดระดับไขมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 วงจรส่วนกำเนิดความถี่

เป็นวงจรกำเนิดความถี่แบบ Quardrature ซึ่งให้เอาท์พุทออกมาเป็นสัญญาณ Sine และสัญญาณ Cosine ที่เอาท์พุทของ A1 และ A2 ตามลำดับ วงจรกำเนิดความถี่ได้โดยใช้ออปแอมป์ A1 , A2 , A3 ต่อเป็นวงจรอินเวอร์ติ้งอินทิเกรเตอร์ 3 ภาค แต่ละภาคจะให้สัญญาณเอาท์พุทที่มีการเลื่อนเฟสไปตามค่า Cf , Rf , Ri ซึ่งมีค่าความถี่ค่าหนึ่ง การเลื่อนเฟสของสัญญาณรวมทั้ง 3 ภาคจะมีผลรวมเท่ากับ 360^0 พอดี และความถี่ที่ได้จะได้รับการป้อนกลับแบบบวกที่เข้าจังหวะกันพอดีกับสัญญาณอินพุททำให้วงจรเกิดการออสซิลเลทขึ้น ความถี่ดังกล่าวสามารถปรับได้เล็กน้อยที่ P1 ความถี่ที่ต้องการหาได้จาก

$$fo = \frac{1}{2\pi RC} \qquad (3.1)$$

วงจรนี้สามารถปรับแอมปลิจูด(Amplitude)ของสัญญาณที่ P2 โดยในที่นี้ปรับให้แรงดันที่เอาท์พุทของ A4 ซึ่งทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ มีค่าเท่ากับ 6.4 Vp-p ความถี่ 100 กิโลเฮิรท์ซ

3.2.2 วงจรเปลี่ยนแรงดันเป็นกระแส

จะได้รับอินพุทจากส่วนกำเนิดความถี่ นำมาเปลี่ยนเป็นกระแสโดยมีออปแอมป์ A5 ทำหน้าที่เป็นตัวจ่ายกระแส ค่ากระแสเอาท์พุทคำนวณได้จาก

$$Io = \frac{Vin}{R} \qquad (3.2)$$

C4 และ C5 ทำหน้าที่กั้นแรงดันไฟตรงและคัปปลิ้งสัญญาณเอาท์พุทก่อนส่งไปเข้าที่ขั้วโลหะของอิเล็กโทรด

$$Av = \frac{-Rf}{Rin} \qquad (3.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 วงจร Differential Amplifier

ใช้ในการวัดแรงดันตกคร่อมที่โหลดอิมพีแดนซ์ซึ่งค่าแรงดันที่ได้มีขนาดเล็ก โดยในวงจรได้ทำการขยายสัญญาณให้มีอัตราขยาย 1000เท่า ที่ความต้านทาน R_f มีค่า 100 กิโลโอห์ม และค่าความต้านทาน R_{in} มีค่า 100 โอห์ม ค่าแรงดันที่ได้รับจะเป็นค่าแรงดันไฟสลับที่ความถี่ 100 KHz แล้วทำการแปลงให้เป็นไฟตรงโดยการเรคติไฟล์และฟิลเตอร์

3.2.4 วงจร Low Pass Filter

มีค่าความถี่คัทออฟประมาณ 0.5 Hz แรงดันเอาท์พุทจะมีค่าเท่าเดิมซึ่งทำให้สัญญาณรบกวนต่างๆหมดไปโดยสัญญาณที่ความถี่ต่ำจะถูกส่งไปภาค Noninverting

3.2.5 วงจร Noninverting Amplifier

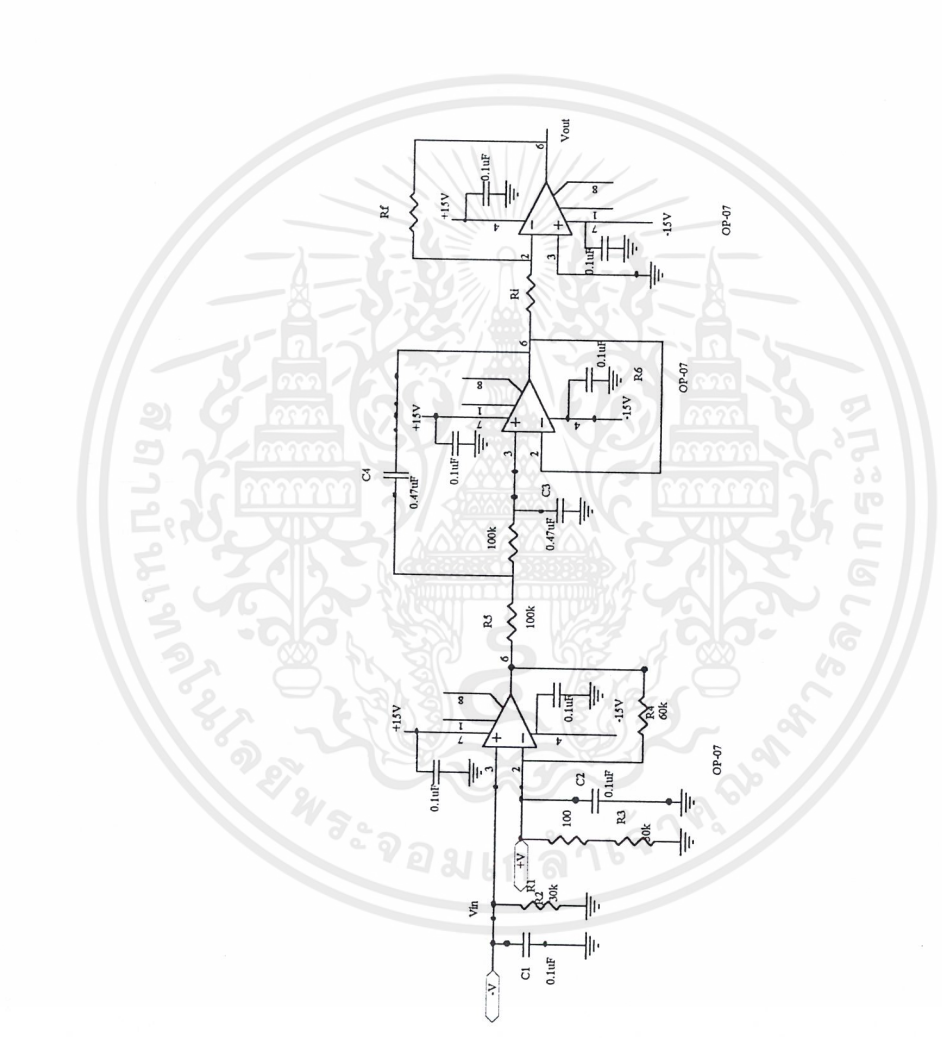
วงจรนี้จะถูกนำมาใช้ขยายสัญญาณให้มีมากพอและอยู่ในช่วง 0 – 5 V เพื่อใช้ในการแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอก จะถูกส่งไปยังช่อง Channel 1 ของ A/D ที่วงจรนี้มีอัตราขยายประมาณ 2.5 เท่า

3.2.6 ส่วนแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล (Analog to Digital Converter)

ใช้ LTC 1298 เป็นไอซีทำหน้าที่ใช้เปลี่ยนสัญญาณ Analog เป็น Digital ขนาด 12 บิต จำนวน 2 Channel โดยเป็นไอซีจัดอยู่ในตัวถังแบบ DIP ขนาด 8ขา การจัดวงจรเพื่อเชื่อมต่อกับไอซี LTC 1298 ต้องใช้สัญญาณทั้งหมด 4 เส้น ซึ่งเป็นสัญญาณเอาท์พุทจากอุปกรณ์ภายนอกส่งไปให้ไอซี เพื่อควบคุมและสั่งงาน 3 สัญญาณ และเป็นสัญญาณเอาท์พุทส่งออกจากไอซีLTC 1298 เพื่อใช้สำหรับอ่านค่าจากไอซี อีก 1 สัญญาณ

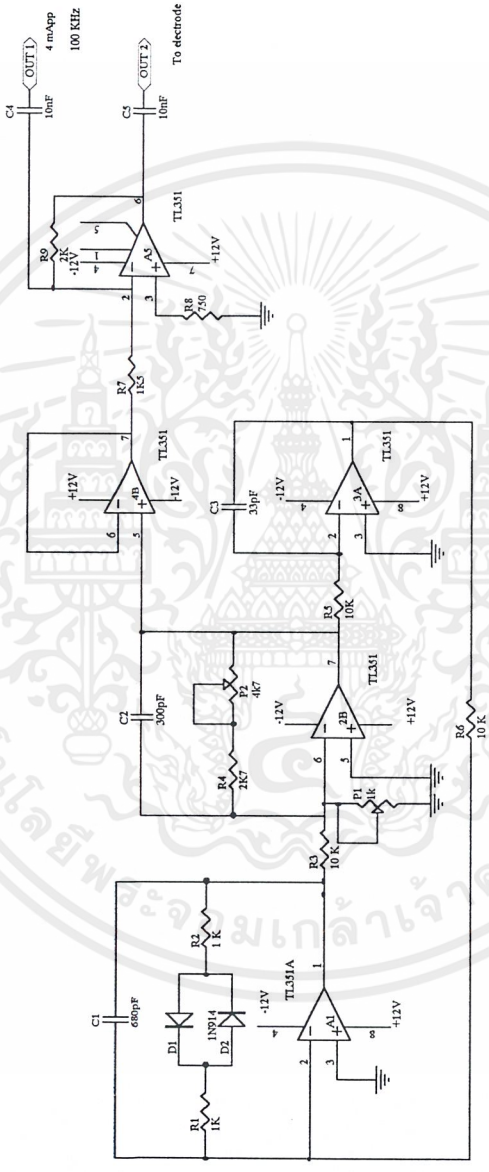
ไอซี LTC 1298 ต้องการสัญญาณข้อมูลอินพุทจำนวน 4 บิท เพื่อกำหนดการทำงาน โดยก่อนที่จะเขียนข้อมูลให้กับไอซี ต้องกำหนดให้สัญญาณ CS ทำงาน คือ เป็นโลจิกศูนย์ก่อนและจึงเขียนข้อมูลให้ไอซี LTC 1298 ในช่วงขอบขาขึ้นของสัญญาณนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



