

เครื่องตั้งสายกีตาร์อัตโนมัติโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

Automatic Guitar Tuner By Microcontroller



โดย

นายณัฐพล เพ็ญศิริ

นายสิรภาพ สุริยชน

นายภูวเดช รังแก้ว

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

เครื่องตั้งสายกีตาร์อัตโนมัติโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์
AUTOMATIC GUITAR TUNER BY MICROCONTROLLER

โดย

นายณัฐพล เพ็ญศิริ

54010435

นายสิรภพ สุริยชน

54011369

นายภูวเดช รังแก้ว

54011016

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. พิพัฒน์ พรหมมี

ผศ.ดร. มนตรี คำเงิน

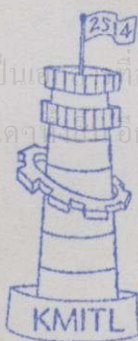
ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

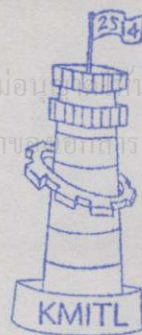


ผ่านการตรวจชิ้นงานแล้ว

(Signature)
กรรมการผู้ตรวจชิ้นงาน

15/พค/58

วิศวกรรมโทรคมนาคม
Telecommunications Engineering



ผ่านการตรวจรูปเล่มแล้ว

(Signature)
อาจารย์ที่ปรึกษา

15/พค/58

วิศวกรรมโทรคมนาคม
Telecommunications Engineering

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2557

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

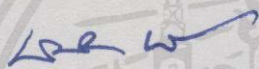
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องตั้งสายกีตาร์อัตโนมัติโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

AUTOMATIC GUITAR TUNER BY MICROCONTROLLER

ผู้จัดทำ

- | | |
|----------------------|----------|
| 1. นายณัฐพล เพ็ญศิริ | 54010435 |
| 2. นายสิรภพ สุริยชน | 54011369 |
| 3. นายภูวเดช รังแก้ว | 54011016 |



(รศ.ดร.พิพัฒน์ พรหมมี)

อาจารย์ที่ปรึกษา



(ผศ.ดร.มนตรี คำเงิน)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดีโดยได้รับความร่วมมือและความช่วยเหลือจากหลายท่านแนะนำแนะแนวทางในการแก้ไขปัญหา

คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณ รศ.ดร.พิพัฒน์ พรหมมี และผศ.ดร.มนตรี คำเงิน ที่ให้คำปรึกษาคำแนะนำทางทฤษฎีและปฏิบัติความอนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ ตลอดจนชี้แนะแนวทางในการแก้ไขปัญหาดังๆ ที่เกิดขึ้นในการทำโครงการเป็นอย่างดีมาโดยตลอด คณะผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

นายณัฐพล เพ็ญศิริ
นายสิริภพ สุริยชน
นายภูวเดช รังแก้ว
ผู้จัดทำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องตั้งสายกีตาร์อัตโนมัติโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์
 AUTOMATIC GUITAR TUNER BY
 MICROCONTROLLER

โดย นายณัฐพล เพ็ญศิริ 54010435
 นายสิรภพ สุริยชน 54011369
 นายภูวเดช รังแก้ว 54011016

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.พิพัฒน์ พรหมมี
 ผศ.ดร.มนตรี คำเงิน

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการสร้างเครื่องวัดความถี่ผ่านวงจรแปลงความถี่สัญญาณกีตาร์ซึ่งได้ออกแบบวงจรแปลงความถี่ที่เหมาะสมสำหรับความถี่กีตาร์ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (PIC16F877A) ประมวลผลทางความถี่จากนั้นจะสั่งให้มอเตอร์ควบคุมการหมุนของลูกบิดกีตาร์ที่ละเส้นโดยการติดสายเปล่า เพื่อใช้งานเป็นเครื่องตั้งสายกีตาร์อัตโนมัติตามความถี่ที่มาตรฐาน

ABSTRACT

This project studies the invention of the frequency measurement of the guitar by converting the signal of guitar through the circuit. This circuit design can be applied with guitar frequency ranges and processed by microcontroller. The processing frequency starts from microcontroller, then the motor rotation will control the guitar knob step by step. To use an automatic guitar tuner as a standard frequency.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
สารบัญ	III
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	2
2.1 MICROCONTROLLER (PIC16F877A)	2
2.1.1 ความหมายของ MICROCONTROLLER	2
2.1.2 โครงสร้างของ MICROCONTROLLER PIC16F877	3
2.2 L293D	3
2.2.1 ลักษณะทั่วไปของ QUADRUPLE HALF-H DRIVERS	3
2.2.2 การจัดวางขาของ L293D	4
2.3 LF347	4
2.3.1 ลักษณะทั่วไปของ LF347	4
2.4 MAX1044	5
2.4.1 ลักษณะทั่วไปของ MAX1044	5
2.4.2 การจัดวางขาของ MAX1044	5
2.5 LM7805	6
2.5.1 ลักษณะทั่วไปของ LM7805	6
2.6 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	6
2.6.1 ความหมายของมอเตอร์	6
2.6.2 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	6
2.7 ความถี่ของโน้ตกีตาร์	7
2.8 คำสั่งภาษาซีสำหรับโปรแกรม	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.8.1 IF	7
2.8.2 WHILE	8
2.8.3 BREAK	8
2.8.4 TIMER	8
2.8.5 IF-ELSE	8
2.8.6 CHAR	9
2.8.7 INT	9
2.8.8 INT16	9
2.8.9 BYTE	9
2.8.10 DELAY	9
2.8.11 GOTOXY()	9
2.9 LCD	9
2.9.1 ประเภทของ LCD	10
2.9.2 โครงสร้างทั่วไปของ LCD	10
2.10 เครื่องคอมพิวเตอร์	11
2.11 บอร์ดโปรแกรม MICROCONTROLLER	12
2.12 โปรโตบอร์ด	12
2.13 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ	13
2.14 โปรแกรมจำลองการทำงาน PROTEUS	14
2.14.1 พื้นฐานที่จำเป็นในการใช้โปรแกรม PROTEUS	15
2.14.2 อธิบายการทำงาน PROTEUS	16
2.14.3 วิธีการวาดวงจรพื้นฐานใน PROTEUS	16
2.15 คริสตอลออสซิลเลเตอร์	17
2.16 แหล่งจ่ายไฟ	18
บทที่ 3 การออกแบบและการจัดทำปฏิญานิพนธ์	20
3.1 การออกแบบ	20
3.1.1 การออกแบบฮาร์ดแวร์	20
3.1.2 การออกแบบซอฟต์แวร์	31
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง	32
3.4 จำลองผลในโปรแกรม PROTEUS	33
3.4.1 ผลสัญญาณจากวงจรแปลงความถี่	33
3.4.2 ผลของโปรแกรมการทำงานในส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์	37
3.4.3 ทดลองไอซีขับมอเตอร์ LM293D	39
บทที่ 4 ผลการทดลอง	41
4.1 ผลการทดลองวัดสัญญาณผ่านวงจรขยายแรงดัน	41
4.2 ผลการทดลองวัดสัญญาณผ่านวงจรรองความถี่แถบผ่าน	44
4.2.1 ผลการทดลองวัดสัญญาณผ่านวงจรรองความถี่แถบผ่าน	48
4.3 ผลการทดลองวัดสัญญาณผ่านวงจรเปรียบเทียบแรงดัน	54
4.4 ผลการทดลองกับชิ้นงานจริง	57
4.4.1 ผลการทดลองความถี่ทางปฏิบัติและทฤษฎี	60
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	61
5.1 อุปสรรคที่พบในการทำงาน	61
5.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการนี้	61
5.3 สรุปผล	61
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก ก CODE โปรแกรม	
ภาคผนวก ข DATA SHEET	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การจัดวางขาของ MICROCONTROLLER PIC16F88	3
2.2 การจัดวางขาของ L293D	4
2.3 การจัดวางขาของ LF347	4
2.4 การต่อเพื่อแปลงแรงดันบวกเป็นลบ	5
2.5 การจัดวางขาของ MAX1044	5
2.6 ลักษณะทั่วไปของ LM7805	6
2.7 โครงสร้างทั่วไปของ LCD MODULE	10
2.8 เครื่องคอมพิวเตอร์	10
2.9 บอร์ดโปรแกรม MICROCONTROLLER 40 ขา	11
2.10 โปรโตบอร์ด	12
2.11 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ	12
2.12 แสดงตัวอย่างโปรแกรม PIC C COMPILER	14
2.13 แสดงการเปิดโปรแกรม ISIS 6 PROFESSIONAL	14
2.14 การเลือกอุปกรณ์ในโปรแกรม PROTEUS	15
2.15 ตัวอย่างการเลือกอุปกรณ์ในโปรแกรม PROTEUS	16
2.16 การค้นหาอุปกรณ์ในโปรแกรม PROTEUS	16
2.17 การเลือกอุปกรณ์ที่ค้นหาแล้ว	17
2.18 แสดงการจัดวางการหมุนอุปกรณ์	17
2.19 คริสตอลออสซิลเลเตอร์	18
2.20 แหล่งจ่ายไฟ	18
3.1 BLOCK DIAGRAM	19
3.2 FLOW CHART	20
3.3 วงจรรวม	21
3.4 วงจรขยายแรงดัน	22
3.5 วงจรกรองสัญญาณช่วงความถี่	23
3.6 ได้ผลตอบสนองความถี่ของวงจรกรองความถี่แถบผ่านใน STAGE ที่ 1	23
3.7 ได้ผลตอบสนองความถี่ของวงจรกรองความถี่แถบผ่านใน STAGE ที่ 2	24
3.8 ได้ผลตอบสนองความถี่ของวงจรกรองความถี่แถบผ่านทั้ง 2 STAGE	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.9 หลักการทำงานของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน	25
3.10 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน	26
3.11 มอเตอร์ไฟตรง 6 โวลต์ ความเร็ว 15 รอบ/นาที	27
3.12 ประกอบมอเตอร์เข้ากับที่หมุนลูกบิดกีตาร์	27
3.13 ทดลองครอบลูกบิดกีตาร์	28
3.14 ลายวงจรด้านหน้า	28
3.15 ลายวงจรด้านหลัง	28
3.16 แบบร่างผลิตภัณฑ์	29
3.17 แบบเสมือนผลิตภัณฑ์	30
3.18 การวางวงจรในผลิตภัณฑ์ด้านล่าง	30
3.19 การวางวงจรในผลิตภัณฑ์ด้านบน	31
3.20 กำหนด TIMER 1 เพื่อใช้งาน	31
3.21 โค้ดโปรแกรมหลัก	31
3.22 โค้ดโปรแกรม	32
3.23 รูปกราฟแสดงเอาต์พุตที่ความถี่ 50 HZ	33
3.24 รูปกราฟแสดงเอาต์พุตที่ความถี่ 82 HZ	33
3.25 รูปกราฟแสดงเอาต์พุตที่ความถี่ 110 HZ	34
3.26 รูปกราฟแสดงเอาต์พุตที่ความถี่ 140 HZ	34
3.27 รูปกราฟแสดงเอาต์พุตที่ความถี่ 190 HZ	35
3.28 รูปกราฟแสดงเอาต์พุตที่ความถี่ 250 HZ	35
3.29 รูปกราฟแสดงเอาต์พุตที่ความถี่ 330 HZ	36
3.30 รูปกราฟแสดงเอาต์พุตที่ความถี่ 410 HZ	36
3.31 ทดลองป้อนความถี่ที่ต่ำกว่า 50 HZ	37
3.32 เลือกทดลองกีตาร์สาย 6 โดยป้อนความถี่ที่ 62.41 HZ	38
3.33 เลือกทดลองกีตาร์สาย 6 โดยป้อนความถี่ที่ตรง 82 HZ	38
3.34 เลือกทดลองกีตาร์สาย 6 โดยป้อนความถี่ที่ 107.01 HZ	39
3.35 ทดลองต่อ LM293D เข้ากับมอเตอร์	39
3.36 ผลทดลองป้อนอินพุตจากไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อหมุนซ้าย	40
3.37 ผลทดลองป้อนอินพุตจากไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อหมุนขวา	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.38 ผลทดลองป้อนอินพุตจากไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อหยุดหมุน	40
4.1 สัญญาณของกีตาร์สาย 6 และสัญญาณกีตาร์สาย 6 หลังวงจรถยายแรงดัน	41
4.2 สัญญาณของกีตาร์สาย 5 และสัญญาณกีตาร์สาย 5 หลังวงจรถยายแรงดัน	42
4.3 สัญญาณของกีตาร์สาย 4 และสัญญาณกีตาร์สาย 4 หลังวงจรถยายแรงดัน	42
4.4 สัญญาณของกีตาร์สาย 3 และสัญญาณกีตาร์สาย 3 หลังวงจรถยายแรงดัน	43
4.5 สัญญาณของกีตาร์สาย 2 และสัญญาณกีตาร์สาย 2 หลังวงจรถยายแรงดัน	43
4.6 สัญญาณของกีตาร์สาย 1 และสัญญาณกีตาร์สาย 1 หลังวงจรถยายแรงดัน	44
4.7 สัญญาณสาย 6 จาก CH.1 ผ่านวงจรถยายแรงดัน CH.2 ผ่านวงจรถรอง ความถี่แถบผ่าน	45
4.8 สัญญาณสาย 5 จาก CH.1 ผ่านวงจรถยายแรงดัน CH.2 ผ่านวงจรถรอง ความถี่แถบผ่าน	45
4.9 สัญญาณสาย 4 จาก CH.1 ผ่านวงจรถยายแรงดัน CH.2 ผ่านวงจรถรอง ความถี่แถบผ่าน	46
4.10 สัญญาณสาย 3 จาก CH.1 ผ่านวงจรถยายแรงดัน CH.2 ผ่านวงจรถรอง ความถี่แถบผ่าน	46
4.11 สัญญาณสาย 2 จาก CH.1 ผ่านวงจรถยายแรงดัน CH.2 ผ่านวงจรถรอง ความถี่แถบผ่าน	47
4.12 สัญญาณสาย 1 จาก CH.1 ผ่านวงจรถยายแรงดัน CH.2 ผ่านวงจรถรอง ความถี่แถบผ่าน	47
4.13 สัญญาณ FFT ที่กีตาร์สาย 6 ก่อนผ่านวงจรถรองความถี่แถบผ่าน	48
4.14 สัญญาณ FFT ที่กีตาร์สาย 6 หลังผ่านวงจรถรองความถี่แถบผ่าน	48
4.15 สัญญาณ FFT ที่กีตาร์สาย 5 ก่อนผ่านวงจรถรองความถี่แถบผ่าน	49
4.16 สัญญาณ FFT ที่กีตาร์สาย 5 หลังผ่านวงจรถรองความถี่แถบผ่าน	49
4.17 สัญญาณ FFT ที่กีตาร์สาย 4 ก่อนผ่านวงจรถรองความถี่แถบผ่าน	50
4.18 สัญญาณ FFT ที่กีตาร์สาย 4 หลังผ่านวงจรถรองความถี่แถบผ่าน	50
4.19 สัญญาณ FFT ที่กีตาร์สาย 3 ก่อนผ่านวงจรถรองความถี่แถบผ่าน	51
4.20 สัญญาณ FFT ที่กีตาร์สาย 3 หลังผ่านวงจรถรองความถี่แถบผ่าน	51
4.21 สัญญาณ FFT ที่กีตาร์สาย 2 ก่อนผ่านวงจรถรองความถี่แถบผ่าน	52
4.22 สัญญาณ FFT ที่กีตาร์สาย 2 หลังผ่านวงจรถรองความถี่แถบผ่าน	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของงานวิจัยหรือการศึกษานี้ ซึ่งอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.23 สัญญาณ FFT ที่กีตาร์สาย 1 ก่อนผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่าน	53
4.24 สัญญาณ FFT ที่กีตาร์สาย 1 หลังผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่าน	53
4.25 สัญญาณสาย 6 จาก CH.1 ผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่าน CH.2 ผ่าน วงจรเปรียบเทียบแรงดัน	54
4.26 สัญญาณสาย 5 จาก CH.1 ผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่าน CH.2 ผ่าน วงจรเปรียบเทียบแรงดัน	55
4.27 สัญญาณสาย 4 จาก CH.1 ผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่าน CH.2 ผ่าน วงจรเปรียบเทียบแรงดัน	55
4.28 สัญญาณสาย 3 จาก CH.1 ผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่าน CH.2 ผ่าน วงจรเปรียบเทียบแรงดัน	56
4.29 สัญญาณสาย 2 จาก CH.1 ผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่าน CH.2 ผ่าน วงจรเปรียบเทียบแรงดัน	56
4.30 สัญญาณสาย 1 จาก CH.1 ผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่าน CH.2 ผ่าน วงจรเปรียบเทียบแรงดัน	57
4.31 ชิ้นงานประกอบผลิตภัณฑ์เรียบร้อยแล้ว	58
4.32 ทดสอบการใช้งานจริงกับกีตาร์	58
4.33 ไฟ LED เตือนเมื่อมีความถี่น้อยกว่าค่ามาตรฐาน	59
4.34 ไฟ LED เตือนเมื่อมีความถี่มากกว่าค่ามาตรฐาน	59
4.35 ไฟ LED เตือนเมื่อมีความถี่ตรงค่ามาตรฐาน	60
4.36 ทดลองดีดกีตาร์สาย 4 กับเครื่องตั้งสายทั่วไป	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ค่าความถี่ของโน้ต	7
4.1	แสดงความถี่ผลความถี่ทางปฏิบัติและทฤษฎี	61
5.1	แสดงความถี่ผลความถี่ทางปฏิบัติและทฤษฎี	61