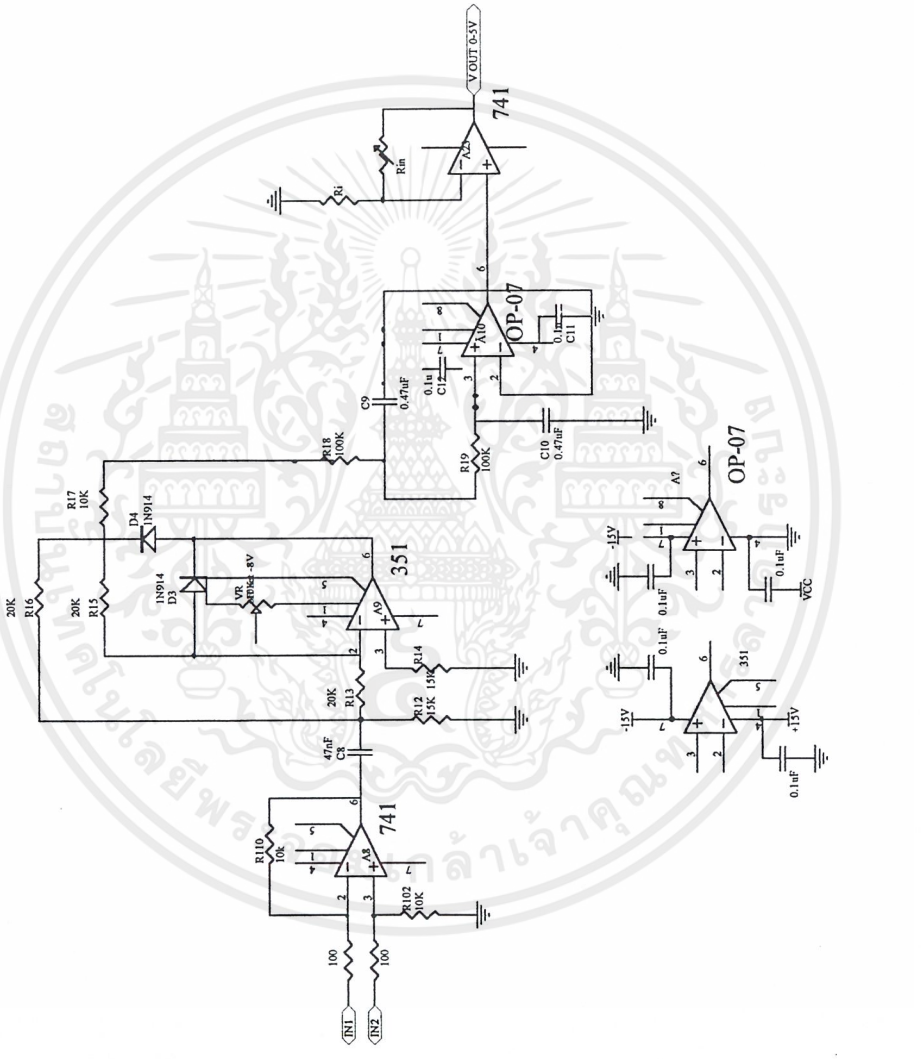
รูปที่ 3.3 วงจรเครื่องชั่งน้ำหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 วงจรภาคส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 วงจรภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

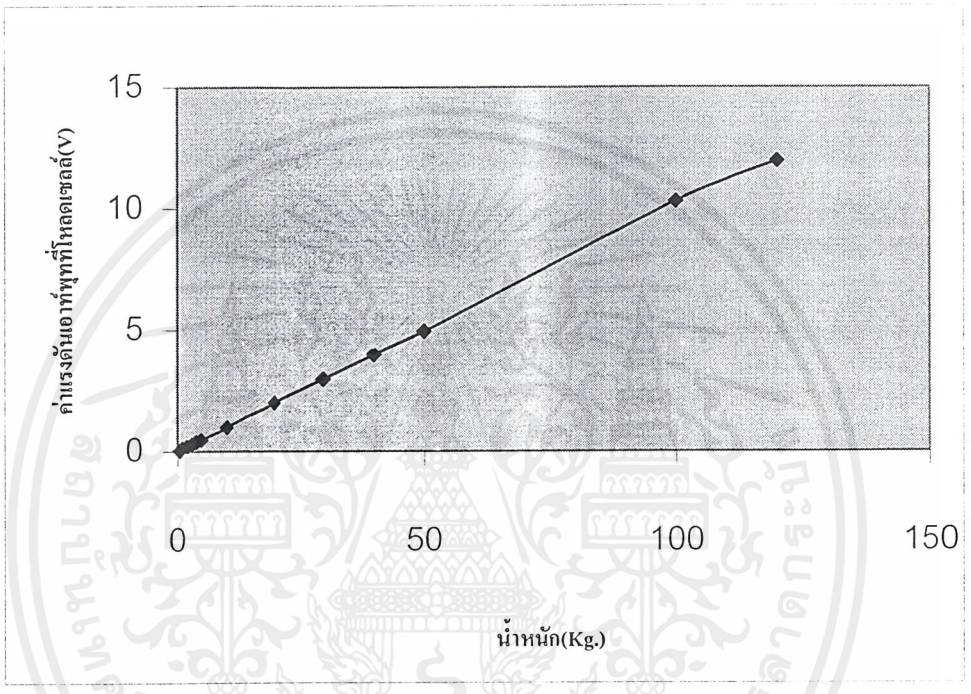
4.1 แรงดันเอาท์พุทที่ได้จากโหลดเซลล์และวงจรนอนอินเวอสติ้งแอมพลิไฟล์

ลักษณะของอุปกรณ์โหลดเซลล์เป็นแบบบริดซ์ ซึ่งเราจะใช้ค่าความแตกต่างของแรงดันโดยมีค่าน้อยมากอยู่ในย่าน 0-20 mV เมื่อผ่านวงจรดิฟเฟอร์เรนเชียลแอมป์ วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน และวงจรนอนอินเวอสติ้งแอมพริไฟล์แล้วจะได้ระดับแรงดันตั้งแต่ 0-5 V

ตารางที่4.1 ผลการวัดเอาท์พุทโหลดเซลล์และเอาท์พุทของวงจรอินเวอสติ้งแอมพลิไฟล์ เมื่อทดลองชั่งน้ำหนัก

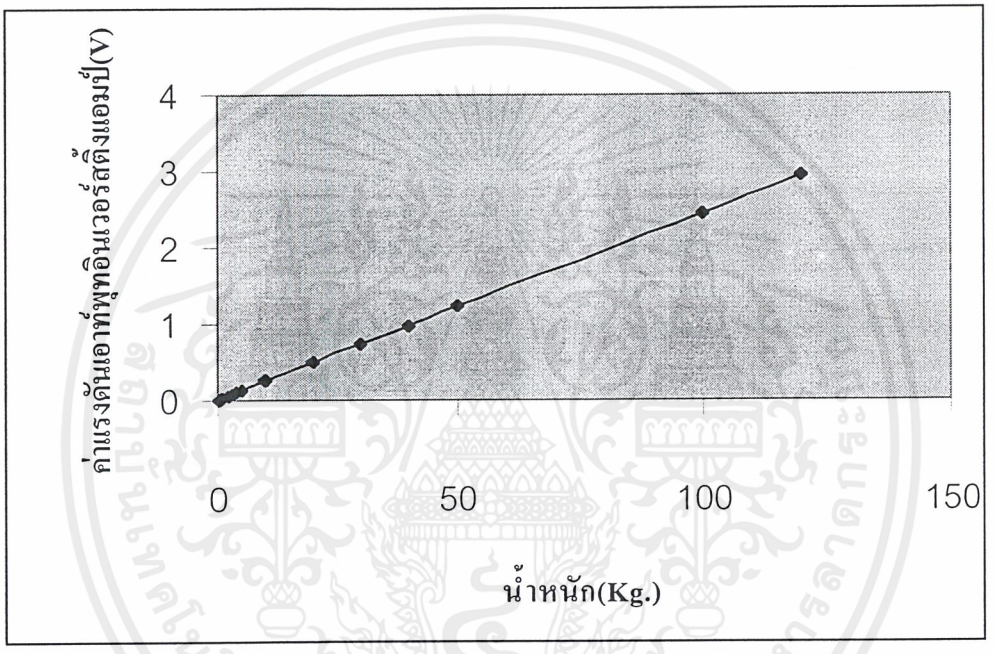
น้ำหนัก ที่ชั่ง (kg)	แรงดันเอาท์พุทโหลดเซลล์ (mV)	แรงดันเอาท์พุทวงจรอินเวอสติ้งแอมป์ (V)
0.5	0.03	0.012
1	0.12	0.031
2	0.2	0.062
3	0.3	0.082
4	0.4	0.098
5	0.47	0.129
10	1	0.252
20	2	0.5
30	2.98	0.74
40	4	0.98
50	4.95	1.224
100	10.1	2.443
120	11.95	2.95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างน้ำหนักที่ชั่งและแรงดันเอาท์พุทโหลดเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างน้ำหนักที่ชั่งและแรงดันเอาท์พุทวงจรอินเวอร์ติ้งแอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 วงจร Analog to Digital Converter

วงจร A/D Converter จะรับอินพุทจากวงจรนอนอินเวอสติ้งแอมป์ ซึ่งเป็นแรงดันอินพุท 0 – 5 โวลท์ และจะแปลงสัญญาณดิจิตอล 12 บิต ส่งไปยังส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำการทดลองโดยการป้อนอินพุทจาก 0 – 5 โวลท์ จะได้ค่าเอาท์พุทดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.2 ผลของวงจร A/D Converter เมื่อป้อนอินพุท 0 –5 โวลท์

แรงดันอินพุท (V)	สัญญาณดิจิตอลที่ได้(12bit)
0	00H
0.1	050H
0.2	0A3H
0.5	200H
1	334H
1.5	4CAH
2	664H
3	99AH
4	CCBH
5	FFEH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

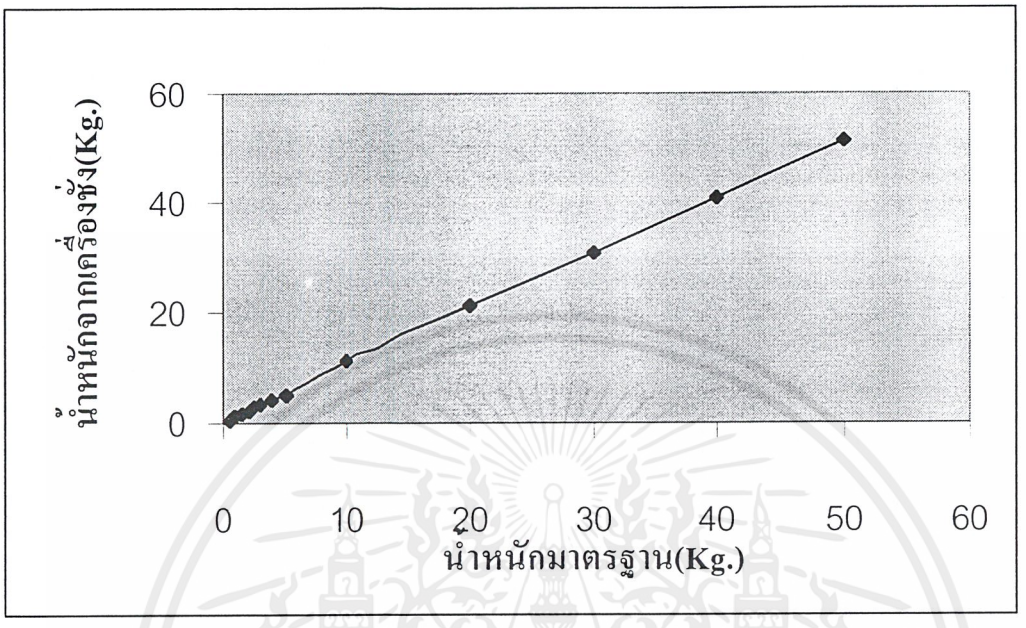
4.3 เครื่องชั่งแสดงผลดิจิตอล

นำเครื่องชั่งที่ทำการสร้างเสร็จมาทำการทดสอบโดยนำตุ้มน้ำหนักมาชั่ง แล้วบันทึกค่าน้ำหนักที่ จอ LCD แสดงค่า ได้ผลการชั่งน้ำหนักดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบเครื่องชั่งน้ำหนัก