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัญหาที่พบบ่อยของผู้เล่นกีตาร์คือสายกีตาร์มีเสียงเพี้ยน ทำให้เกิดความล่าช้าและความไม่สะดวกในการตั้งสายกีตาร์ และ หากใช้มือหมุนลูกบิดก็จะทำให้คลาดเคลื่อนได้อีก จึงเกิดแนวคิดในการสร้างเครื่องตั้งสายกีตาร์อัตโนมัติ แทนการใช้หูของนักดนตรี หรือ ใช้มือหมุนลูกบิด ซึ่งต่างจากเครื่องเทียบเสียงแบบทั่วไป โดยสร้างเครื่องตั้งสายกีตาร์อัตโนมัติจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้เสียงผ่านสายสัญญาณ จากนั้นเครื่องจะทำการหมุนลูกบิดกีตาร์ให้เสียงตรงกับความถี่มาตรฐาน

1.2 วัตถุประสงค์

- 1) ศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์
- 2) ทำเครื่องตั้งสายกีตาร์โดยการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์
- 3) ทำให้เครื่องตั้งสายกีตาร์มีความแม่นยำเมื่อเทียบกับเครื่องตั้งสายมาตรฐาน

1.3 ขอบเขตของโครงการ

ศึกษาเรื่องความถี่ของสายกีตาร์แต่ละเส้นเพื่อใช้เทียบความถี่แล้วนำมาเขียนโปรแกรมผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมมอเตอร์เพื่อหมุนลูกบิดกีตาร์ที่ละเส้น เพื่อใช้งานเป็นเครื่องตั้งสายกีตาร์อัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 Microcontroller (PIC16F88)

2.1.1 ความหมายของ Microcontroller

เป็นอุปกรณ์ไอซี (IC: Integrated Circuit) ที่สามารถทำงานได้ซับซ้อนสามารถรับข้อมูลในรูปสัญญาณดิจิทัลเข้าไปทำการประมวลผลแล้วส่งผลลัพธ์ข้อมูลดิจิทัลออกมาเพื่อนำไปใช้งานตามที่ต้องการได้

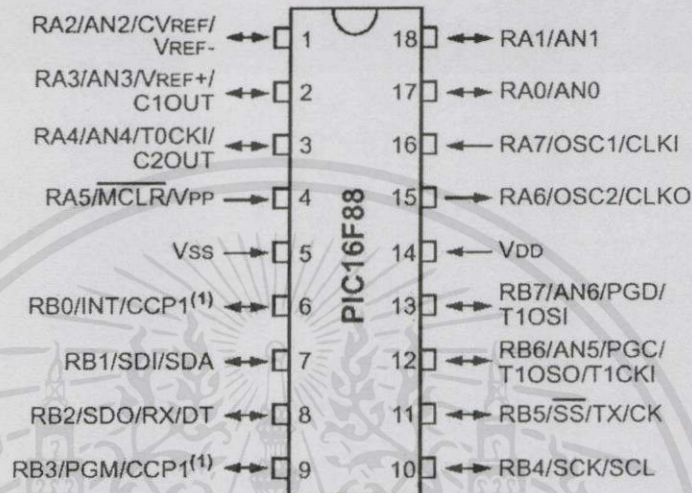
ภายในชิพจะมีหน่วยความจำ, Port อยู่ในชิพเพียงตัวเดียวซึ่งอาจจะเรียกได้ว่า เป็นคอมพิวเตอร์ชิพเดี่ยว ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นไมโครโปรเซสเซอร์ชนิดหนึ่งเช่นเดียวกับหน่วยประมวลผลกลาง (CPU : Central Processing Unit) ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ แต่ได้รับการพัฒนาแยกออกมาภายหลังเพื่อนำไปใช้ในวงจรทางด้านงานควบคุม คือแทนที่ในการใช้งานจะต้องวงจรภายนอกต่างๆ เพิ่มเติมเช่นเดียวกับไมโครโปรเซสเซอร์ก็จะทำการรวมวงจรที่จำเป็น เช่น หน่วยความจำ, ส่วนอินพุท/เอาต์พุท บางส่วนเข้าไปในตัวไอซีเดียวกัน และเพิ่มวงจรบางอย่างเข้าไปด้วย เพื่อให้มีความสามารถเหมาะสมกับการใช้งานควบคุม เช่น วงจรตั้งเวลา, วงจรการสื่อสารอนุกรมวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลเป็น

ความเร็วของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC เบอร์ 16F88 ภาควงของความถี่สัญญาณนาฬิกา ปัจจุบันสามารถทำสัญญาณนาฬิกาได้ที่ 20 MHz ซึ่งทำให้หนึ่งคำสั่งของ PIC ใช้เวลาเพียง 0.25 μ sec แต่อย่างไรก็ตามได้มีบริษัทอื่นได้ซื้อลิขสิทธิ์ PIC จากไมโครชิพและได้สร้างชิพที่มีความเร็วได้มากกว่าเดิมขึ้นไปอีกหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC เบอร์ 16F88 ในอดีตหน่วยความจำของ PIC จะค่อนข้างน้อย คืออยู่ระหว่าง 512 Words ถึง 4K Words แต่ในปัจจุบันการนับขนาดของหน่วยความจำของ PIC จะนับไม่เหมือนปกติโดยที่หนึ่งคำสั่งของ PIC จะมีขนาด 14 Bit ดังนั้น 1 Word ของ PIC จะมีขนาด 14 bits เช่น PIC16F84A ระบุว่ามีความจำ 1K (ซึ่งหมายถึง 1 K word ถ้าคำนวณให้เป็นแบบ 1 Byte เท่ากับ 8 bit จะได้ว่า $1 \times 1,024 \times 14 = 14,336$ Bits ดังนั้นก็คือ $14,336 / (8 \times 1,024) = 1.75$ kBytes นั่นเอง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 โครงสร้างของ Microcontroller PIC16F88

2.1.2.1 การจัดวางขาของ Microcontroller PIC16F88



รูปที่ 2.1 การจัดวางขาของ Microcontroller PIC16F88

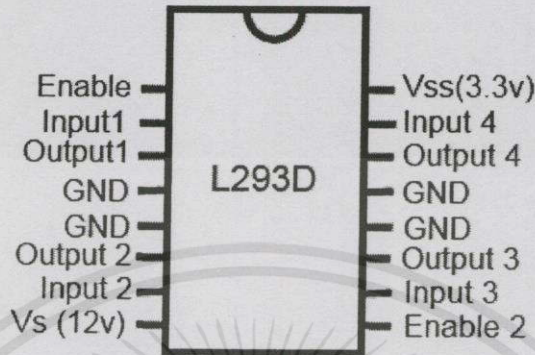
2.2 L293D (Quadruple Half-H Drivers)

2.2.1 ลักษณะทั่วไปของ L293D

เป็นอุปกรณ์ขับมอเตอร์ลักษณะ H-Bridge โดยสามารถจ่ายแรงขับได้พร้อมกัน 2 ตัว มีกระแสให้มอเตอร์สูงสุด 1 แอมแปร์ และมีแรงดันให้ขับมอเตอร์ 4.5 – 36 โวลต์ อุปกรณ์นี้ถูกออกแบบให้สามารถขับแรงดันให้กับรีเลย์ ดีซีมอเตอร์และ Step-Motor หรืออุปกรณ์อื่นๆที่ใช้กระแสหรือแรงดันไหลสูง

การรับอินพุตนั้นจะรับเป็นสัญญาณ TTL ซึ่งจะสัมพันธ์กับพอร์ตเอาต์พุต และเอาต์พุตประกอบไปด้วย 4 พอร์ตซึ่งจำเป็นต้องจ่ายแรงดันที่พอร์ต Enable ทั้ง 4 พอร์ตเพื่อการใช้งานของพอร์ตเอาต์พุต การทำงานนั้นเมื่อพอร์ตอินพุตมีสถานะ Enable จะมีการส่งการทำงานไปที่พอร์ตเอาต์พุตในการสั่งขับมอเตอร์ที่พอร์ตนั้นๆ

2.2.2 การจัดวางขาของ L293D

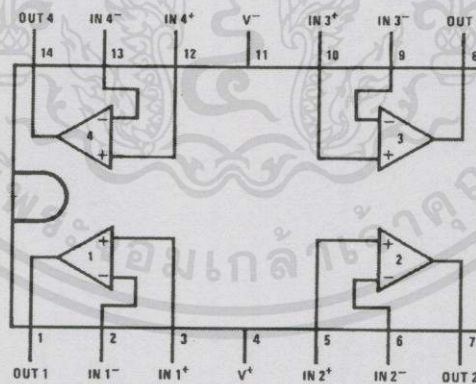


รูปที่ 2.2 การจัดวางขาของ L293D

2.3 LF347 (Wide Bandwidth Quad JFET Input Operational Amplifier)

2.3.1 ลักษณะทั่วไปของ LF347

เป็นอุปกรณ์ที่มี JFET ภายใน 4 ตัว สามารถให้แบนด์วิดท์ที่มีอัตราขยายสูง นอกจากนั้นด้วยเหตุที่ออปแอมป์ใช้ JFET เป็นอินพุตจึงทำให้ออปแอมป์มีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงกว่าออปแอมป์ทั่วไปอีกด้วย จึงสามารถนำ LF347 มาใช้สร้างวงจรขยายแรงดัน วงจรกรองสัญญาณช่วงความถี่ และวงจรเปรียบเทียบแรงดัน



รูปที่ 2.3 การจัดวางขาของ LF347

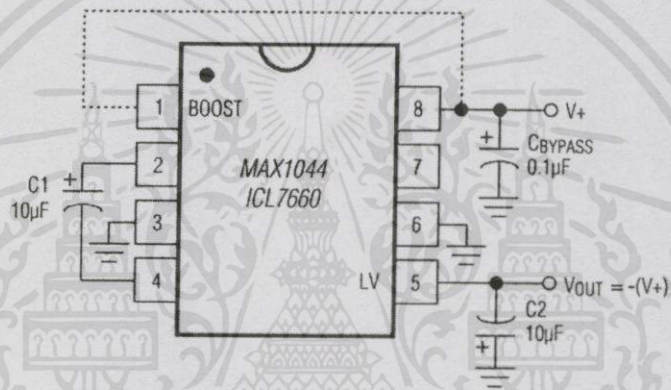
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 MAX1044

2.4.1 ลักษณะทั่วไปของ MAX1044

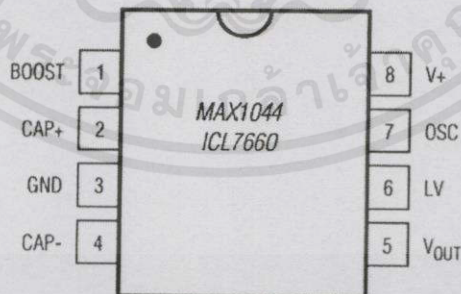
ทำหน้าที่เป็นตัวแปลงแรงดันโดยใช้สวิทช์ตัวเก็บประจุที่สามารถแปลงแรงดันด้วยกรทวิค่า ทารและคุณแรงดันให้กับแรงดันบวกที่รับเข้ามา มีการรองรับการทำงานที่แรงดันตั้งแต่ 1.5 โวลต์ ถึง 10 โวลต์ โดยจ่ายกระแสด้านเอาต์พุต 10 มิลลิแอมแปร์ และมีแรงดันเอาต์พุตเป็นค่าลบของค่าแรงดันที่รับเข้ามาเพื่อทำการแปลงค่าแรงดัน

การแปลงแรงดันบวกให้เป็นแรงดันลบของ MAX1044 ใช้การต่อกับตัวเก็บประจุภายนอกดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.4 การต่อเพื่อแปลงแรงดันบวกเป็นลบ

2.4.2 การจัดวางขาของ MAX1044



รูปที่ 2.5 การจัดวางขาของ MAX1044

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 LM7805

2.5.1 ลักษณะทั่วไปของ LM7805

เป็นอุปกรณ์แรงดันด้านบวก 3 ขาสามารถใช้ในการปรับเปลี่ยนแรงดันหลายค่า อุปกรณ์ภายในมีการกำหนดค่าจำกัดของค่ากระแสหรือความร้อนเมื่อมีค่าเกินออกไปกว่าที่กำหนด โดยทั่วไปอุปกรณ์จะมีค่าแรงดันที่ถูกกำหนดไว้อยู่แล้วแต่ก็สามารถปรับเปลี่ยนสำหรับการใช้งานที่แตกต่างออกไปได้กับอุปกรณ์ภายนอก



รูปที่ 2.6 ลักษณะทั่วไปของ LM7805

2.6 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

2.6.1 ความหมายของมอเตอร์

เป็นเครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่ง que เปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกลมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานกลที่มีพลังงานไฟฟ้า กระแสสลับและพลังงานไฟฟ้า กระแสตรง

2.6.2 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน

2.6.2.1 ส่วนที่อยู่กับที่หรือที่เรียกว่าสเตเตอร์ (Stator)

ประกอบด้วยเฟรมหรือโยค (Frame or Yoke) เป็นโครงภายนอกทำหน้าที่เป็นทางเดินของ เส้นแรงแม่เหล็กจากขั้วเหนือไปขั้วใต้ให้ครบวงจรและยึดส่วนประกอบอื่นๆ ให้แข็งแรง ด้วยเหล็กหล่อหรือเหล็กแผ่นหนาม้วนเป็นรูปทรงกระบอก

2.6.2.2 ส่วนที่หมุน (Rotor)

ตัวหมุนหรือเรียกว่าโรเตอร์ ตัวหมุนนี้ทำให้เกิดกำลังงานมีแกนวางอยู่ในตลับลูกปืนซึ่งประกอบอยู่ในแผ่นปิดหัวท้ายของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ความถี่ของโน้ตกีตาร์

ค่าความถี่โน้ตเป็นค่าต่างๆโดยประกอบด้วยโน้ต C D E G A B C โดยมีโน้ต C ต่ำและ C สูงเป็นค่า Octave กันหรือห่างกัน 8 ช่วงเสียง นอกจากนั้นมีเครื่องหมายโน้ตคือชาร์ป (#) และแฟลต (b) เป็นเครื่องหมายที่ทำให้โน้ตมีเสียงที่ต่ำหรือสูงกว่าไปครึ่งเสียงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ค่าความถี่ของโน้ต [4]

Note	Hz	Note	Hz	Note	Hz	Note	Hz	Note	Hz	Note	Hz	Note	Hz
C1	32.7	C2	65.4	C3	130.8	C4	261.6	C5	523.3	C6	1046.5	C7	2093.0
C#1	34.6	C#2	69.3	C#3	138.6	C#4	277.2	C#5	554.4	C#6	1108.7	C#7	2217.5
D1	36.7	D2	73.4	D3	146.8	D4	293.7	D5	587.3	D6	1174.7	D7	2349.3
D#1	38.9	D#2	77.8	D#3	155.6	D#4	311.1	D#5	622.3	D#6	1244.5	D#7	2489.0
E1	41.2	E2	82.4	E3	164.8	E4	329.6	E5	659.3	E6	1318.5	E7	2637.0
F1	43.7	F2	87.3	F3	174.6	F4	349.2	F5	698.5	F6	1396.9	F7	2793.8
F#1	46.2	F#2	92.5	F#3	185.0	F#4	370.0	F#5	740.0	F#6	1480.0	F#7	2960.0
G1	49.0	G2	98.0	G3	196.0	G4	392.0	G5	784.0	G6	1568.0	G7	3136.0
G#1	51.9	G#2	103.8	G#3	207.7	G#4	415.3	G#5	830.6	G#6	1661.2	G#7	3322.4
A1	55.0	A2	110.0	A3	220.0	A4	440.0	A5	880.0	A6	1760.0	A7	3520.0
A#1	58.3	A#2	116.5	A#3	233.1	A#4	466.2	A#5	932.3	A#6	1864.7	A#7	3729.3
B1	61.7	B2	123.5	B3	246.9	B4	493.9	B5	987.8	B6	1975.5	B7	3951.1

2.8 คำสั่งภาษาซีสำหรับโปรแกรม

2.8.1 If

คำสั่งที่ใช้ในการตรวจสอบเงื่อนไขในภาษาซี คำสั่งแรกที่เราจะเรียนรู้กันก็คือ If (แปลว่า “ถ้า”) นั่นคือเราจะใช้ If เพื่อตรวจสอบผลของการเปรียบเทียบว่าเป็น “จริง” หรือ “เท็จ” ถ้า เป็นจริง จะให้ทำอะไรต่อไป และถ้าเป็นเท็จ จะให้ทำอะไรต่อไป รูปแบบการเขียน If (การเปรียบเทียบ) {ชุดคำสั่ง Statement ;}

2.8.2 While

การทำซ้ำด้วยคำสั่ง While เป็นคำสั่งทำซ้ำแบบหนึ่งในภาษาซี ที่นิยมใช้ในกรณีที่ใช้ตรวจสอบเงื่อนไขว่าเป็นจริงก็จะทำซ้ำ แต่ถ้าเงื่อนไขเป็นเท็จก็จะหลุดออกจากการทำซ้ำ ซึ่งเงื่อนไขที่ตรวจสอบนี้อาจจะใช้ในกรณีที่รู้จำนวนรอบแน่นอนเช่น ตั้งแต่ a=1 ถึง a=10 หรือไม่รู้จำนวนรอบแน่นอน เช่นทำซ้ำในขณะที่ตัวแปร Answer = 'y' ลักษณะเด่นอย่างหนึ่งของคำสั่ง While คือ จะตรวจสอบเงื่อนไขก่อนว่าเป็นจริงหรือเท็จ ซึ่งในการตรวจสอบครั้งแรก ถ้าเงื่อนไขตรวจสอบเป็นเท็จก็จะไม่เข้าไปทำในวนรอบของการทำซ้ำเลยก็ได้ แต่ในทำนองเดียวกัน ถ้าตัวตรวจสอบเงื่อนไขเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จริงตลอด ก็จะทำซ้ำไปไม่สิ้นสุดก็ได้ ซึ่งผู้เขียนโปรแกรมจะต้องระมัดระวัง จะต้องเขียนโปรแกรมให้มีโอกาสออกจากการวนรอบทำซ้ำให้ได้รูปแบบการเขียน While {ชุดคำสั่ง Statement ;}

2.8.3 Break

เป็นคำสั่งสำหรับหยุดคำสั่งที่วนอยู่ในลูปให้ออกลูปไม่ว่าจะกรณีใดๆ

2.8.4 Timer

ใช้เป็น Timer/Counter ขนาด 8-bit (00-FFh) รีจิสเตอร์ Timer0 สามารถเขียนอ่านได้มีตัวหาร (Prescaler) ขนาด 8-bit คือสามารถเลือกอัตราส่วนเป็น 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256 และตัวเพิ่มค่า (Postscaler) เวลาสำหรับ Watchdog สามารถเลือกอัตราส่วนเป็น 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 โดยสามารถเลือกให้ทำงานได้อย่างใดอย่างหนึ่งสามารถเลือกแหล่งสัญญาณนาฬิกาจากภายใน หรือภายนอกผ่านขา RA4/T0CKI มี Interrupt เมื่อการนับเปลี่ยนจาก FFh ไปเป็น 00h (Overflow) เมื่อใช้แหล่งสัญญาณนาฬิกาจากภายนอก สามารถเลือกได้ว่าจะนับที่ขอบขาขึ้นหรือขาลง

หลักการใช้งาน Timer0 เป็นตัวตั้งเวลา (Timer) สัญญาณนาฬิกาที่ได้ จะได้จากสัญญาณนาฬิกาจากภายใน โดยจะมีความถี่เท่ากับ $F = f_{osc}/4$ การเพิ่มขึ้นของ Timer0 จะเพิ่มขึ้นตามจิ้งจิวของสัญญาณนาฬิกาจากภายใน หากมีการเขียนข้อมูล TMRO ด้วยฟังก์ชัน set_timer0(); จะทำให้ Timer0 หยุดไป 2 Cycle และไม่สามารถอ่านได้ในช่วงนี้

2.8.5 If-else

คำสั่ง If ในรูปแบบแรกจะคำสั่งที่ต้องทำทั้งในกรณีที่เงื่อนไขเป็นจริงและเป็นเท็จ โดยใช้นิพจน์ตรรกศาสตร์มาเป็นเครื่องมือช่วยในการตรวจสอบเงื่อนไข มีรูปแบบคำสั่ง คือ if เป็นคำสั่งที่ 1 และ else คำสั่งที่ 2

2.8.6 Char

การกำหนดตัวเลข ซึ่งเก็บตั้งแต่ -128 ถึง 127 แต่ในคอมพิวเตอร์ตัวเลขจะถูกแทนค่าด้วยตัวอักษร ซึ่งในภาษาอังกฤษจะมีค่าอยู่ในช่วง 30 ถึง 127 โดยค่าตัวอักษรเรียกว่ารหัส ASCII จึงนิยมเอา Char มาเก็บตัวอักษร

2.8.7 Int

การกำหนดตัวแปรของตัวเลขตั้งแต่ -256 ถึง 256

2.8.8 Int16

การกำหนดตัวแปรของตัวเลขตั้งแต่ -32768 ถึง 32767

2.8.9 Byte

การกำหนดตัวแปรของตัวเลขตั้งแต่ 0 ถึง 255

2.8.10 Delay

คำสั่งใช้หน่วงเวลาโดยให้สร้าง Loop ให้หยุดรอเวลา t (มิลลิวินาที) และ t ต้องเป็น

ข้อมูลหรือตัวแปรแบบ Integer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.11 gotoxy()

ใช้เลื่อน Cursor ไปยังตำแหน่งต่างๆบนจอภาพรูปแบบ gotoxy (คอลัมน์,แถว)
คอลัมน์ 1-80 แถว 1-25 เช่น gotoxy (20-12)

2.9 LCD

แอลซีดี หรือ Liquid Crystal Display เป็นอุปกรณ์ที่ใช้แสดงผลเป็นหน่วยของระบบ ไมโครคอนโทรลเลอร์มีอยู่หลายชนิดหน่วยแสดงผลแบบแอลซีดีที่มีโครงสร้างเป็นดอตเมทริกซ์ (LCD Dot Matrix) เป็นอุปกรณ์อีกชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาใช้เนื่องจากหน่วยแสดงผลที่กินพลังงานต่ำ เหมาะกับระบบที่ต้องการพลังงานจากแบตเตอรี่ นอกจากนี้ยังเป็นอุปกรณ์ขนาดเล็กมีความละเอียดสูงสามารถแสดงตัวอักษรและรูปภาพได้หลายแบบ การที่จะทำให้แอลซีดีแต่ละดอตสว่างเป็นรูปร่างหรือตัวอักษรต่าง ๆ นั้นจะต้องใช้วงจรที่มีความซับซ้อน ในปัจจุบันยังมีการสร้างเป็นบอร์ดแอลซีดีสำเร็จรูป (LCD Module) เพื่อสะดวกต่อการใช้งาน โดยโครงสร้างภายในประกอบด้วยจอแบบแอลซีดีวงจรขับสัญญาณ และตัวควบคุม แอลซีดีการทำให้ออร์ดแอลซีดีแสดงผลลักษณะต่างๆ จะทำได้โดยการเขียนคำสั่งควบคุมและเขียนข้อมูลให้กับแอลซีดี

2.9.1 ประเภทของ LCD

1) Seven Segment LCD หรือแอลซีดีแบบเลข 7 ส่วนหรือหลายๆ ส่วนแล้วแต่ผู้ผลิตจะกำหนดจอแอลซีดีแบบ Seven segment จะถูกใช้งานอย่างแพร่หลาย ข้อดีคือไม่ต้องใช้การแสดงผลตัวเลขทางผู้ผลิตจะเป็นผู้กำหนดให้ สำหรับวงจรที่ใช้ขับแอลซีดีจะเป็นวงจรรวมหรือ IC จำพวกตระกูล ICLXXXX

2) Dot Matrix LCD มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายเพราะสามารถกำหนดรูปแบบการแสดงผลได้แต่จะต้องต่อร่วมกับ Microcontroller ซึ่งแอลซีดีประเภทนี้จะถูกใช้งานอย่างแพร่หลาย สำหรับ Dot Matrix LCD จะมี LCD Microcontroller อยู่ภายในตัว ตัวอย่างเช่น LCD 8x2, LCD 16x2 เป็นต้น

3) Graphic LCD เป็นแอลซีดีที่สามารถแสดงทั้งภาพและตัวอักษรได้โดยที่ผู้ใช้จะต้องเขียนโปรแกรมกำหนดรูปแบบตัวอักษรเองก่อนที่จะทำการเขียนโปรแกรมสำหรับเชื่อมต่อกับแอลซีดีซึ่งจะต้องทำการสร้างวงจรสำหรับเชื่อมต่อกับแอลซีดีก่อน

2.9.2 โครงสร้างทั่วไปของ LCD

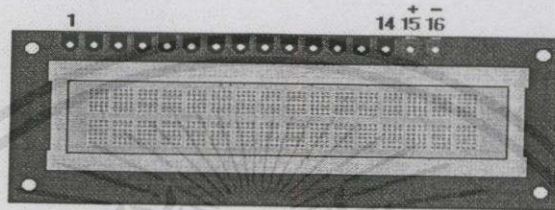
หน่วยแสดงผลแบบ LCD Module ที่พบทั่วไปในท้องตลาดจะมีโครงสร้างที่สะดวกต่อการใช้งาน โดยส่วนประกอบทั่วไป แสดงดังรูป 2.7 ขาของ LCD Module ประกอบด้วย