น้ำหนักที่ชั่ง (kg)	น้ำหนักที่วัดได้ (kg)	ค่าความผิดพลาด (%)
0.5	0.5	0
1	1.2	16.66
1.5	1.5	0
2	2.2	9.09
2.5	2.8	10.71
3	3.5	14.28
4	4.6	13.04
5	5.4	7.4
10	11.3	11.5
20	21.1	5.21
30	30.8	2.59
40	42	4.76
50	51.1	2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างน้ำหนักที่ชั่งและน้ำหนักที่วัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 แรงดันเอาท์พุทในส่วนของวงจรวัดระดับไขมัน

แรงดันเอาท์พุทของวงจรที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างการชั่งน้ำหนักของชายและหญิงเพื่อใช้แสดงความสัมพันธ์ของส่วนสูง น้ำหนัก และแรงดัน ผลที่ได้จะใช้ในการเปรียบเทียบเพื่อแสดงระดับของไขมันออกทาง LCD

ตารางที่ 4.4ตารางแสดงผลการวัดแรงดันเอาท์พุทของผู้ชาย

อายุ	ส่วนสูง	น้ำหนัก	แรงดันเอาท์พุท	Fat Level
23	175	57	1.62	2
23	161	52	1.48	3
22	168	46	1.65	1
23	167	60	1.42	3
22	181	78	1.34	2
23	163	44	1.63	1
22	173	58	1.6	2
22	173	63	1.52	3
20	155	50	1.41	3
22	168	63	1.43	3
23	170	54	1.61	2
23	172	55	1.64	2
23	163	50	1.59	3
23	163	61	1.34	3
23	172	56	1.63	2
23	166	63	1.31	3
21	175	75	1.29	4
21	176	60	1.63	3
23	158	49	1.47	3
23	178	61	1.65	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อายุ	ส่วนสูง	น้ำหนัก	แรงดันเอาท์พุท	Fat Level
23	170	56	1.56	2
21	175	80	1.29	5
21	171	60	1.54	3
21	164	50	1.57	3
21	160	51	1.54	3
21	160	50	1.6	3
22	175	57	1.67	2
23	168	65	1.36	3

ตารางที่ 4.5ตารางแสดงผลการวัดแรงดันเอาท์พุทของผู้หญิง

อายุ	ส่วนสูง	น้ำหนัก	แรงดันเอาท์พุท	Fat Level
21	153	46	1.57	4
20	155	50	1.53	4
22	160	50	1.54	3
23	163	48	1.56	2
23	160	55	1.46	3
22	160	50	1.54	3
23	165	48	1.57	2
22	157	47	1.55	3
22	156	43	1.56	2
22	163	50	1.54	4
23	165	50	1.54	3
22	162	46	1.57	2
20	160	44	1.56	2
20	164	47	1.55	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อายุ	ส่วนสูง	น้ำหนัก	แรงดัน	Fat Level
20	160	56	1.45	4
21	157	51	1.47	5
22	166	47	1.55	1
20	160	51	1.52	3
20	163	45	1.58	2
21	165	47	1.56	2
23	158	43	1.57	2
20	161	54	1.46	4

การคิดค่าน้ำหนักมาตรฐานของกระทรวงสาธารณะสุข

เพศชาย ส่วนสูง - 100

เพศหญิง ส่วนสูง - 110

Fat Level

Level 1 = ผอม

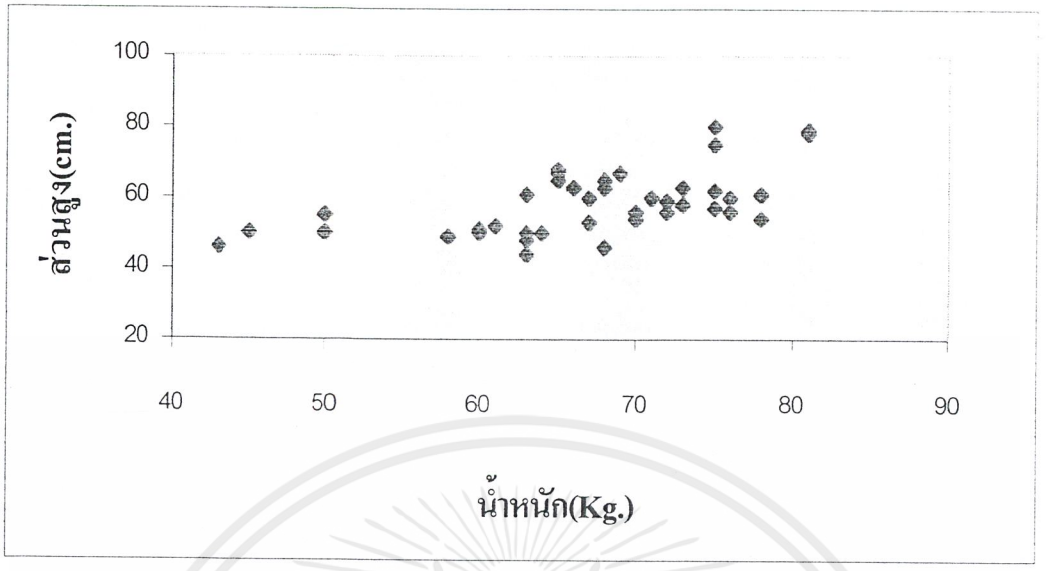
Level 2 = ค่อนข้างผอม

Level 3 = ปกติ

Level 4 = ค่อนข้างอ้วน

Level 5 = อ้วน

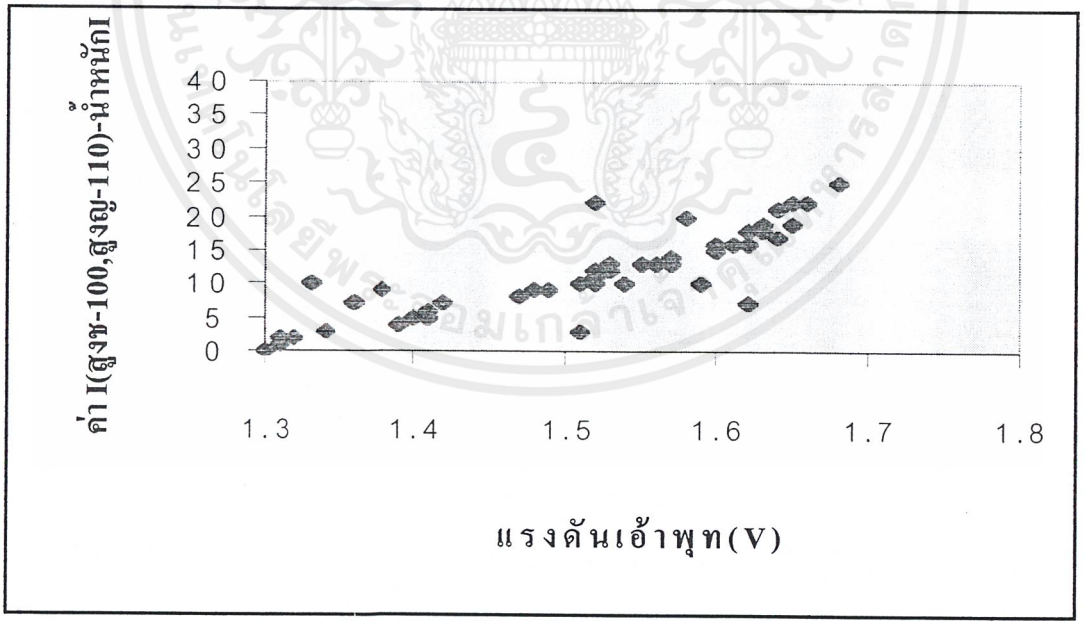
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ค่าส่วนสูงในกราฟ เพศชาย-100

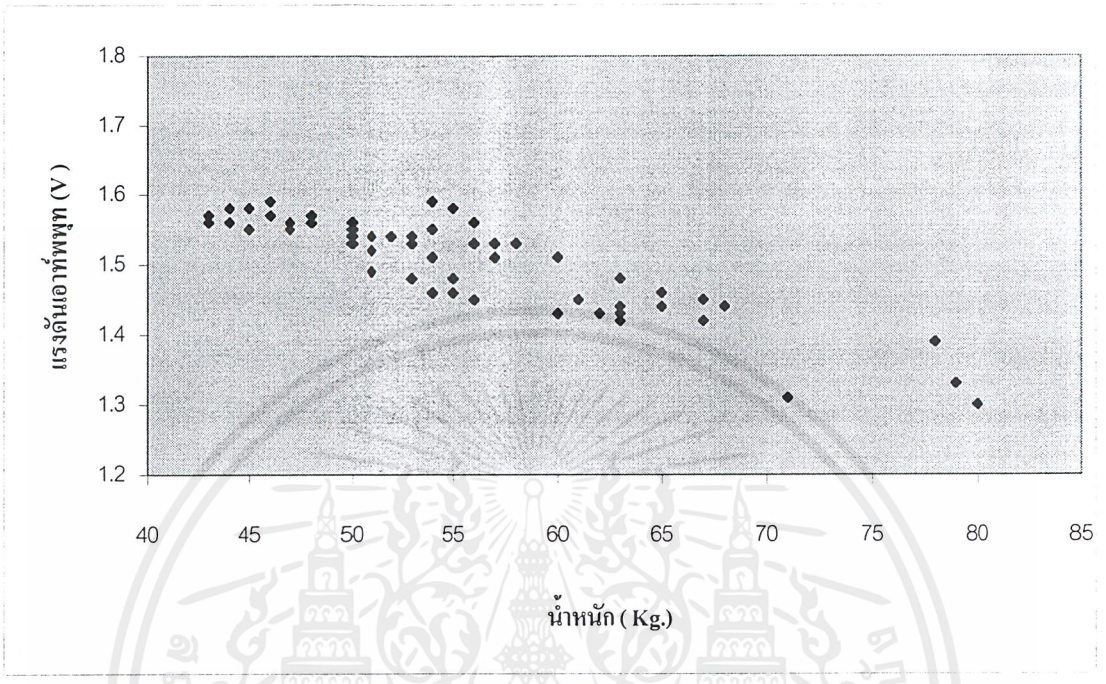
เพศหญิง-110

รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูง(ช-100),(ญ-110))กับค่าน้ำหนัก



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า|(ความสูงของเพศชาย-100,เพศหญิง-110)-น้ำหนัก)|กับค่าแรงดันเอาท์พุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง น้ำหนักและแรงดันเอาท์พุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป

ได้กลล่าวถึงความเป็นมาและหลักการของเครื่องชั้งน้ำหนักและวัดไขมันร่างกาย การสร้างและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องรวมทั้งการปรับเทียบและผลการใช้งานจริง เครื่องชั่งน้ำหนักที่ได้สร้างขึ้น ใช้โหลดเซลเป็นเซ็นเซอร์ทำให้สามารถแสดงผลแบบดิจิตอล สามมารถวัดน้ำหนักได้ในช่วง 0-200 กิโลกรัม ความผลิดพลาดไม่เกิน 95 %

การวัดระดับไขมันใช้หลักการของการวัดไบโออิมพิแดนซ์แบบสี่ขั้ว โดยติดอิเล็กโทรดใต้ฝ่าเท้าวัดได้ในขณะที่ชั่งน้ำหนัก ผลการวัดเป็นค่าแรงดันตกคล่อมอิมพิแตนซ์ สามารถแยกแยะกลุ่มของคนปกติที่ทำการทดลองจำนวน 50 คนได้คร่าว ๆ ตามหลักการวัดความอ้วนแบบวัดความสูงและน้ำหนัก

อุปกรณ์ที่ได้ออกแบบสร้างนี้ได้คำนึงถึงความปลอดภัยของการใช้งาน โดยได้มีการแยกกราวด์กับแท่นเครื่องโดยใช้หม้อแปลง

ข้อเสียคือตัวอุปกรณ์มีน้ำหนักมากเนื่องจากตัวฐานและแพลทฟอร์มซึ่งทำจากเหล็กหนา การสังเกตค่านั้นไม่เหมาะสำหรับผู้ที่สายตาสั้นเนื่องจากแถบแสดงผลติดตั้งอยู่ที่แพลทฟอร์ม จึงเป็นการยากในการสังเกตค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

การทำงานและการนำไปใช้

จากทฤษฎีและการออกแบบจากบทที่ผ่านมา สามารถนำมาประยุกต์ใช้อุปกรณ์ในการชั่งน้ำหนักและวัดระดับไขมันด้วยหลักการความต้านทานสารชีวภาพผ่านขาทั้งสองข้าง โดยเป็นอุปกรณ์ที่มีฟังก์การทำงานที่แยกกัน โดยมีสวิทช์ให้เลือก

1. การทำงานของเครื่องชั่งน้ำหนัก

เมื่อขึ้นชั่งน้ำหนักบนฐานเหยียบแพลทฟอร์มนำหนักของคนจะกดทับให้โหลดเซลล์ขนาด 200 กิโลกรัม มีลักษณะเปลี่ยนแปลงไปมีผลให้ความต้านทานให้วงจรบริดจ์ภายในเกิดภาวะไม่สมดุลย์ ทำให้เกิดแรงดันตกคร่อมไม่เท่ากันได้เป็นผลต่างแรงดันออกมา ซึ่งมีในปริมาณน้อยมากในช่วง 0-20 mV (ขึ้นอยู่กับขนาดการป้อนแรงดันกระตุ้นให้กับโหลดเซลล์) จากค่าความแตกต่างนี้เองนำมาใช้ในแสดงค่าน้ำหนัก โดยใช้วงจรคอมพาราเตอร์ที่เปรียบเทียบความแตกต่างแรงดันและขยายขนาดของสัญญาณ

นำสัญญาณที่ได้ไปผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านเพื่อทำการกำจัดสัญญาณรบกวน โดยเฉพาะที่ความถี่ 50 Hz จากวงจรทุกจุดที่มีการป้อนแหล่งจ่ายแรงดันควรให้มีการต่อตัวคาปาซิเตอร์สำหรับกำจัดสัญญาณรบกวนเนื่องจากแรงดันที่ได้จากโหลดเซลล์นั้นมีค่าต่ำ ฉะนั้นสัญญาณรบกวนจึงเป็นปัญหาสำคัญอย่างยิ่ง เพื่อให้วงจรมีเสถียรภาพ ถูกต้องและแม่นยำที่สุด

จากนั้นจะปรับระดับแรงดันที่ได้ให้เหมาะสมกับขนาดที่จะป้อนให้กับตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล ซึ่งอยู่ในย่าน 0-5 V ด้วยวงจรนอนอินเวอสติ้งแอมพลิไฟล์ โดยการปรับอัตราขยายในส่วนของตัวต้านทานอินพุต หรือ ตัวต้านทานป้อนกลับ จากวงจรจะพบว่าสัญญาณที่ได้หลังจากภาคกรองความถี่ต่ำผ่านนั้นจะได้ระดับแรงดันเป็นลบ ดังนั้นจึงเลือกใช้วงจรนอนอินเวอสเพื่อกลับสัญญาณที่ได้ให้เป็นบวก ในการทำงานนั้นพบว่าแรงดันที่ได้มากเกินไป จึงเลือกปรับอัตราขยายในวงจรประมาณ 0.45 ทำให้ได้ระดับแรงดันเอาท์พุทในช่วง 0-5 V พอดี

วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลนั้นใช้เป็นวงจรรวมชนิด Serial เบอร์ LTC 1298 ซึ่งสามารถแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลได้ถึง 12 Bit ทำให้มีสถานะการทำงานได้มากถึง 4095สถานะ มีความเพียงพอต่อขนาดน้ำหนัก 200 กิโลกรัมและมีทศนิยม 1 ตำแหน่งในการคำนวณได้ โดยจะรับค่าที่ Channel 0

ไมโครคอนโทรเลอร์เบอร์ 8051 จะรับค่า ดิจิตอล 12 Bit มาคำนวณค่า และแสดงผล ซึ่งมีหน้าที่ให้สถานะการทำงานแก่ ADC แล้วรับ ค่ามาตรวจสอบการ Over Range จากนั้นจะนำค่าไปคำนวณแล้วให้คำสั่งแก่ แถบแสดงผล LCD ขนาด16 ตัวอักษร โดยจะแสดงคำว่า “WEIGHT=

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

000.0Kg" ในระหว่างการทำงานจะรอรับค่าคำสั่งจากสวิทซ์ที่ปุ่ม "FAT" เพื่อเปลี่ยนโหมดการทำงานเป็นการวัดระดับไขมันและรับค่าจากปุ่ม "lb." เพื่อเปลี่ยนหน่วยการแสดงผลเป็นแบบปอนด์

2. การทำงานการวัดระดับไขมัน

วงจรจะผลิตความถี่ 100 KHz ซึ่งเป็นความถี่ที่สามารถเคลื่อนที่ผ่านสารชีวภาพคือบริเวณขาทั้งสองข้างของคน โดยใช้วงจรแปลงแรงดันเป็นกระแสทำให้มีกระแสที่คงที่ดังนั้นแรงดันจะเปลี่ยนแปลงตามอิมพีแดนซ์ของแต่ละบุคคล โดยใช้ระดับกระแสต่ำประมาณ 4 mA จากหลักการและทฤษฎีดังกล่าวมาแล้วจึงถูกมาประยุกต์ใช้วัดระดับไขมัน

สารชีวภาพจะมีค่าความต้านทานที่ความถี่สูง ดังนั้นค่าของน้ำเลือด กล้ามเนื้อ พลาสมา โครงสร้างกระดูก และไขมัน องค์ประกอบดังกล่าวจึงเป็นปัจจัยของค่าอิมพีแดนซ์ในการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันที่กระแสคงที่นั่นเอง หากมีส่วนประกอบโครงสร้างร่างกายด้วยไขมันในปริมาณมากก็จะมีผลทำให้ระดับอิมพีแดนซ์สูงมากขึ้น ดังนั้นระดับแรงดันก็จะมีมากน้อยตามปริมาณไขมัน

วงจรอินสตรูเมนชั่นจะทำหน้าที่ตรวจวัดค่าแรงดันตรงคร่อมผ่านขั้วอิเล็กโทรด และทำการขยายสัญญาณแรงดันไฟสลับ ให้เหมาะสมจากนั้นจะแปลงเป็นแรงดันไฟตรงด้วยวงจร AC to DC Converter ทำการกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแล้วปรับระดับแรงดันให้ได้ในช่วง 0-5 V เพื่อให้วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิจอลที่ Channel 1

ไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับส่วนสูงของผู้วัดก่อนเพื่อใช้ในการคำนวณโดยจะแสดงผลที่จอ LCD ด้วยคำว่า " BODY FAT" และ " Stand in place" เพื่อบอกให้ผู้ทำการเหยียบสัมผัสฝ่าเท้าที่บริเวณอิเล็กโทรดคอนโทรลเลอร์จะคอยรับค่า คอนโทรลเลอร์จะนำค่าแรงดันในการวัดแบบไบโออิมพีแดนซ์ไปแบ่งเป็นระดับตามเลเวลทันที โดยที่หน้าจอ LCD จะแสดงคำว่า "FAT LEVEL= " ในการแสดงค่าระดับไขมันนั้นจะแสดงเป็น 5 ระดับด้วยกันคือ

1 หมายความว่า มีปริมาณน้อย

2 หมายความว่า มีปริมาณค่อนข้างน้อย

3 หมายความว่า มีปริมาณพอดี

4 หมายความว่า มีปริมาณค่อนข้างมาก

5 หมายความว่า มีปริมาณมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การนำไปใช้งาน