- 1) ขา V_{DD} ขานี้จะต่อกับแหล่งจ่ายไฟ +5 โวลต์
- 2) ขา V_{SS} ขานี้จะต่อกับกราวด์ของแหล่งจ่ายไฟ
- 3) ขา V_C ขานี้เป็นขาที่ควบคุมความสว่างของแอลซีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ขา R_S เป็นขาใช้ควบคุมรีจิสเตอร์ภายในหน่วยควบคุม เนื่องจากมีรีจิสเตอร์อยู่ 2 ประเภทคือ รีจิสเตอร์ข้อมูล (Data Register) และรีจิสเตอร์คำสั่ง (Command Register) ถ้าหากขานี้เป็นลอจิก "0" หมายความว่าเลือกรีจิสเตอร์ข้อมูล ถ้าเป็นลอจิก "1" หมายความว่าเลือกรีจิสเตอร์คำสั่ง

5) ขา R/W เป็นขาสัญญาณที่ใช้เลือกว่าจะอ่านหรือเขียนข้อมูลให้กับ LCD ถ้าเป็นลอจิก "0" หมายความว่าอ่านข้อมูล แต่ถ้าเป็นลอจิก "1" หมายความว่าเขียนข้อมูล



รูปที่ 2.7 โครงสร้างทั่วไปของ LCD Module

2.10 เครื่องคอมพิวเตอร์

เครื่องคอมพิวเตอร์นับเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ ปัจจุบันคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นิยมใช้มีอยู่ 2 ประเภทคือ คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลและคอมพิวเตอร์พกพา ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์เหล่านี้ จะใช้ในการติดตั้งและใช้งานซอฟต์แวร์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น โปรแกรม Text Editor, โปรแกรมคอมไพเลอร์, ไมโครคอนโทรลเลอร์, โปรแกรมควบคุมบอร์ด, โปรแกรมจำลองการทำงานของวงจร เป็นต้น

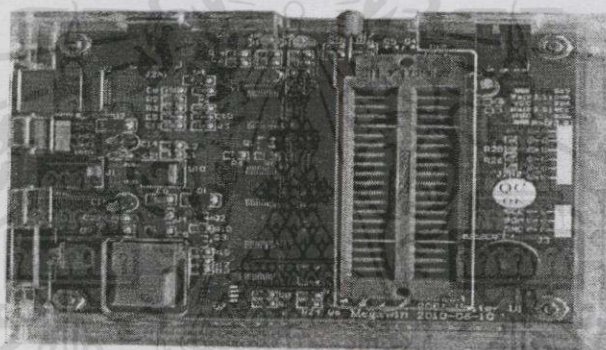


รูปที่ 2.8 เครื่องคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 บอร์ดโปรแกรม Microcontroller

บอร์ดโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์คือ บอร์ดที่ทำหน้าที่นำไฟล์ .HEX ที่ได้จากการคอมไพล์โปรแกรมมาโปรแกรมเข้าไปที่ หน่วยความจำโปรแกรมของชิพไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้ซอฟต์แวร์บนเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมกระบวนการโปรแกรมของบอร์ดโปรแกรมซึ่งอาศัยการสั่งการทำงานของบอร์ดจากคอมพิวเตอร์ได้หลายแบบ เช่น การโปรแกรมผ่านพอร์ตอนุกรม การโปรแกรมผ่านพอร์ตขนาน และการโปรแกรมผ่านพอร์ต USB ทั้งนี้รูปแบบการโปรแกรมจะขึ้นอยู่กับลักษณะของบอร์ดโปรแกรมนั้นๆ นอกจากนั้นแล้ว ในปัจจุบันมีการโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ในรูปแบบที่ไม่จำเป็นต้องถอดชิพออกจากวงจรด้วย หรือที่เรียกว่า ISP (In-System Programming) ซึ่งช่วยอำนวยความสะดวกในการพัฒนาโปรแกรมบนไมโครคอนโทรลเลอร์ได้เป็นอย่างดี

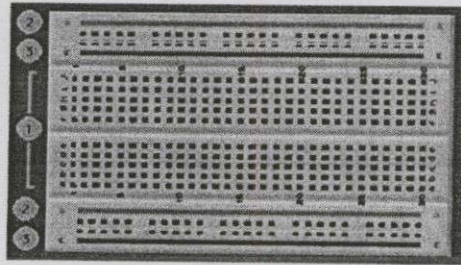


รูปที่ 2.9 บอร์ดโปรแกรม Microcontroller 40 ขา

2.12 โปรโตบอร์ด

ในการสร้างชิ้นงานทางอิเล็กทรอนิกส์โดยเฉพาะในงานไมโครคอนโทรลเลอร์หลังจากที่ทำการอัดโปรแกรมชิพโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์แล้ว ก็จำเป็นต้องต้องมีการต่อวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ภายนอก เพื่อทดสอบว่าโปรแกรมที่เขียนขึ้นทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถทำงานได้หรือไม่ซึ่งโปรโตบอร์ดดังรูปที่ 2.10 จะอำนวยความสะดวกให้สำหรับขั้นตอนนี้ เพราะสามารถใช้สายไฟอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ และชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อรวมกันเป็นวงจรได้โดยไม่ต้องอาศัยการบัดกรีเหมือนกับการต่อวงจรบนแผ่นวงจรพิมพ์ (PCB) ทำให้แก้ไขวงจร และโปรแกรมได้ง่ายเพราะไม่แน่ใจว่าโปรแกรมที่เขียนขึ้นและวงจรจะให้ฟังก์ชันตามที่ต้องการ เมื่อได้ฟังก์ชันการทำงานที่ถูกต้องแล้วจึงค่อยนำอุปกรณ์ทั้งหมดติดลงบนแผ่นวงจรพิมพ์เพื่อให้ได้ชิ้นงานตามที่ต้องการ

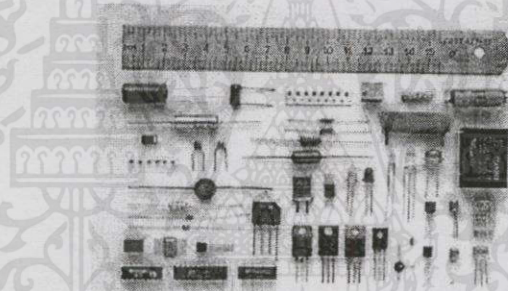
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 โปรโตบอร์ด

2.13 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ

อุปกรณ์อื่นๆเช่น ตัวต้านทาน, ตัวเก็บประจุ, LCD, LED, สายไฟ รวมถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมต่อต่างๆ ซึ่งอุปกรณ์ประเภทนี้จะใช้งานมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการออกแบบเพื่อนใช้งานในด้านต่างๆ



รูปที่ 2.11 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ

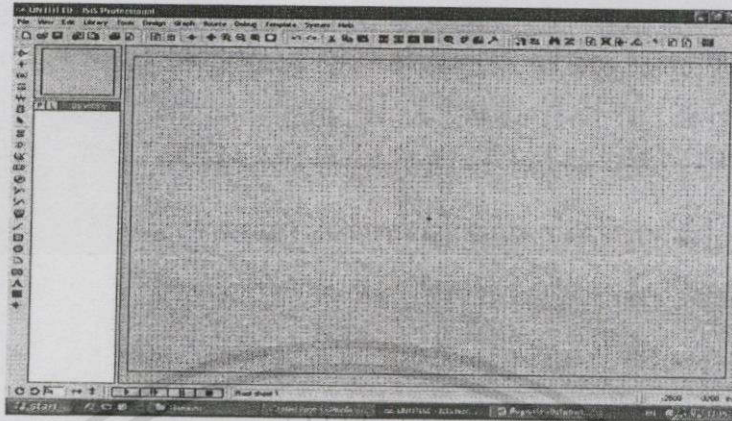
2.14 โปรแกรมจำลองการทำงาน PROTEUS

โปรแกรม Proteus เป็นโปรแกรมที่มีความสามารถมากอีกโปรแกรมหนึ่งในงานด้านอิเล็กทรอนิกส์ เพราะสามารถออกแบบวงจรไฟฟ้าได้ พร้อมทั้งสามารถจำลองการทำงานและออกแบบลายพิมพ์ของวงจรได้ ความสามารถที่โดดเด่น Proteus นั้นจะกล่าวได้ว่าเป็นโปรแกรมที่สามารถจำลองพฤติกรรม (simulator) การทำงานของวงจรที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ต่างๆได้มากมายโดยไม่ต้องประกอบวงจรให้เสียเวลาเพื่อพิสูจน์ว่าโปรแกรมที่เขียนขึ้นว่าใช้งานได้หรือไม่

ความเป็นมาของโปรแกรม Proteus หรือ Proteus VSN (Virtual System Modelling) เป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นโดยบริษัทแลบเซ็นเตอร์อิเล็กทรอนิกส์จำกัด (Labcenter Electronics Ltd.) ที่ประเทศอังกฤษ โปรแกรม Proteus มีชื่อเต็มว่า Labcenter Electronics Proteus ซึ่งภายในโปรแกรมจะประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 2 ส่วนคือ ISIS และ ARES โปรแกรม Proteus จะมีอยู่หลายเวอร์ชันให้เลือกใช้งาน ซึ่งเวอร์ชันในปัจจุบัน คือ เวอร์ชัน 7.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 แสดงการเปิดโปรแกรม ISIS 6 Professional

2.14.2 อธิบายการทำงาน Proteus

2.14.2.1 การปรับขนาดพื้นที่ในการวาดใน Editing Window

- 1) ใช้ Mouse กำหนดจุดบนพื้นที่ที่ต้องการแล้วกดปุ่ม F5
- 2) กดปุ่ม SHIFT ค้างไว้แล้วลาก Mouse ไปตามขอบของ Editing Window เพื่อจะแพนขึ้น ลง ซ้าย ขวา เราเรียกวีธีนี้ว่า Shift Pan
- 3) ในกรณีที่เราต้องการเลื่อน Editing Window ไปที่ตำแหน่งอื่นของวงจรให้เลือกจุดศูนย์กลางของบริเวณใหม่แล้วกด LMB

2.14.2.2 การปรับสเกลของรูปวงจรที่อยู่ใน Editing Window

- 1) เลื่อนเมาส์ไปตำแหน่งที่ต้องการขยายเข้าหรือออกแล้วกด F6 หรือ F7 ตามลำดับ
- 2) กด F8 เพื่อให้แสดงวงจรทั้งรูป
- 3) กดปุ่ม SHIFT ค้างไว้แล้วสร้างกรอบรอบบริเวณที่ต้องการขยาย เราเรียกวีธีนี้ว่า Shift Zoom

เราสามารถใช้อำสั่ง Grid ในเมนู View เพื่อจะปรับเส้นกริดที่มีลักษณะเป็นจุดใน Editing Window โดยการกด 'G' หรือเลือก Grid Icon บน Toolbar

ได้ Overview Window (ด้านซ้าย) จะมีไอคอนเรียงกันแสดง Object Selector ซึ่งเราจะใช้ในการเลือกอุปกรณ์ สัญลักษณ์ และอื่นๆ

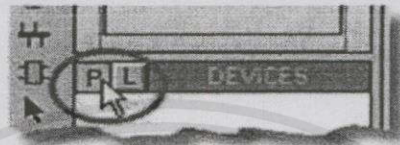
ที่มุมขวาล่างของจอจะแสดงพิกัดของ Mouse พิกัดเหล่านี้จะมีความละเอียดถึง 1000 จุด และมีจุดกำเนิดอยู่ที่จุดศูนย์กลางของกรอบรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.14.3 วิธีการวาดวงจรพื้นฐานใน Proteus

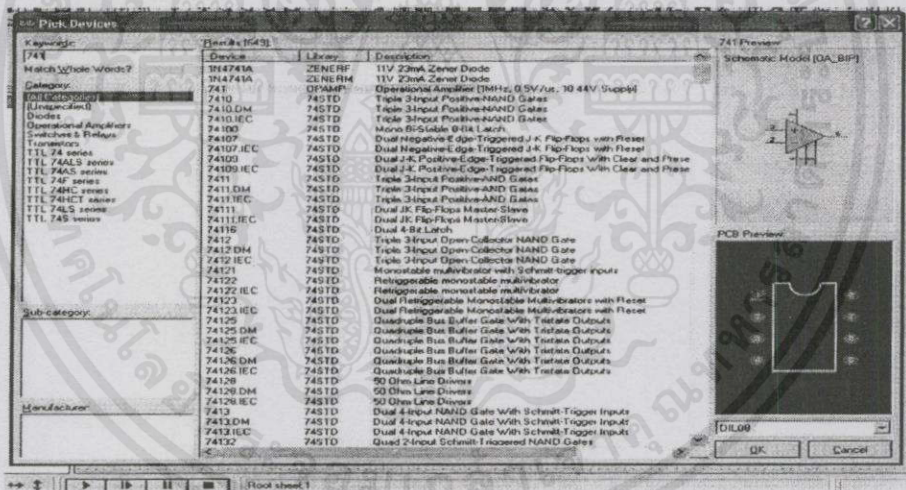
2.14.3.1 การเลือกอุปกรณ์ต่างๆจาก Library

กด 'P' ที่มุมซ้ายบนของ Object Selector จะพบหน้าจอ Device Library Browser ที่ไว้สำหรับเลือกอุปกรณ์



รูปที่ 2.14 การเลือกอุปกรณ์ในโปรแกรม Proteus

เราสามารถเลือกอุปกรณ์ได้อีกวิธีหนึ่งโดยการเลือกจาก Icon Browse Library หรือ กำหนด ปุ่ม Shortcut ซึ่งข้อมูลที่แสดงออกมานั้นจะมีทั้งข้อมูลอุปกรณ์ สัญลักษณ์ และรูปร่างของอุปกรณ์ในแบบ PIC

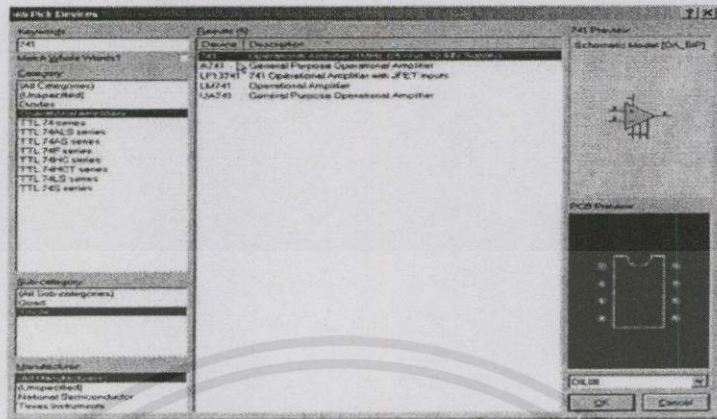


รูปที่ 2.15 ตัวอย่างการเลือกอุปกรณ์ในโปรแกรม Proteus

2.14.3.2 เลือกอุปกรณ์ที่ต้องการจาก Device Library

ถ้าเรารู้ชื่ออุปกรณ์ ก็ให้ใส่ลงไป เช่น ลองใส่ '741' ลงไปในช่อง Keywords จะปรากฏอุปกรณ์ที่มีชื่อหรือส่วนของชื่อเป็น '741' แต่เราสามารถที่จะเลือกให้แคบลงไปอีก ในที่นี้ให้เลือก 'Operational Amplifiers' ดังที่แสดงในรูปดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้คิดเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 การค้นหาอุปกรณ์ในโปรแกรม Proteus