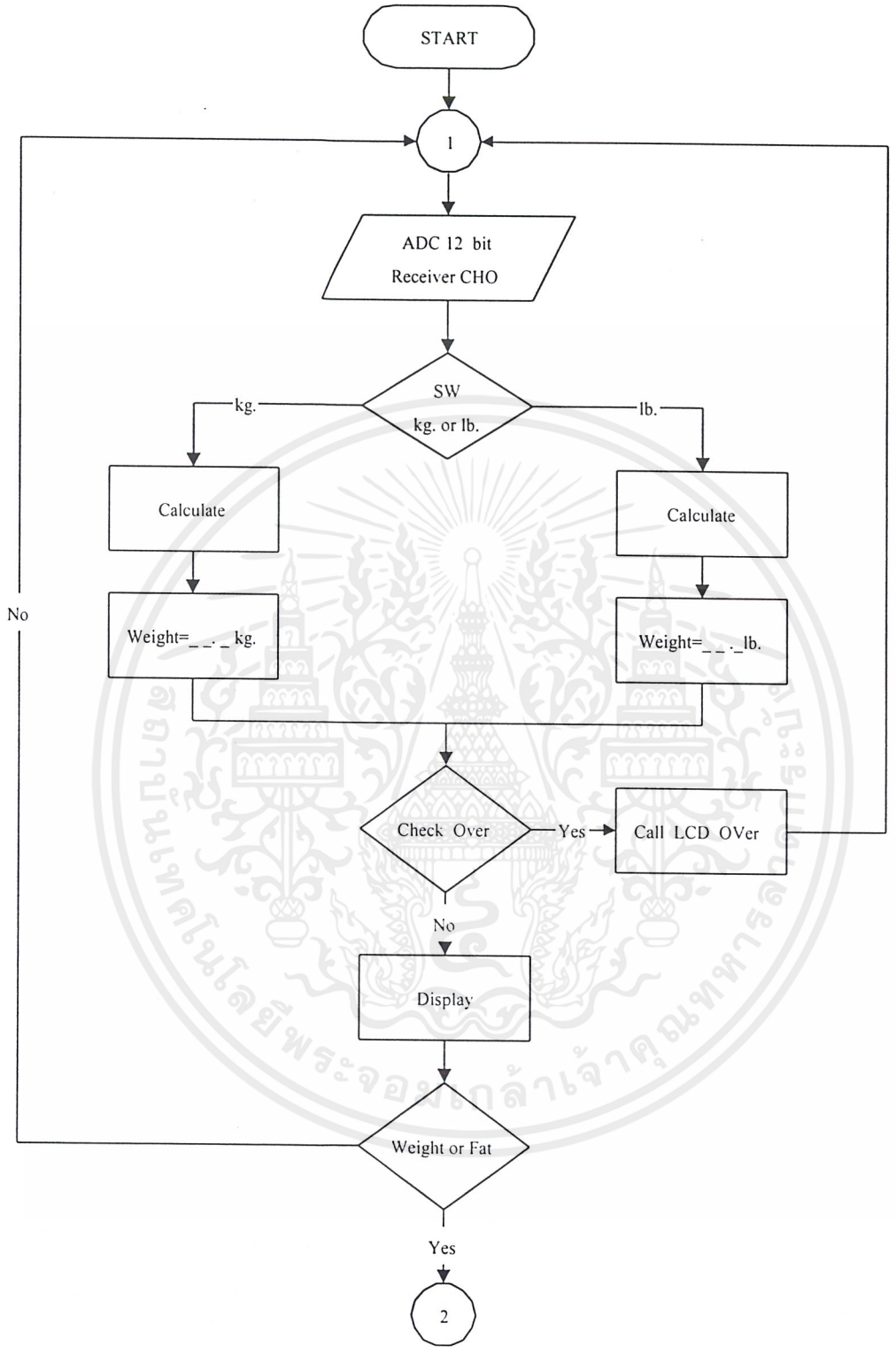
อุปกรณ์เครื่องชั่งจะใช้ชั่งที่ระดับน้ำหนัก 0-200 Kg. มีความละเอียดที่ทศนิยม 1 ตำแหน่ง สามารถเคลื่อนย้ายตำแหน่งได้ง่าย ไม่ต้องใช้อุปกรณ์อื่นเพิ่มเติม ใช้กับไฟ 220 V 50Hz มีความถูกต้องสูง มีการแสดงผลที่รวดเร็ว จะได้รับค่าน้ำหนักเป็นแบบกิโลกรัม เมื่อต้องการเปลี่ยนการแสดงผลเป็นแบบปอนด์จะใช้การกดสวิทซ์ที่ปุ่ม "lb" โดยสามารถขึ้นเหยียบเพื่อชั่งน้ำหนักและเมื่อต้องการเปลี่ยนโหมดการทำงานให้ใช้นิ้วเท้ากดที่สวิทซ์ "FAT" จอ LCD จะแสดงโหมดการทำงาน เครื่องจะบอกให้ผู้ชั่งยืนในตำแหน่ง

เครื่องจะแสดงค่าระดับไขมันผ่านจอ LCD ใน 5 ระดับด้วยกัน หากต้องการให้เครื่องทำงานซ้ำ ในโหมดวัดไขมัน ก็ให้กดปุ่ม "FAT" อีกครั้ง แต่ถ้าต้องการเปลี่ยนเป็นโหมดชั่งน้ำหนักก็ให้กดที่ปุ่ม "Kg"

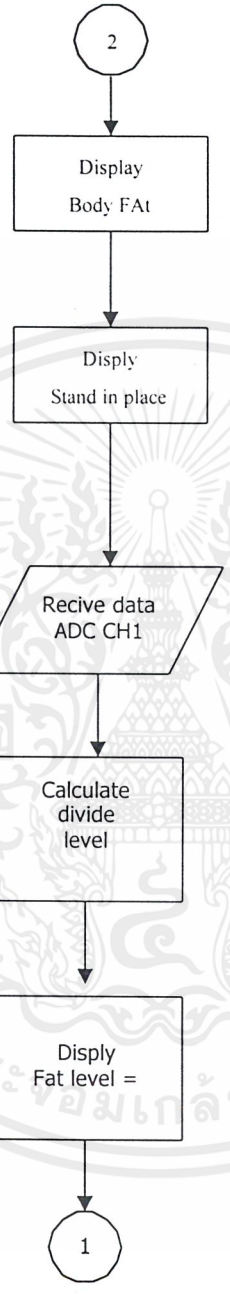
ข้อแนะนำในการใช้

1. จัดวางเครื่องชั่งบนพื้นที่แข็งแรงและมีพื้นผิวสม่ำเสมอ
2. เสียบปลั๊กไฟแรงดัน 220 V 50 Hz
3. เหยียบลงตำแหน่งรอยเท้าบนแพลทฟอร์ม
4. ระหว่างสังเกตค่านั้นไม่ควรขยับตัว
5. กดสวิทซ์เพื่อเปลี่ยนโหมดหรือเลือกค่าด้วยปลายนิ้วเท้า
6. ขึ้นเหยียบบนแพลทฟอร์มด้วยเท้าเปล่าและสัมผัสกับขั้วอิเล็กโทรดทั้ง 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



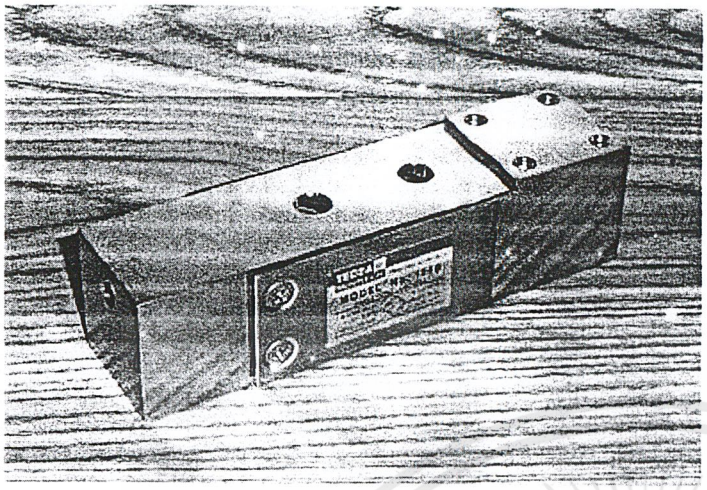
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Model 1240

Single Point Load Cells



Features

- Capacities: 200—250 kg
- Stainless steel Construction
- Combined error only 0.02%
- 6 Wire (sense) circuit
- Unique humidity-resistant protective coating
- Low profiles—1.6" (40mm) in height
- Maximum safe moment to 30 X rated capacity (kg-cm)

Model 1240 is a low profile off-center load cell. It is one of the most compact designed available for these capacities which makes it especially well suited to scales which weigh people as well as high capacity industrial applications where space is limited.

This high accuracy load cell is Factory Mutual Approved. When operated at constant temperature, all load cells offer 0.02% combined error performance regardless of accuracy class.

Three beam construction makes the load cell highly immune to side forces and mounting imperfections.

Stainless steel construction and a unique humidity resistant protective coating assures long-term stability even under harsh environment and extreme temperatures. Optional Sylgard encapsulation is available for applications requiring washdown protection.

TEDEA th. HUNTLEIGH

EXCELLENCE IN LOAD CELLS

Contact Info
E-mail
sales@tedea-huntleigh.com
Website
www.tedea-huntleigh.com

Europe
Tedea-Huntleigh Europe Ltd.
37 Portmanmoor Road
Cardiff
CF24 5HE
United Kingdom
Tel:+44(0)29-20460231
Fax:+44(0)29-20462173

International
Tedea-Huntleigh International Ltd.
5 Hozoran St.
New Industrial Zone
P.O. Box 8381, Netanya 42506
Israel
Tel: +972-9-863-8888
Fax: +972-9-863-8800

China
Beijing Tedea-Huntleigh
No. 16 Hong Da Bei Lu
Da Xing County, Beijing Economic & Technology Development Area,
Beijing 100176
Tel:+86-10-67881604-09
Fax:+86-10-67881576

Germany
Tedea-Huntleigh GmbH.
Mumlingweg 18
D-64297
Darmstadt-Eberstadt
Germany

Tel:+49-6151-94460
Fax:+49-6151-944640

France
SEEA sa
16 Rue Francis Vovelle
28000 Chartres
France

Tel: +33-237-33-3120
Fax:+33-237-3129

7800 DEERING AVE.
P.O. BOX 7964
CANOGA PARK CA 91309-7964
USA

TEL: 800.626.2616
FAX: 818.340.1175

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

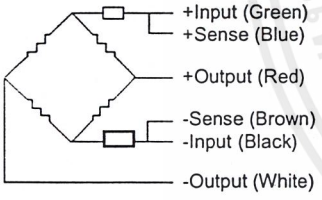
Model 1240

Single Point Load Cells

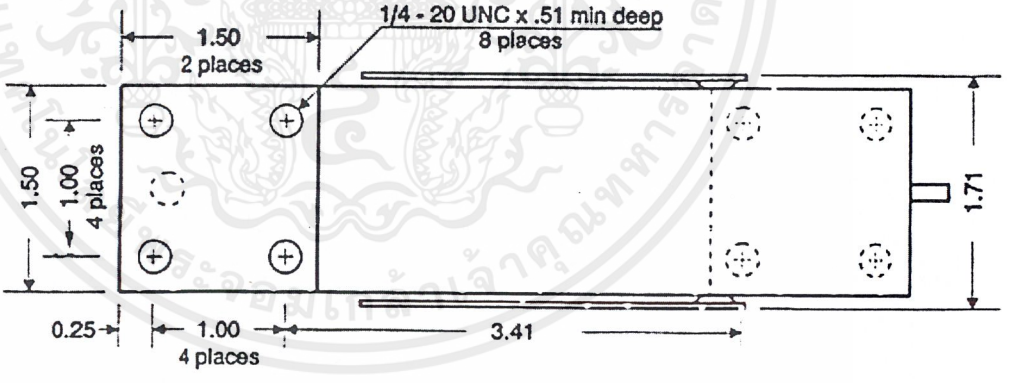
Grade	E	F	G	Units
Rated Capacities	200, 250			kg
Rated Output*	2.0 ± 10%			mV/V
Total Error**	0.05	0.02	0.03	±% of Rated Output
Zero Return after 30 mins	0.050	0.025	0.017	±% of Applied Load/cm
Temperature Effect: On Output	0.003	0.0014	0.001	± of Applied Load/°C
Temperature Effect: On Zero	0.010	0.006	0.004	± of Rated Output/°C
Total Error Eccentric Loading 0.33 R.C.	0.0075	0.0075	0.0050	±% of Applied Load/cm
Zero Balance	10			±% of Rated Output
Temperature Range: Operating	-30 to +70			°C
Temperature Range: Compensated	-10 to +40			°C
Safe Overload	150			% of Rated Capacity
Ultimate Overload	250			% of Rated Capacity
Excitation: Recommended	10			Volts AC or DC
Excitation: Maximum	15			Volts AC or DC
Input Impedance	380 ± 15			Ohms
Output Impedance	350 ± 3			Ohms
Insulation Impedance	>2000			MegaOhms
Deflection at Rated Capacity	>0.4			mm
Weight: All Types	1.1			kg
Construction	Stainless Steel			
Environmental Protection	IP54 Standard / IP 65 Optional			
Cable	1.5 Meter (Standard), 6 Wire, PVC jacket, Floating Screen			

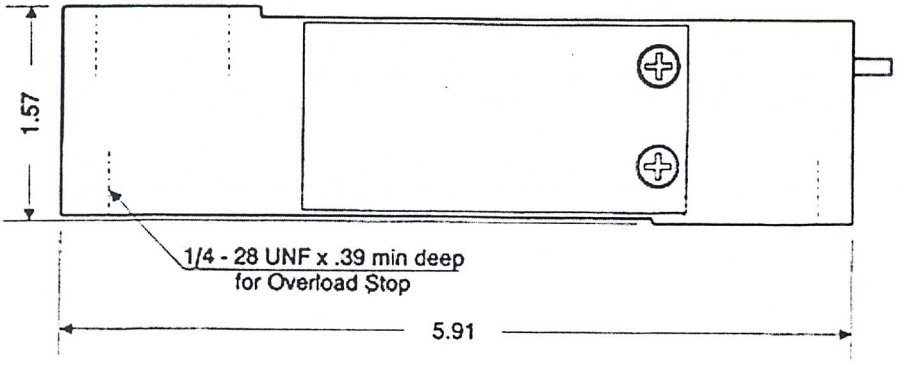
*All accuracy specification maintained when 150% of nominal load is applied for 3 mV/V output.
**Nonlinearity, hystresis, repeatability, and output temperature effect according to OIML R60 and NIST H-44.

Wiring Schematic Diagram



Outline Dimensions All Capacities (in inches)





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LINEAR TECHNOLOGY

LTC1286/LTC1298

Micropower Sampling 12-Bit A/D Converters In SO-8 Packages

FEATURES

- **12-Bit Resolution**
- **8-Pin SOIC Plastic Package**
- **Low Cost**
- **Low Supply Current: 250μA Typ.**
- Auto Shutdown to 1nA Typ.
- Guaranteed ±3/4LSB Max DNL
- Single Supply 5V to 9V Operation
- On-Chip Sample-and-Hold
- 60μs Conversion Time
- Sampling Rates:
  - 12.5 ksps (LTC1286)
  - 11.1 ksps (LTC1298)
- I/O Compatible with SPI, Microwire, etc.
- Differential Inputs (LTC1286)
- 2-Channel MUX (LTC1298)
- 3V Versions Available: LTC1285/LTC1288

APPLICATIONS

- Battery-Operated Systems
- Remote Data Acquisition
- Battery Monitoring
- Handheld Terminal Interface
- Temperature Measurement
- Isolated Data Acquisition

DESCRIPTION

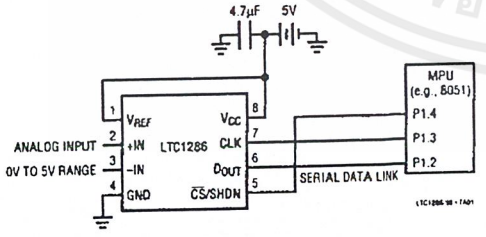
The LTC1286/LTC1298 are micropower, 12-bit, successive approximation sampling A/D converters. They typically draw only 250μA of supply current when converting and automatically power down to a typical supply current of 1nA whenever they are not performing conversions. They are packaged in 8-pin SO packages and operate on 5V to 9V supplies. These 12-bit, switched-capacitor, successive approximation ADCs include sample-and-holds. The LTC1286 has a single differential analog input. The LTC1298 offers a software selectable 2-channel MUX.

On-chip serial ports allow efficient data transfer to a wide range of microprocessors and microcontrollers over three wires. This, coupled with micropower consumption, makes remote location possible and facilitates transmitting data through isolation barriers.

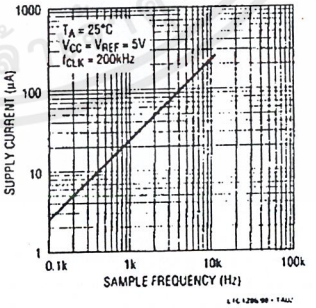
These circuits can be used in ratiometric applications or with an external reference. The high impedance analog inputs and the ability to operate with reduced spans (to 1.5V full scale) allow direct connection to sensors and transducers in many applications, eliminating the need for gain stages.

TYPICAL APPLICATIONS

25μW, SO-8 Package, 12-Bit ADC Samples at 200Hz and Runs Off a 5V Supply



Supply Current vs Sample Rate



PARALLAX
sales / technical support (916) 624-8333 • fax (916) 624-8003
pictech@parallainc.com • stamptech@parallaxinc.com

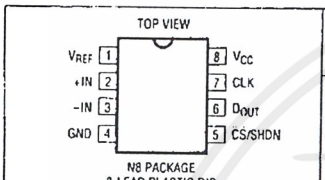
เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (Notes 1 and 2)

Supply Voltage (V_{CC}) to GND 12V
Voltage
Analog and Reference ..... −0.3V to V_{CC} + 0.3V
Digital Inputs ..... −0.3V to 12V
Digital Output ..... −0.3V to V_{CC} + 0.3V

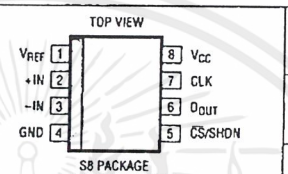
Power Dissipation 500mW
Operating Temperature Range
LTC1286C/LTC1298C ..... 0°C to 70°C
LTC1286I/LTC1298I ..... −40°C to 85°C
Storage Temperature Range ..... −65°C to 150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 sec.) ..... 300°C

PACKAGE/ORDER INFORMATION



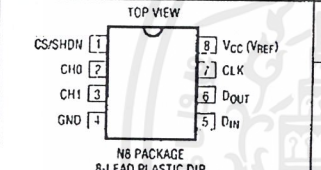
N8 PACKAGE
8-LEAD PLASTIC DIP
T_{JMAX} = 150°C, θ_{JA} = 130°C/W

ORDER PART NUMBER
LTC1286CN8
LTC1286IN8



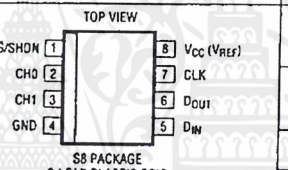
S8 PACKAGE
8-LEAD PLASTIC SOIC
T_{JMAX} = 150°C, θ_{JA} = 175°C/W

ORDER PART NUMBER
LTC1286CS8
LTC1286IS8
PART MARKING
1286C
1286I



N8 PACKAGE
8-LEAD PLASTIC DIP
T_{JMAX} = 150°C, θ_{JA} = 130°C/W

ORDER PART NUMBER
LTC1298CN8
LTC1298IN8



S8 PACKAGE
8-LEAD PLASTIC SOIC
T_{JMAX} = 150°C, θ_{JA} = 175°C/W

ORDER PART NUMBER
LTC1298CS8
LTC1298IS8
PART MARKING
1298C
1298I

Consult factory for military grade parts.

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V_{CC}	Supply Voltage (Note 3)	LTC1286 LTC1298	4.5 4.5		9.0 5.5	V V
f_{CLK}	Clock Frequency	V_{CC} = 5V	(Note 4)		200	kHz
t_{CYC}	Total Cycle Time	LTC1286, f_{CLK} = 200kHz LTC1298, f_{CLK} = 200kHz	80 90			µs µs
t_{DO}	Hold Time, D_{IN} After CLK↑	V_{CC} = 5V	150			ns
$t_{su\overline{CS}}$	Setup Time $\overline{CS}$↓ Before First CLK↑ (See Operating Sequence)	LTC1286, V_{CC} = 5V LTC1298, V_{CC} = 5V	2 2			µs µs
t_{suDI}	Setup Time, D_{IN} Stable Before CLK↑	V_{CC} = 5V	400			ns
t_{WHCLK}	CLK High Time	V_{CC} = 5V	2			µs
t_{WLCLK}	CLK Low Time	V_{CC} = 5V	2			µs
$t_{WH\overline{CS}}$	$\overline{CS}$ High Time Between Data Transfer Cycles	V_{CC} = 5V	2			µs
$t_{WL\overline{CS}}$	$\overline{CS}$ Low Time During Data Transfer	LTC1286, f_{CLK} = 200kHz LTC1298, f_{CLK} = 200kHz	75 85			µs µs

PARALLAX

sales / technical support (916) 624-8333 • fax (916) 624-8003
pictech@parallainc.com • stamptech@parallaxinc.com

Page 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CONVERTER AND MULTIPLEXER CHARACTERISTICS (Note 5)

PARAMETER	CONDITIONS		LTC1286 MIN	LTC1286 TYP	LTC1286 MAX	LTC1298 MIN	LTC1298 TYP	LTC1298 MAX	UNITS
Resolution (No Missing Codes)		●	12			12			Bits
Integral Linearity Error	(Note 6)	●		±3/4	±2		±3/4	±2	LSB
Differential Linearity Error		●		±1/4	±3/4		±1/4	±3/4	LSB
Offset Error		●		3/4	±3		3/4	±3	LSB
Gain Error		●		±2	±8		±2	±8	LSB
Analog Input Range	(Note 7 and 8)	●		−0.05V to V_{CC} + 0.05V					V
REF Input Range (LTC1286) (Notes 7, 8, and 9)	$4.5 \le V_{CC} \le 5.5V$ $5.5V < V_{CC} \le 9V$			1.5V to V_{CC} + 0.05V 1.5V to 5.55V					V V
Analog Input Leakage Current (Note 10)		●		±1			±1		µA

DIGITAL AND DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Note 5)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
V_{IH}	High Level Input Voltage	V_{CC} = 5.25V	●	2			V
V_{IL}	Low Level Input Voltage	V_{CC} = 4.75V	●			0.8	V
I_{IH}	High Level Input Current	$V_{IN} = V_{CC}$	●			2.5	µA
I_{IL}	Low Level Input Current	V_{IN} = 0V	●			−2.5	µA
V_{OH}	High Level Output Voltage	V_{CC} = 4.75V, I_O = 10µA V_{CC} = 4.75V, I_O = 360µA	● ●	4.0 2.4	4.64 4.62		V V
V_{OL}	Low Level Output Voltage	V_{CC} = 4.75V, I_O = 1.6mA	●			0.4	V
I_{OZ}	Hi-Z Output Leakage	$\overline{CS}$ = High	●			±3	µA
I_{SOURCE}	Output Source Current	V_{OUT} = 0V			−25		mA
I_{SINK}	Output Sink Current	$V_{OUT} = V_{CC}$			45		mA
R_{REF}	Reference Input Resistance (LTC1286)	$\overline{CS} = V_{CC}$ $\overline{CS}$ = GND			5000 55		MΩ kΩ
I_{REF}	Reference Current (LTC1286)	$\overline{CS} = V_{CC}$ $t_{CYC} \ge 640\mu s$, $f_{CLK} \le 25kHz$ $t_{CYC} = 80\mu s$, $f_{CLK} = 200kHz$	● ● ●		0.001 90 90	2.5 140 140	µA µA µA
I_{CC}	Supply Current	$\overline{CS} = V_{CC}$	●		0.001	±3.0	µA
		LTC1286, $t_{CYC} \ge 640\mu s$, $f_{CLK} \le 25kHz$ LTC1286, $t_{CYC} = 80\mu s$, $f_{CLK} = 200kHz$	● ●		200 250	400 500	µA µA
		LTC1298, $t_{CYC} \ge 720\mu s$, $f_{CLK} \le 25kHz$ LTC1298, $t_{CYC} = 90\mu s$, $f_{CLK} = 200kHz$	● ●		290 340	490 640	µA µA