จากนั้นให้ดับเบิลคลิกบนอุปกรณ์ที่เราต้องการเพื่อเลือกอุปกรณ์นั้นไปไว้ใน Object Selector ดังแสดงในรูปถัดไป



รูปที่ 2.17 การเลือกอุปกรณ์ที่ค้นหาแล้ว

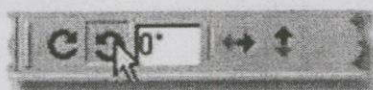
ในส่วนของตัวความต้านทานบ้าง เราต้องการความต้านทานหลายตัวคือ 1 K, 9K, และ 470K โอห์ม ลองค้นหาโดยใช้วิธีเดิมคือใส่ Keyword เข้าไปว่า '1K' จะเห็นรายการของอุปกรณ์ที่คำว่า 1K ประกอบอยู่มากมาย ให้เลือก 'MINRES1K' มาใส่ไว้ใน Object Selector ถ้าเราใส่ Keyword ให้แคบลงไปอีกเช่น 'MINRES1' จะเห็นว่าจำนวนอุปกรณ์จะมีให้เลือกน้อยลง คัดอุปกรณ์ที่ไม่ตรงกับ Keyword ทิ้งไป

วิธีที่ง่ายกว่านี้อาจทำได้โดยการค้นหาผ่านระบบดัชนี ซึ่งมีประโยชน์มากในกรณีที่ไม่แน่ใจหรือไม่ทราบชื่อของอุปกรณ์ ให้ลองลบข้อความในช่อง Keyword ออกแล้วเลือก category 'Resistors' จากนั้นเลื่อนลงไปจนพบ MINRES เลือก 1K, 9K1, และ 470K ออกมา

2.14.3.3 การวางอุปกรณ์ลงในหน้าจอ

เริ่มจาก เลือก '741' จาก Object Selector ให้สังเกตว่าใน Overview Window จะแสดงรูปอุปกรณ์ที่ต้องการ และแสดงการวางตัวของอุปกรณ์ ซึ่งเราสามารถจะทำการหมุนหรือเอียงส่วนนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลิกได้โดยใช้ Icon Rotation หรือ Mirror ตามลำดับ จากนั้นกด LMB ค้างไว้แล้วลาก mouse ไปที่จุดกึ่งกลางของ Editing Window จากนั้นจึงปล่อย จากนั้นทำการวางอุปกรณ์ที่เหลือลงไปสำหรับตัวความต้านทาน 1K และ 470K ซึ่งต้องวางตัวตามแนวตั้ง ให้กด LMB ที่ Icon Rotation ทวนเข็มนาฬิกา ดังแสดงข้างล่างนี้



รูปที่ 2.18 แสดงการจัดวางการหมุนอุปกรณ์

การเลื่อนอุปกรณ์ทำได้โดยการ 'tag' ซึ่งหมายถึงการนำ 'mouse' ไปชี้ที่ตัวอุปกรณ์ แล้วกด RMB จะพบว่าอุปกรณ์จะถูกไฮไลต์ด้วยสีแดง จากนั้นกด LMB ค้างไว้แล้วลากอุปกรณ์ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ จากนั้นค่อยปล่อย LMB ถ้าต้องการลบอุปกรณ์ทำได้โดยการไฮไลต์และกด RMB ซ้ำอีกครั้งหนึ่ง ถ้าเปลี่ยนใจให้กด Undo บนเมนู Edit เราสามารถปรับแนวการวางตัวของอุปกรณ์ได้โดยการ Tag แล้วค่อยกดปุ่ม Rotation หรือ Mirror

เมื่อวางอุปกรณ์เสร็จแต่ละตัวให้ชี้ Mouse ไปที่ที่ว่างใน Editing Window แล้วกด RMB เพื่อให้การ Tag อุปกรณ์หายไป

2.15 คริสตอลออสซิลเลเตอร์

คือแหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถทำงานได้ ถ้าเป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาภายในก็จำเป็นสัญญาณจากออสซิลเลเตอร์ที่อยู่ภายใน ส่วนถ้าเป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาจากภายนอก ก็จะใช้ออสซิลเลเตอร์กับตัวเก็บประจุอีก 2 ตัว ต่อเข้ากับขา XTAL1 และ XTAL2



รูปที่ 2.19 คริสตอลออสซิลเลเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.16 แหล่งจ่ายไฟ

ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำงานก็ได้ต้องมีแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงให้กับมันรวมไปจนถึงจ่ายให้กับวงจรที่ถูกต้องอยู่ร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์อีกด้วย โดยไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละตัวจะมีระดับแรงดันไฟเลี้ยงที่ต้องการระบุอยู่ใน Datasheet อยู่แล้ว



รูปที่ 2.20 แหล่งจ่ายไฟ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

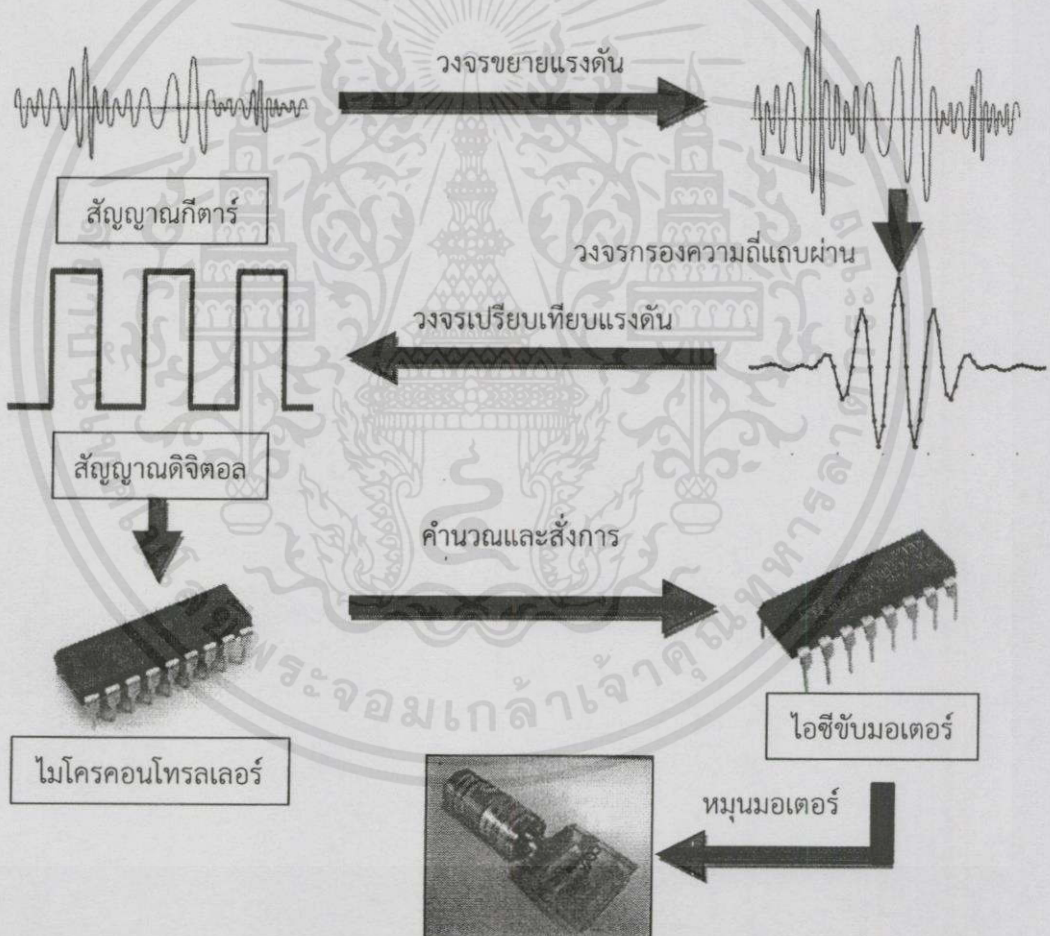
บทที่ 3

การออกแบบและการจัดทำปริญญาบัตร

3.1 การออกแบบ

3.1.1 การออกแบบฮาร์ดแวร์

ในการแปลงความถี่สัญญาณเสียงกีตาร์ให้เป็นสัญญาณอนาล็อกนั้นต้องใช้วงจรต่างๆที่ทำงานร่วมกัน เพื่อให้ได้ผลเป็นพัลส์สัญญาณเพื่อให้นำค่าไปใช้ในการประมวลผลผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อหมุนมอเตอร์สำหรับลูกบิดกีตาร์ต่อไปโดยมีบล็อกไดอะแกรมของวงจรรวม ดังรูปที่ 3.1

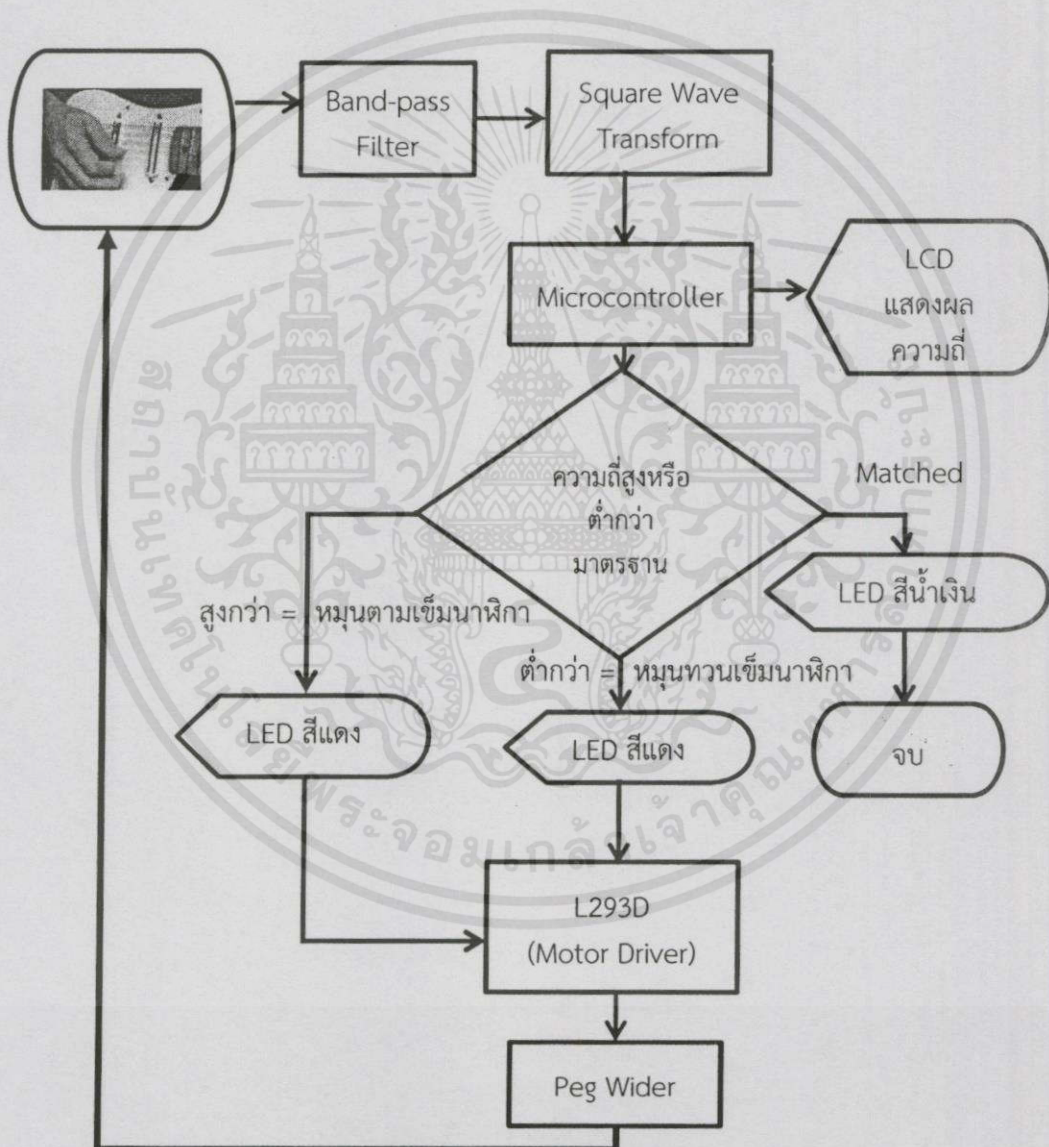


รูปที่ 3.1 Block Diagram

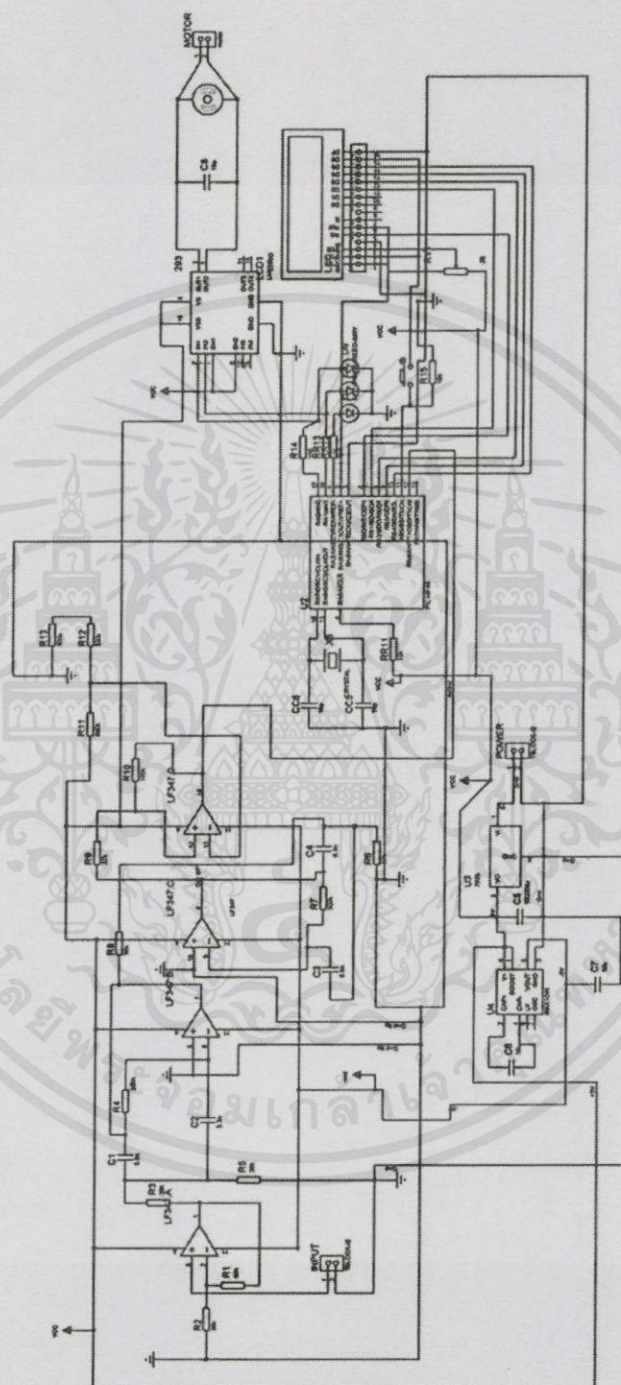
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.1 Flow Chart

การทำงานของเครื่องตั้งสายอัตโนมัติทำงานโดยเมื่อติดสายกีตาร์ที่ทำการเลือกโปรแกรมไว้เช่นสาย 6 สัญญาณจะผ่านวงจรแปลงความถี่ไปสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์จากนั้นจะแสดงผลเป็นความถี่ออกมาซึ่งมีแอลอีดีแสดงให้เห็นว่ามีความถี่ตรงหรือไม่จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งคำสั่งไปยัง L293D ให้มอเตอร์ทำงานหมุนซ้ายหรือขวาจนกว่าจะตรงความถี่มาตรฐานมอเตอร์จึงหยุดและแสดงแอลอีดีสีน้ำเงินออกมา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน **รูปที่ 3.2 Flow Chart** ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 วงจรสมบูรณ์ของเครื่องตั้งสายกีตาร์อัตโนมัติ

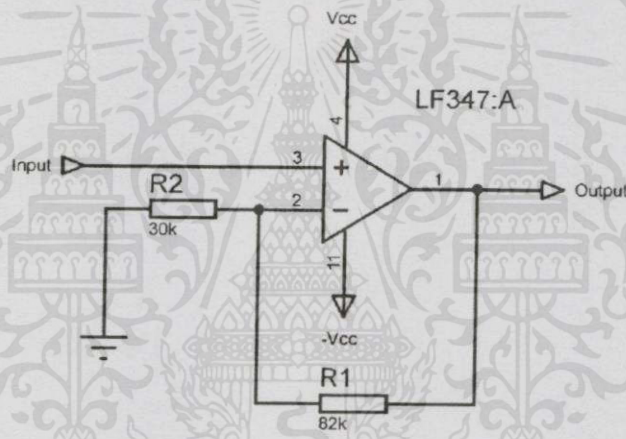
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.2 วงจรขยายแรงดัน

อัตราขยายของวงจรต่อเป็นวงจรขยายแบบไม่กลับขั้วมีสมการเป็นดังสมการ (3.1)

$$V_{out} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \times V_{in} \quad (3.1)$$

ในบางกรณีแรงดันไฟฟ้ามีค่าน้อยทำให้ไม่สามารถนำค่ามาใช้งานได้จึงต้องใช้ วงจรขยายแรงดันดังรูปที่ 3.4 เมื่อต่ออุปกรณ์ดังภาพที่ 3.4 ($R_1 = 82$ กิโลโห์ม, $R_2 = 30$ กิโลโห์ม) จะได้อัตราขยาย $\frac{V_{out}}{V_{in}} = Av = 3.74$

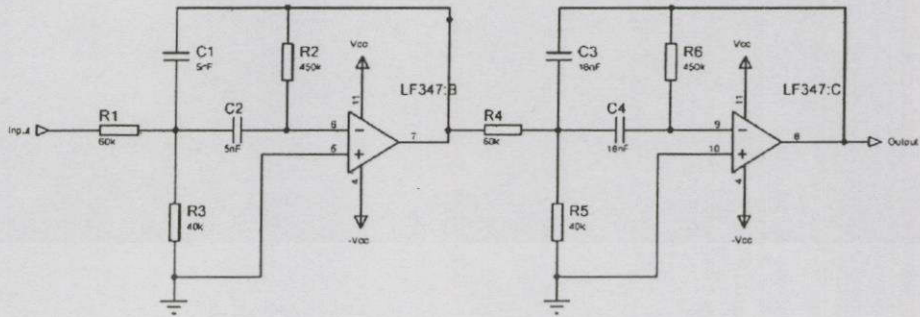


รูปที่ 3.4 วงจรขยายแรงดัน

3.1.1.3 วงจรกรองความถี่แถบผ่าน

วงจรกรองความถี่เฉพาะช่วง จะยอมให้สัญญาณผ่านไปได้เฉพาะช่วงที่กำหนด เท่านั้น ความถี่ที่นอกเหนือจากที่กำหนดจะถูกกำจัดโดยการสะท้อนให้เหลือน้อยลงหรือหมดไป สามารถสร้างได้ดังรูปที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

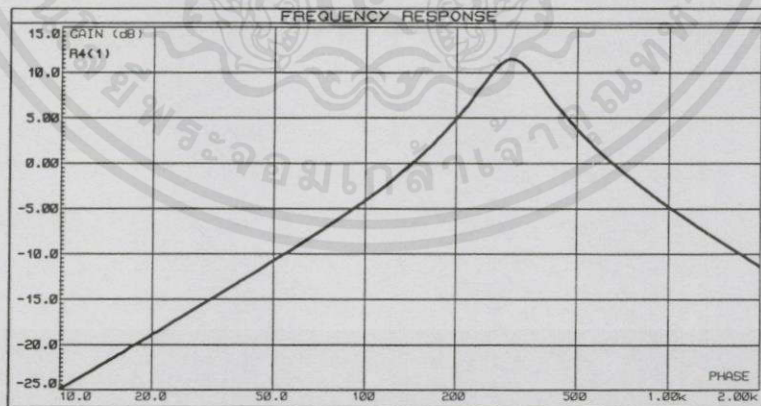


รูปที่ 3.5 วงจรกรองสัญญาณช่วงความถี่

วงจรกรองความถี่แถบผ่านมีสมการส่งผ่านดังสมการดังนี้

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \left[\frac{-\left(\frac{s}{R_1 C_1}\right)}{s^2 + s \left(\frac{C_1 + C_2}{R_2 C_1 C_2}\right) + \frac{1}{R_2 C_1 C_2} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3}\right)} \right] \left[\frac{-\left(\frac{s}{R_4 C_3}\right)}{s^2 + s \left(\frac{C_3 + C_4}{R_6 C_3 C_4}\right) + \frac{1}{R_6 C_3 C_4} \left(\frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5}\right)} \right] \quad (3.2)$$

คุณสมบัติของวงจรกรองความถี่แถบผ่านที่ต้องการคือมีช่วงความถี่ผ่าน 300 เฮิรตซ์ ช่วงความถี่หยุด 460 เฮิรตซ์ และความถี่กลาง 162 เฮิรตซ์ ซึ่งใช้ค่าของอุปกรณ์ดังรูปที่ 3.5 จะทำให้ได้ผลตอบสนองความถี่ดังรูปที่ 3.6, 3.7 และ 3.8



รูปที่ 3.6 ได้ผลตอบสนองความถี่วงจรกรองความถี่แถบผ่านใน Stage ที่ 1

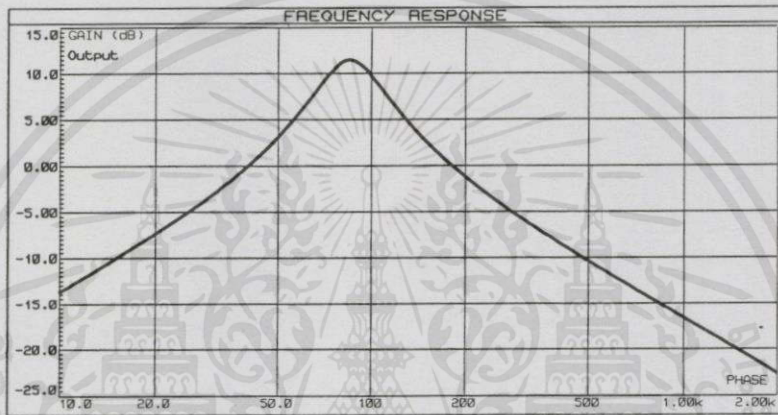
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่กลางมีค่าเท่ากับ $f_0 = \frac{\sqrt{\omega_0}}{2\pi} = 306.29\text{Hz}$

Bandwidth เท่ากับ $B = \frac{\beta}{2\pi} = 192\text{Hz}$

$|H_0| = -\frac{R_3}{2R_1} = 16.23\text{dB}$ ที่ -3 dB มีค่าเท่ากับ 11.48 dB

มีค่า Cutoff ที่ความถี่ต่ำและสูงเท่ากับ $f_L = 210.29\text{Hz}$ และ $f_H = 402.29\text{Hz}$



รูปที่ 3.7 ได้ผลตอบสนองความถี่ของวงจรกรองความถี่แถบผ่านใน Stage ที่ 2

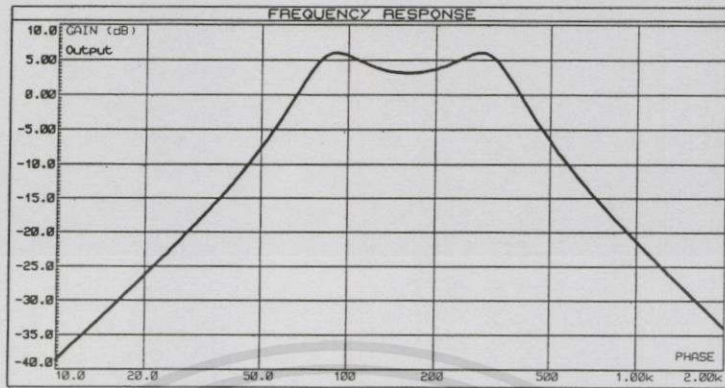
ความถี่กลางมีค่าเท่ากับ $f_0 = \frac{\sqrt{\omega_0}}{2\pi} = 85.08\text{Hz}$

มีค่า Bandwidth เท่ากับ $B = \frac{\beta}{2\pi} = 39.29\text{Hz}$

$|H_0| = -\frac{R_3}{2R_1} = 16.23\text{dB}$ ที่ -3 dB มีค่าเท่ากับ 11.48 dB

มีค่า Cutoff ที่ความถี่ต่ำและสูงเท่ากับ $f_L = 45.79\text{Hz}$ และ $f_H = 124.39\text{Hz}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 ได้ผลตอบสนองความถี่ของวงจรกรองความถี่แถบผ่านทั้ง 2 Stage

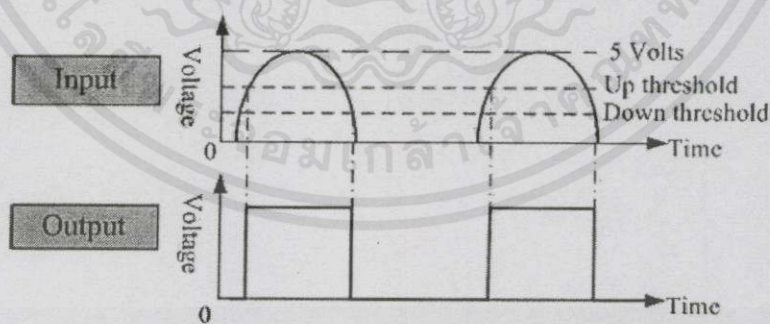
เมื่อคำนวณฟังก์ชันส่งผ่านจะมีค่าดังนี้

$$V_{out} \sim V_{in} \frac{V_{out}}{V_{in}} = \left[\frac{-3333.33s}{s^2 + s888.89 + 3703703.704} \right] \left[\frac{-925.93s}{s^2 + s246.91 + 285779.6068} \right]$$

ค่า Cutoff ของผลตอบสนองความถี่ที่ความถี่ต่ำและสูง $f_L = 69.68\text{Hz}$ และ $f_H = 388.31\text{Hz}$
และ $A_v = 7.12$

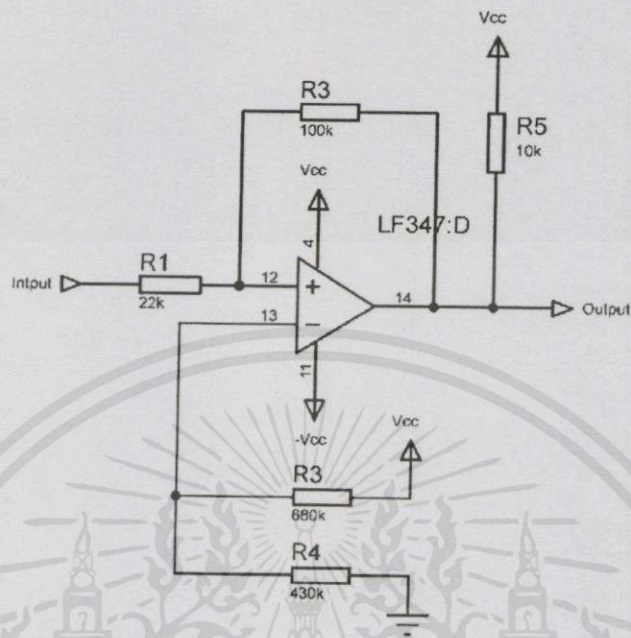
3.1.1.4 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Voltage Comparator Circuit)

ใช้เพื่อเปรียบเทียบแรงดันที่ออกมาจากวงจรกรองความถี่แถบผ่านที่มีแรงดันไม่เท่ากัน ให้เป็นค่าที่กำหนดไว้(มากกว่าขึ้นไปเป็นบิต "1" ต่ำกว่าเป็นบิต "0")