DYNAMIC ACCURACY f_{SMPL} = 12.5kHz (LTC1286), f_{SMPL} = 11.1kHz (LTC1298) (Note 5)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
S/(N+D)	Signal-to-Noise Plus Distortion Ratio	1kHz/7kHz Input Signal		71/68		dB
THD	Total Harmonic Distortion (Up to 5th Harmonic)	1kHz/7kHz Input Signal		−84/−80		dB
SFDR	Spurious-Free Dynamic Range	1kHz/7kHz Input Signal		90/86		dB
	Peak Harmonic or Spurious Noise	1kHz/7kHz Input Signal		−90/−86		dB

PARALLAX
sales / technical support (916) 624-8333 • fax (916) 624-8003
pictech@parallainc.com • stamptech@parallaxinc.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC CHARACTERISTICS (Note 5)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
t_{SMPL}	Analog Input Sample Time	See Operating Sequence			1.5		CLK Cycles
$f_{SMPL(MAX)}$	Maximum Sampling Frequency	LTC1286 LTC1298	● ●	12.5 11.1			kHz kHz
t_{CONV}	Conversion Time	See Operating Sequence			12		CLK Cycles
t_{dDO}	Delay Time, CLK↓ to D_{OUT} Data Valid	See Test Circuits	●		250	600	ns
t_{dis}	Delay Time, $\overline{CS}$↑ to D_{OUT} Hi-Z	See Test Circuits	●		135	300	ns
t_{en}	Delay Time, CLK↓ to D_{OUT} Enable	See Test Circuits	●		75	200	ns
t_{hDO}	Time Output Data Remains Valid After CLK↓	C_{LOAD} = 100pF			230		ns
t_f	D_{OUT} Fall Time	See Test Circuits	●		20	75	ns
t_r	D_{OUT} Rise Time	See Test Circuits	●		20	75	ns
C_{IN}	Input Capacitance	Analog Inputs, On Channel Analog Inputs, Off Channel Digital Input			20 5 5		pF pF pF

The ● denotes specifications which apply over the full operating temperature range.

Note 1: Absolute maximum ratings are those values beyond which the life of a device may be impaired.

Note 2: All voltage values are with respect to GND.

Note 3: These devices are specified at 5V. For 3V specified devices, see LTC1285 and LTC1288.

Note 4: Increased leakage currents at elevated temperatures cause the S/H to droop, therefore it is recommended that $f_{CLK} \geq 120kHz$ at 85°C, $f_{CLK} \geq 75kHz$ at 70° and $f_{CLK} \geq 1kHz$ at 25°C.

Note 5: V_{CC} = 5V, V_{REF} = 5V and CLK = 200kHz unless otherwise specified.

Note 6: Linearity error is specified between the actual end points of the A/D transfer curve.

Note 7: Two on-chip diodes are tied to each reference and analog input which will conduct for reference or analog input voltages one diode drop below GND or one diode drop above V_{CC}. This spec allows 50mV forward bias of either diode for $4.5V \leq V_{CC} \leq 5.5V$. This means that as long as the reference or analog input does not exceed the supply voltage by more than 50mV the output code will be correct. To achieve an absolute 0V to 5V input voltage range will therefore require a minimum supply voltage of 4.950V over initial tolerance, temperature variations and loading. For $5.5V < V_{CC} \leq 9V$, reference and analog input range cannot exceed 5.55V. If reference and analog input range are greater than 5.55V, the output code will not be guaranteed to be correct.

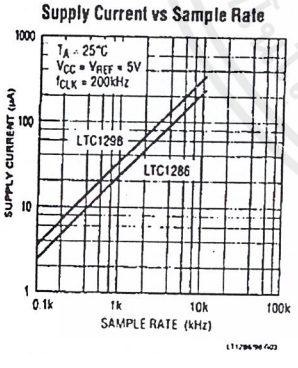
Note 8: The supply voltage range for the LTC1286 is from 4.5V to 9V, but the supply voltage range for the LTC1298 is only from 4.5V to 5.5V.

Note 9: Recommended operating conditions

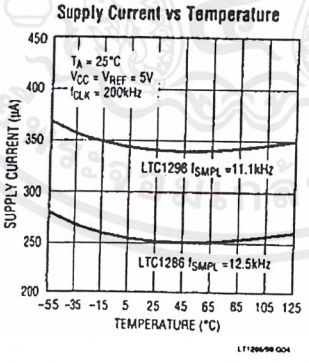
Note 10: Channel leakage current is measured after the channel selection.

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS

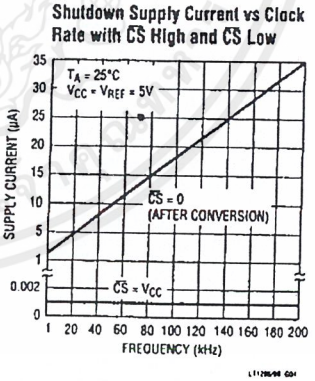
Supply Current vs Sample Rate



Supply Current vs Temperature



Shutdown Supply Current vs Clock Rate with $\overline{CS}$ High and $\overline{CS}$ Low



PARALLAX

sales / technical support (916) 624-8333 • fax (916) 624-8003

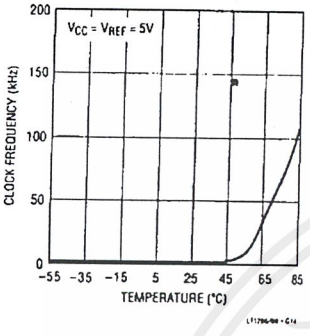
pictech@parallainc.com • stamptech@parallaxinc.com

Page 12

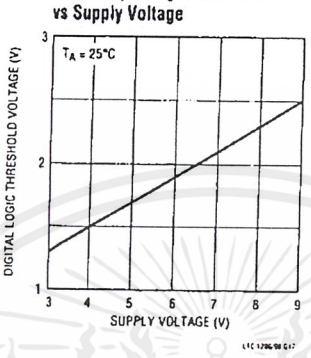
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS

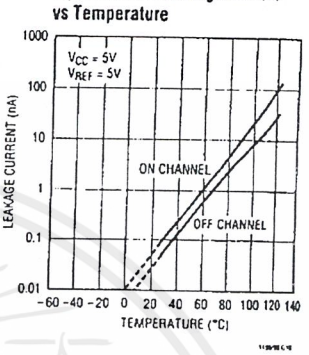
Minimum Clock Frequency for 0.1 LSB Error vs Temperature



Digital Input Logic Threshold vs Supply Voltage



Input Channel Leakage Current vs Temperature



PIN FUNCTIONS

LTC1286

V_{REF} (Pin 1): Reference Input. The reference input defines the span of the A/D converter.

IN^+ (Pin 2): Positive Analog Input.

IN^- (Pin 3): Negative Analog Input.

GND (Pin 4): Analog Ground. GND should be tied directly to an analog ground plane.

$\overline{CS}$/SHDN (Pin 5): Chip Select Input. A logic low on this input enables the LTC1286. A logic high on this input disables and powers down the LTC1286.

D_{OUT} (Pin 6): Digital Data Output. The A/D conversion result is shifted out of this output.

CLK (Pin 7): Shift Clock. This clock synchronizes the serial data transfer and determines conversion speed.

V_{CC} (Pin 8): Power Supply Voltage. This pin provides power to the A/D converter. It must be kept free of noise and ripple by bypassing directly to the analog ground plane. .

LTC1298

$\overline{CS}$/SHDN (Pin 1): Chip Select Input. A logic low on this input enables the LTC1298. A logic high on this input disables and powers down the LTC1298.

CH0 (Pin 2): Analog Input.

CH1 (Pin 3): Analog Input.

GND (Pin 4): Analog Ground. GND should be tied directly to an analog ground plane.

D_{IN} (Pin 5): Digital Data Input. The multiplexer address is shifted into this input.

D_{OUT} (Pin 6): Digital Data Output. The A/D conversion result is shifted out of this output.

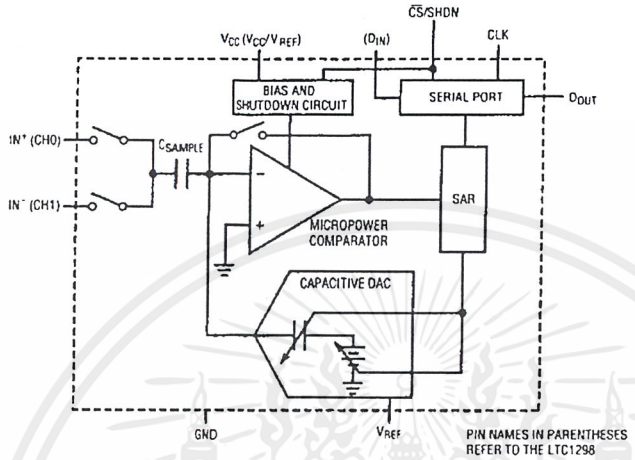
CLK (Pin 7): Shift Clock. This clock synchronizes the serial data transfer and determines conversion speed.

V_{CC}/V_{REF} (Pin 8): Power Supply and Reference Voltage. This pin provides power and defines the span of the A/D converter. It must be kept free of noise and ripple by bypassing directly to the analog ground plane.