รูปที่ 3.9 หลักการทำงานของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน

โดยค่าที่ใช้เปรียบเทียบโดยให้ค่าอุปกรณ์เป็นดังรูปที่ 3.10 มีสมการดังนี้

$$\frac{5 \times R_4}{R_4 + R_3} = \frac{5 \times 430k}{430k + 680k} = 1.94 \text{ โวลต์} \quad (3.3)$$

ดังนั้นค่าที่ใช้เปรียบเทียบคือ 1.94 โวลต์ เมื่อแรงดันเข้าด้านอินพุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดันจะทำการเปรียบเทียบสัญญาณให้เป็นพัลส์สัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.5 DC Motor

1) เมื่อทดสอบมอเตอร์

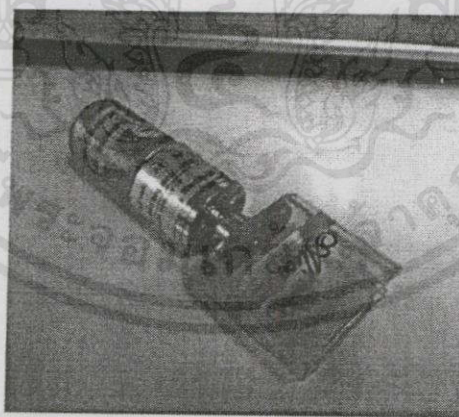
ทดสอบความเร็วที่เหมาะสมคือมอเตอร์ไฟตรง 6 โวลต์ ความเร็ว 15 รอบ/นาทีเพราะสายกีตาร์มีแรงดึงสูงสุดที่สาย 6 เพราะมีความหนามากที่สุดฉะนั้นมอเตอร์รอบต่ำจึงมีแรงบิดมากกว่ารอบที่สูงจึงเหมาะสมที่สุด



รูปที่ 3.11 มอเตอร์ไฟตรง 6 โวลต์ ความเร็ว 15 รอบ/นาที

2) ประยุกต์เป็นหมุนกับมอเตอร์

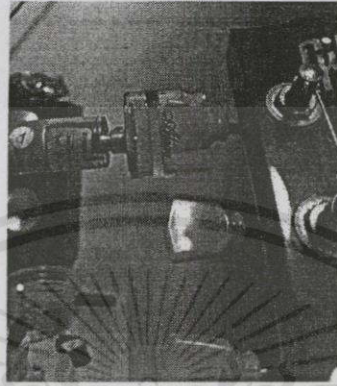
ทำการดัดแปลงเป็นหมุนให้สามารถเข้ากับรูปร่างที่หมุนลูกบิดกีตาร์เมื่อประกอบรูปร่างจะได้ดังรูปที่ 3.12 จะเป็นส่วนที่ยื่นออกจากผลิตภัณฑ์



รูปที่ 3.12 ประกอบมอเตอร์เข้ากับที่หมุนลูกบิดกีตาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

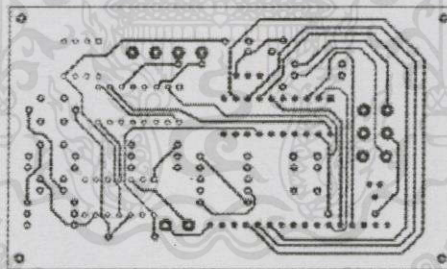
จากรูปที่ 3.13 เห็นได้ว่าสามารถครอบลูกบิดกีตาร์สำหรับการหมุนได้พอดีอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งแกนจะอยู่ในตำแหน่งมือที่ถืออยู่ทำให้กะทัดรัดในการใช้งาน



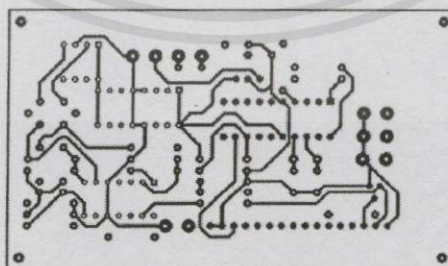
รูปที่ 3.13 ทดลองครอบลูกบิดกีตาร์

3.1.1.6 ลายวงจร PCB

เพื่อความกะทัดรัดในการใช้งานจำเป็นต้องออกแบบให้มีสายทั้งหน้าและหลังเพราะทำให้มีขนาดเล็กเหมาะกับการใช้งานโดยมีขนาด 7×4 ซม.



รูปที่ 3.14 ลายวงจรด้านหน้า

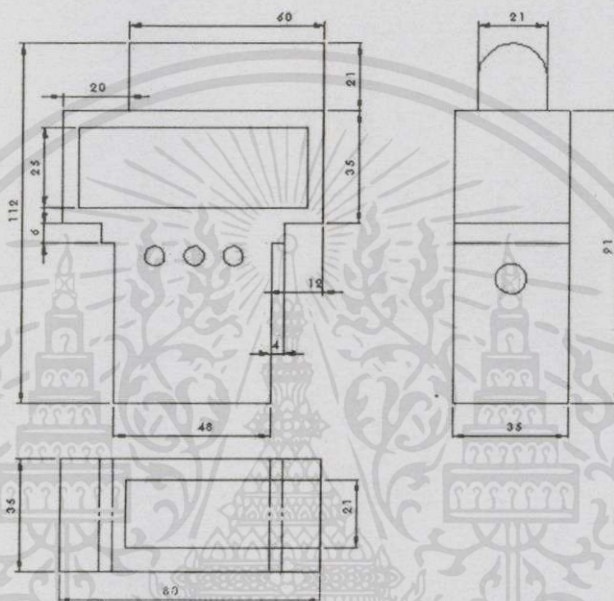


รูปที่ 3.15 ลายวงจรด้านหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.7ผลิตภัณฑ้ออกแบบผ่าน AutoCAD

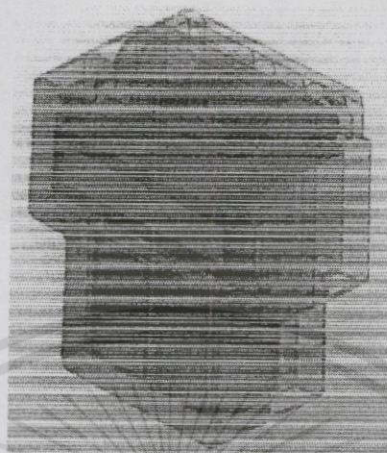
เพื่อความกะทัดรัดและใช้อย่างถนัดมือได้ออกแบบให้มีขนาดเหมาะสมสำหรับใช้มือถือข้างเดียวโดยมีลักษณะดังรูปที่ 3.16 ออกแบบผ่านโปรแกรม AutoCAD ประกอบด้วยมุมมอง Front, Top, Side View มีส่วนของ LED สำหรับแสดงผลว่ามีความถี่ต่ำหรือสูงเกินไป ปุ่มสำหรับการเลือกปรับสาย และจอ LCD ที่ยื่นออกมา



รูปที่ 3.16 แบบร่างผลิตภัณฑ

จะเห็นว่าส่วนที่อยู่บนสุดคือมอเตอร์ซึ่งจะใช้หมุนลูกบิดก็ตาร์และส่วนกลางคือจอแสดงผล LCD สำหรับแสดงความถี่และเลือกสายที่จะตั้งอัตโนมัติ ซึ่งโดยรวมเห็นได้ว่ามีขนาดที่เหมาะสมสำหรับมือถือข้างเดียว และพกพาสะดวกสำหรับการทำงาน

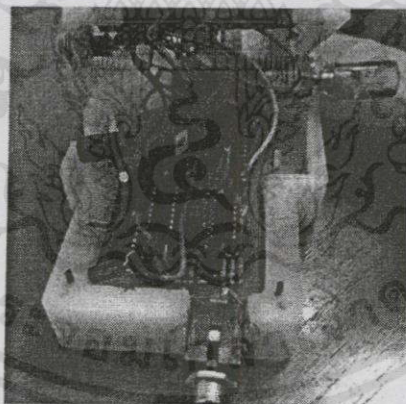
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 แบบเสมือนผลิตภัณฑ์

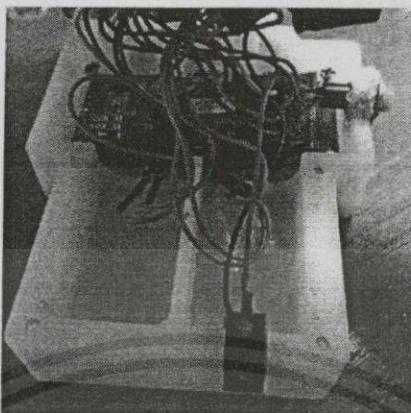
3.1.1.8 การวางวงจรในชิ้นงาน

จากการออกแบบวงจรและผลิตภัณฑ์เมื่อนำมาประกอบกันเป็นชิ้นงานจะมีลักษณะการวางวงจรด้านล่างและด้านบนดังรูป 3.18 และ 3.19 ตามลำดับ



รูปที่ 3.18 การวางวงจรในผลิตภัณฑ์ด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 การวางวงจรในผลิตภัณฑ์ด้านบน

3.1.2 การออกแบบซอฟต์แวร์

สัญญาณที่เกิดการ Overflow หรือการหัดความถี่ของโปรแกรมขึ้นเรื่อยๆจนตรงความถี่ที่ถูกต้องจากนั้นนำค่าความถี่ที่นับได้ไปประมวลผลให้มอเตอร์หมุน

```
#int_TIMER1
void TIMER1_isr(void)
{
    cnt_value+= 65536;
}
```

รูปที่ 3.20 กำหนด Timer 1 เพื่อใช้งาน

หลักของ Timer 1 สามารถนับค่าได้ถึง 65536 จนเกิดการ Overflow ของโปรแกรม และเกิดการนับใหม่ของโปรแกรมซึ่งสามารถใช้นับความถี่ได้

```
set_timer1(0);
setup_timer_1(T1_EXTERNAL | T1_DIV_BY_1);
delay_ms(1000); // in protues, should be 1000/3
sec=sec+1;

setup_timer_1(T1_DISABLED);
freq2=get_timer1();
```

รูปที่ 3.21 โค้ดโปรแกรมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้ Timer 1 นับตั้งแต่ 0 ถึง 65536 โดยใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายในนับเวลาและใช้การหน่วงเวลาเพื่อให้สามารถนับความถี่ได้ตรง

จากรูปที่ 3.22 คือตัวอย่างโค้ดการทดลองกีตาร์สาย 6 ซึ่งมีความถี่เท่ากับ 82.40 เฮิรตซ์เมื่ออินพุตมีความถี่น้อยกว่า 82.40 เฮิรตซ์ไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีคำสั่งไปยังพอร์ต A0 และเมื่ออินพุตมีความถี่มากกว่า 82.40 เฮิรตซ์ไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีคำสั่งไปยังพอร์ต A1 เมื่อมอเตอร์สามารถหมุนไปยังความถี่ที่เป็นมาตรฐานจะมีคำสั่งให้มอเตอร์หยุดทำงาน

```

if (freq2>51&&freq2<82.40) {
  output_high(PIN_A0);
  output_low(PIN_A1);
  delay_ms(50);
  output_low(PIN_A0);
}
if (freq2>82.40&&freq2<120) {
  output_high(PIN_A3);
  delay_ms(50);
  output_low(PIN_A3);
}
if (freq2>120&&freq2<120) {
  output_high(PIN_A1);
  output_low(PIN_A0);
  delay_ms(50);
  output_low(PIN_A1);
}

```

รูปที่ 3.22 โค้ดโปรแกรม

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

- 1) Oscilloscope
- 2) Power Supply
- 3) กีตาร์
- 4) สายสัญญาณกีตาร์
- 5) Microcontroller
- 6) DC-Motor

3.3 การจัดเก็บผลการทดลอง

ในการจัดเก็บผลการทดลอง ทำโดยการส่งสัญญาณกีตาร์ผ่านสายสัญญาณเข้าสู่วงจรแปลงความถี่ จากนั้นวัดค่าความดันเอาต์พุตที่ออกจากวงจรเปรียบเทียบกับแรงดันจาก Oscilloscope แล้วพิจารณาผลและบันทึกผล

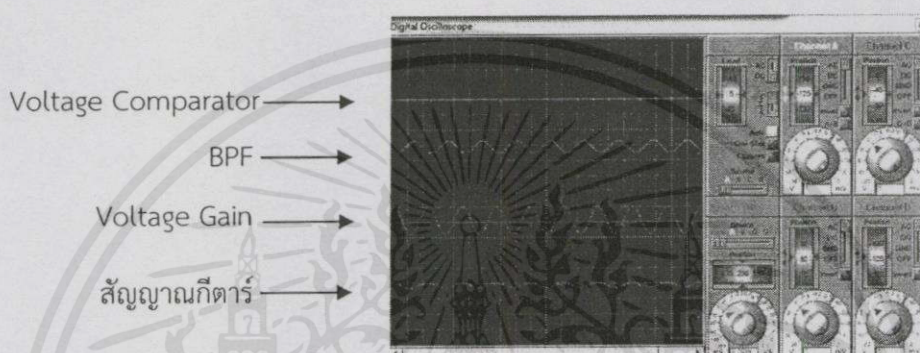
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 จำลองผลของในโปรแกรม Proteus

3.4.1 ผลสัญญาณจากวงจรแปลงความถี่

3.4.1.1 ที่ความถี่ 50 Hz

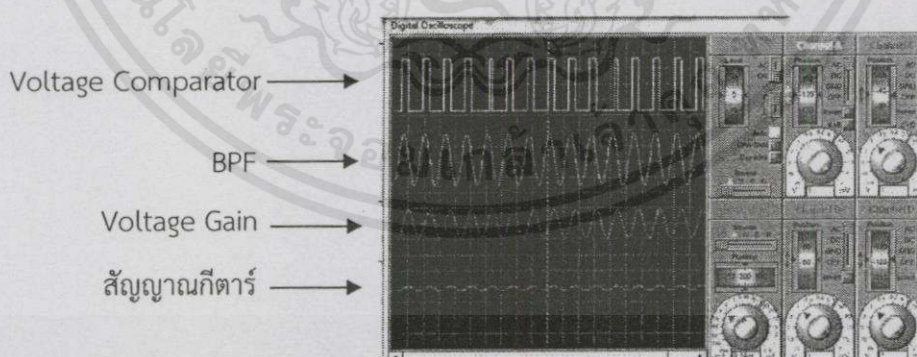
จากรูปที่ 3.23 เมื่อนำสัญญาณความถี่ 50 Hz ผ่าน Band-Pass Filter จะเห็นว่าผลสัญญาณวงจรเปรียบเทียบแรงดันมีค่า 0 โวลต์ เนื่องจากสัญญาณที่ออกมาจากสัญญาณที่ผ่าน Band-Pass Filter มี Amplitude น้อยกว่า Reference Voltage