PARALLAX
sales / technical support (916) 624-8333 • fax (916) 624-8003
pictech@parallainc.com • stamptech@parallaxinc.com

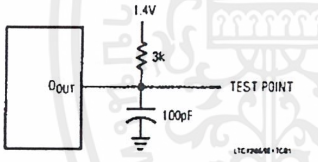
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BLOCK DIAGRAM

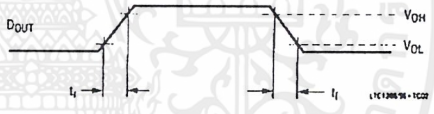


TEST CIRCUITS

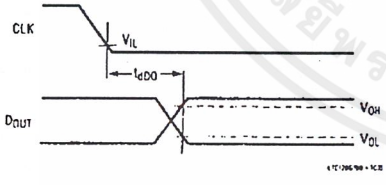
Load Circuit for t_{dDO}, t_r and t_f



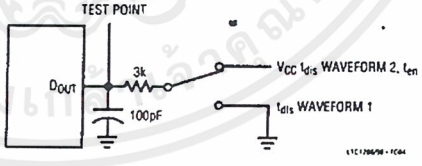
Voltage Waveforms for D_{OUT} Rise and Fall Times, t_r, t_f



Voltage Waveforms for D_{OUT} Delay Times, t_{dDO}



Load Circuit for t_{dis} and t_{en}



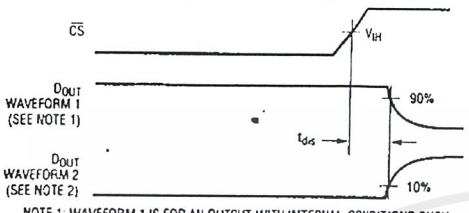
PARALLAX

sales / technical support (916) 624-8333 • fax (916) 624-8003
pictech@parallainc.com • stamptech@parallaxinc.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEST CIRCUITS

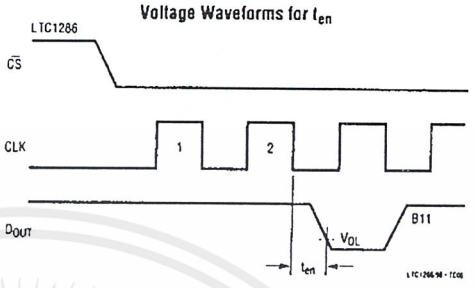
Voltage Waveforms for t_{dis}



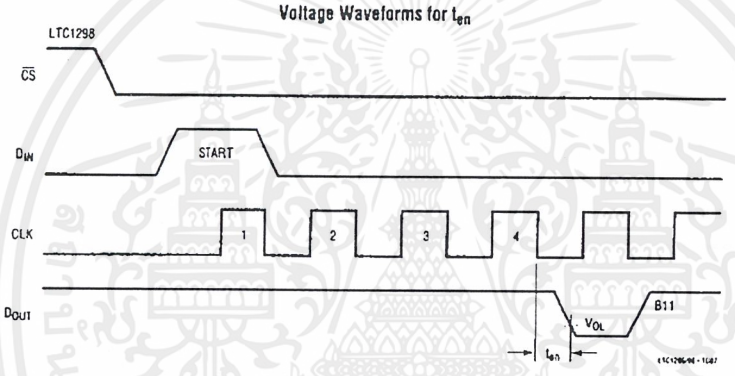
NOTE 1: WAVEFORM 1 IS FOR AN OUTPUT WITH INTERNAL CONDITIONS SUCH THAT THE OUTPUT IS HIGH UNLESS DISABLED BY THE OUTPUT CONTROL.

NOTE 2: WAVEFORM 2 IS FOR AN OUTPUT WITH INTERNAL CONDITIONS SUCH THAT THE OUTPUT IS LOW UNLESS DISABLED BY THE OUTPUT CONTROL.

Voltage Waveforms for t_{en}



Voltage Waveforms for t_{en}



APPLICATION INFORMATION

OVERVIEW

The LTC1286 and LTC1298 are micropower, 12-bit, successive approximation sampling A/D converters. The LTC1286 typically draws 250μA of supply current when sampling at 12.5kHz while the LTC1298 nominally consumes 350μA of supply current when sampling at 11.1 kHz. The extra 100μA of supply current on the LTC1298 comes from the reference input which is intentionally tied to the supply. Supply current drops linearly as the sample rate is reduced (see Supply Current vs Sample Rate). The ADCs automatically power down when not performing conversions, drawing only leakage current. They are packaged in 8-pin SO and DIP packages. The LTC1286 operates on a single supply from 4.5V to 9V, while the LTC1298 operates from a 4.5V to 5.5V supply.

Both the LTC1286 and the LTC1298 contain a 12-bit, switched-capacitor ADC, a sample-and-hold, and a serial port (see Block Diagram). Although they share the same basic design, the LTC1286 and LTC1298 differ in some respects. The LTC1286 has a differential input and has an external reference input pin. It can measure signals floating on a DC common-mode voltage and can operate with reduced spans to 1V. Reducing the spans allows it to achieve 244μV resolution. The LTC1298 has a two-channel input multiplexer and can convert either channel with respect to ground or the difference between the two. The reference input is tied to the supply pin.

PARALLAX
sales / technical support (916) 624-8333 • fax (916) 624-8003
pictech@parallainc.com • stamptech@parallaxinc.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION INFORMATION

SERIAL INTERFACE

The 2-channel LTC1298 communicates with microprocessors and other external circuitry via a synchronous, half duplex, 4-wire serial interface. The single channel LTC1286 uses a 3-wire interface (see Operating Sequence in Figures 1 and 2).

Data Transfer

The CLK synchronizes the data transfer with each bit being transmitted on the falling CLK edge and captured on the rising CLK edge in both transmitting and receiving systems.

The LTC1286 does not require a configuration input word and has no D_{IN} pin. A falling $\overline{CS}$ initiates data transfer as shown in the LTC1286 operating sequence. After $\overline{CS}$ falls the second CLK pulse enables D_{OUT}. After one null bit the A/D conversion result is output on the D_{OUT} line. Bringing $\overline{CS}$ high resets the LTC1286 for the next data exchange.

The LTC1298 first receives input data and then transmits back the A/D conversion result (half duplex). Because of the half duplex operation, D_{IN} and D_{OUT} may be tied together allowing transmission over just 3 wires: $\overline{CS}$, CLK and DATA (D_{IN}/D_{OUT}).

Data transfer is initiated by a falling chip select ($\overline{CS}$) signal. After $\overline{CS}$ falls the LTC1298 looks for a start bit. After the start bit is received, the 3-bit input word is shifted into the D_{IN} input which configures the LTC1298 and starts the conversion. After one null bit, the result of the conversion is output on the D_{OUT} line. At the end of the data exchange $\overline{CS}$ should be brought high. This resets the LTC1298 in preparation for the next data exchange.

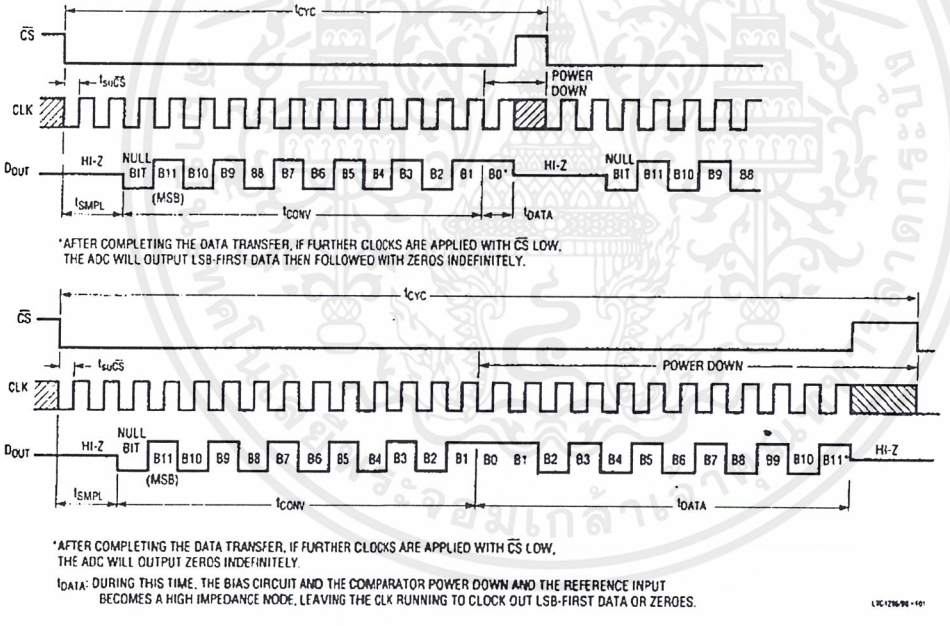


Figure 1. LTC1286 Operating Sequence

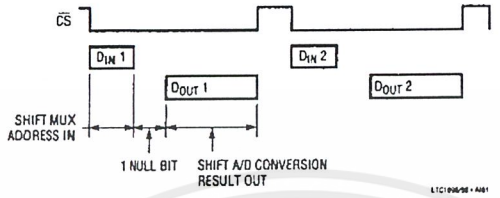
PARALLAX

sales / technical support (916) 624-8333 • fax (916) 624-8003
pictech@parallainc.com • stamptech@parallaxinc.com

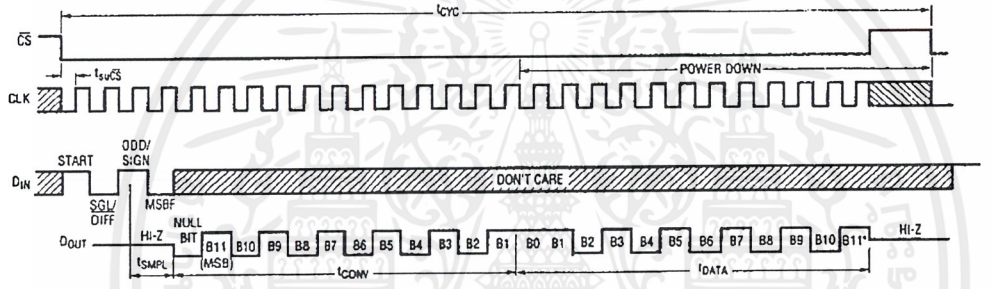
Page 18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

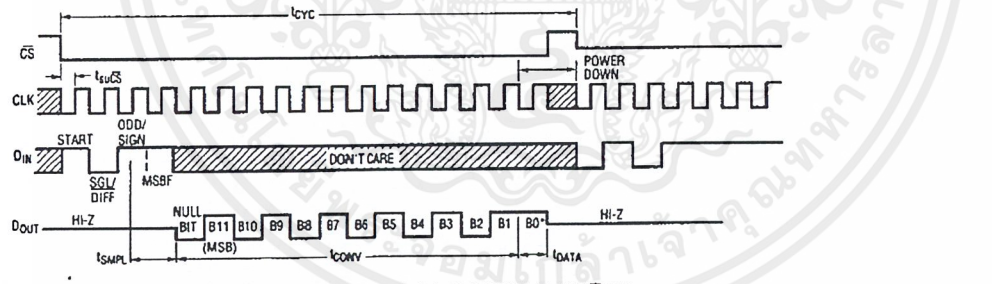
APPLICATION INFORMATION



MSB-First Data (MSBF = 0)



MSB-First Data (MSBF = 1)



*AFTER COMPLETING THE DATA TRANSFER, IF FURTHER CLOCKS ARE APPLIED WITH CS LOW, THE ADC WILL OUTPUT ZEROS INDEFINITELY.

tDATA: DURING THIS TIME, THE BIAS CIRCUIT AND THE COMPARATOR POWER DOWN AND THE REFERENCE INPUT BECOMES A HIGH IMPEDANCE NODE, LEAVING THE CLK RUNNING TO CLOCK OUT LSB-FIRST DATA OR ZEROES.

Figure 2. LTC1298 Operating Sequence Example: Differential Inputs (CH+, CH−)

PARALLAX
sales / technical support (916) 624-8333 • fax (916) 624-8003
pictech@parallainc.com • stamptech@parallaxinc.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. ธีรวัฒน์ ประกอบผล "การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ " พิมพ์ครั้งที่ 3 สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี 2542
2. พรชัยยศ ศรีปัญญาพงศ์ " ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051" เอกสารประกอบการอบรม หน้า 12 - 15
3. A. P. Malvino , " Electronic Principles " , Glencoe McGraw – Hill, N.Y., 1999.
4. J. W . Nilsson , " Electric Circuit " , Addison Wesslay , M.A., 1996.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้