รูปที่ 3.23 รูปกราฟแสดงเอาต์พุตที่ความถี่ 50 Hz

3.4.1.2 ที่ความถี่ 82 Hz

จากรูปที่ 3.24 เมื่อนำสัญญาณความถี่ 82 Hz ผ่าน Band-Pass Filter จะเห็นว่าผลสัญญาณวงจรเปรียบเทียบแรงดันมีการแสดงสัญญาณดิจิทัลออกมาแสดงว่า Amplitude ของสัญญาณมีค่ามากกว่า Reference Voltage

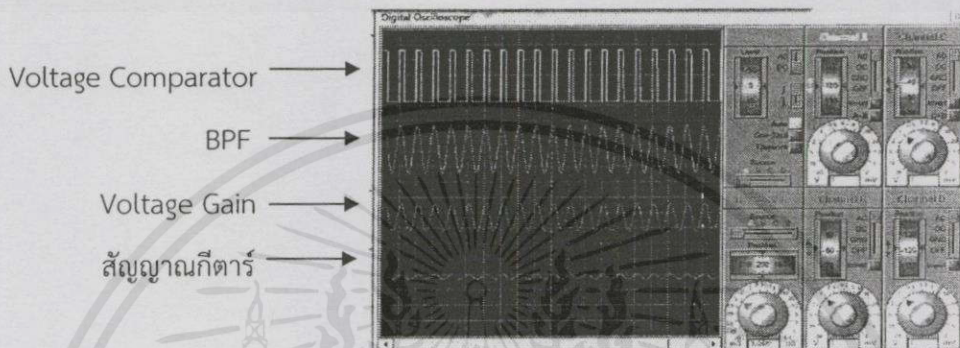


รูปที่ 3.24 รูปกราฟแสดงเอาต์พุตที่ความถี่ 82 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1.3 ที่ความถี่ 110 Hz

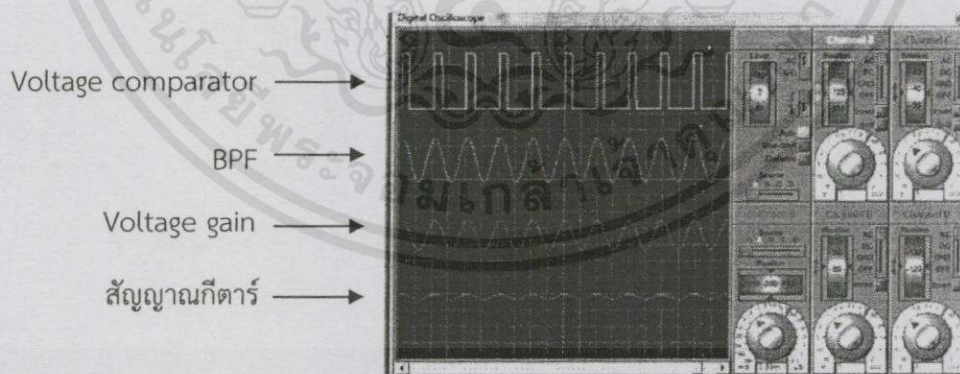
จากรูปที่ 3.25 เมื่อนำสัญญาณความถี่ 110 Hz ผ่าน Band-Pass Filter จะเห็นว่าผลสัญญาณวงจรเปรียบเทียบแรงดันมีการแสดงสัญญาณดิจิทัลออกมาแสดงว่า Amplitude ของสัญญาณมีค่ามากกว่า Reference Voltage



รูปที่ 3.25 รูปกราฟแสดงเอาต์พุตที่ความถี่ 110 Hz

3.4.1.4 ที่ความถี่ 140 Hz

จากรูปที่ 3.26 เมื่อนำสัญญาณความถี่ 140 Hz ผ่าน Band-Pass Filter จะเห็นว่าผลสัญญาณวงจรเปรียบเทียบแรงดันมีการแสดงสัญญาณดิจิทัลออกมาแสดงว่า Amplitude ของสัญญาณมีค่ามากกว่า Reference Voltage

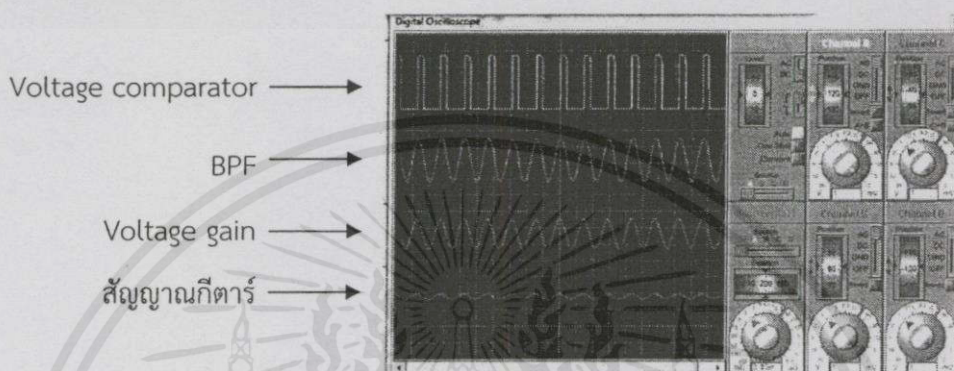


รูปที่ 3.26 รูปกราฟแสดงเอาต์พุตที่ความถี่ 140 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1.5 ที่ความถี่ 190 Hz

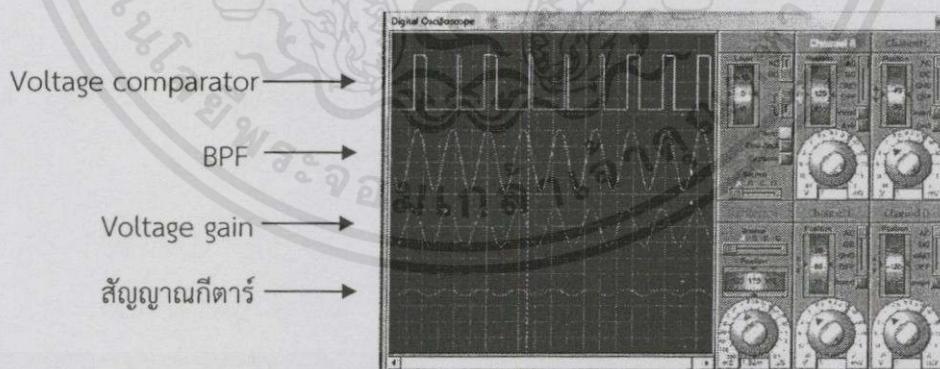
จากรูปที่ 3.27 เมื่อนำสัญญาณความถี่ 190 Hz ผ่าน Band-Pass Filter จะเห็นว่าผลสัญญาณวงจรเปรียบเทียบแรงดันมีการแสดงสัญญาณดิจิทัลออกมาแสดงว่า Amplitude ของสัญญาณมีค่ามากกว่า Reference Voltage



รูปที่ 3.27 รูปกราฟแสดงเอาต์พุตที่ความถี่ 190 Hz

3.4.1.6 ที่ความถี่ 250 Hz

จากรูปที่ 3.28 เมื่อนำสัญญาณความถี่ 250 Hz ผ่าน Band-Pass Filter จะเห็นว่าผลสัญญาณวงจรเปรียบเทียบแรงดันมีการแสดงสัญญาณดิจิทัลออกมาแสดงว่า Amplitude ของสัญญาณมีค่ามากกว่า Reference Voltage

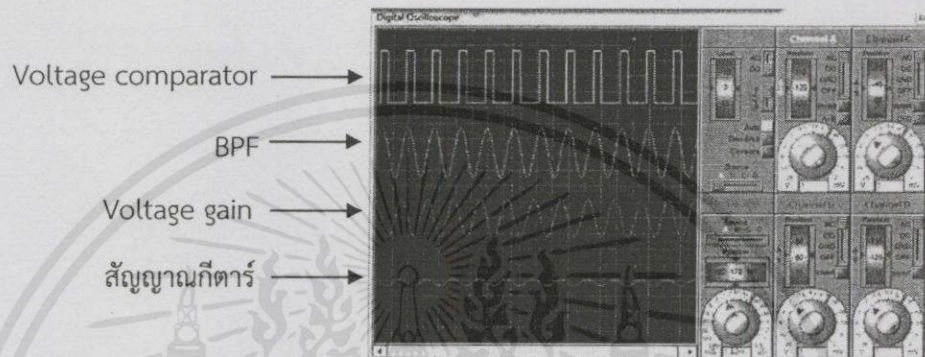


รูปที่ 3.28 รูปกราฟแสดงเอาต์พุตที่ความถี่ 250 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1.7 ที่ความถี่ 330 Hz

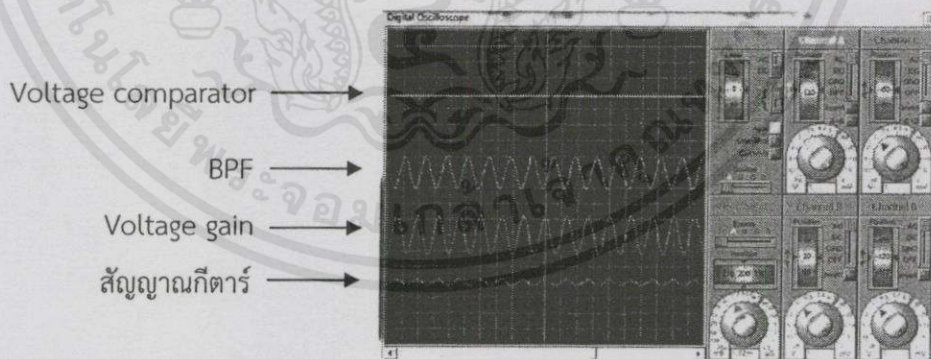
จากรูปที่ 3.29 เมื่อนำสัญญาณความถี่ 330 Hz ผ่าน Band-Pass Filter จะเห็นว่าผลสัญญาณวงจรเปรียบเทียบแรงดันมีการแสดงสัญญาณดิจิทัลออกมาแสดงว่า Amplitude ของสัญญาณมีค่ามากกว่า Reference Voltage



รูปที่ 3.29 รูปกราฟแสดงเอาต์พุตที่ความถี่ 330 Hz

3.4.1.8 ที่ความถี่ 410 Hz

จากรูปที่ 3.30 เมื่อนำสัญญาณความถี่ 410 Hz ผ่าน Band-Pass Filter จะเห็นว่าผลสัญญาณวงจรเปรียบเทียบแรงดันมีค่า 0 V แสดงว่า Amplitude ของสัญญาณมีค่าน้อยกว่า Reference Voltage



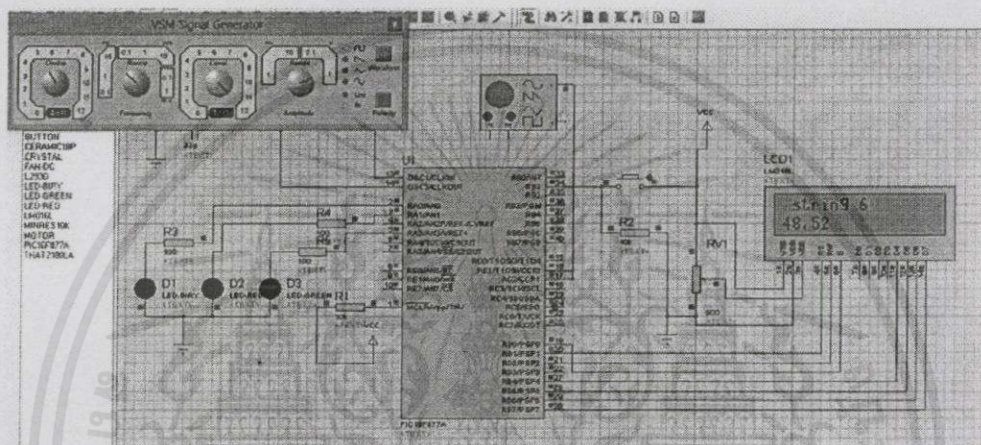
รูปที่ 3.30 รูปกราฟแสดงเอาต์พุตที่ความถี่ 410 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการเงินค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

3.4.2 ผลของโปรแกรมการทำงานในส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์

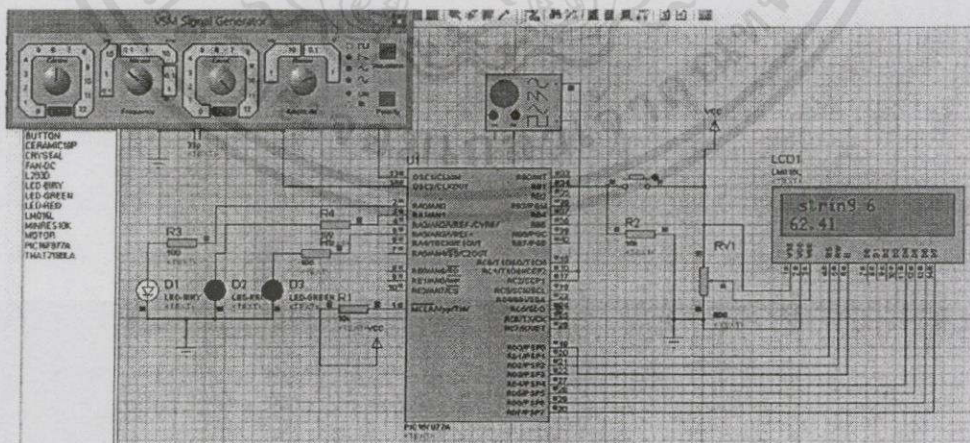
จากการทดลองโปรแกรมกำหนดให้ไฟสีเหลืองคือพอร์ตเอาต์พุตที่มีความถี่ต่ำกว่ามาตรฐาน สีเขียวคือพอร์ตที่แจ้งว่าความถี่นั้นตรงตามมาตรฐาน และสีเหลืองคือเมื่อมีความถี่เกินกว่ามาตรฐาน

จากรูปที่ 3.31 เมื่อป้อนความถี่ที่ต่ำกว่า 50 Hz จะเห็นได้ว่าไฟทั้ง 3 สีนั้นไม่แสดงผลขึ้นมา นั่นคือไม่มีการส่งคำสั่งให้มอเตอร์นั้นหมุน



รูปที่ 3.31 ทดลองป้อนความถี่ที่ต่ำกว่า 50 Hz

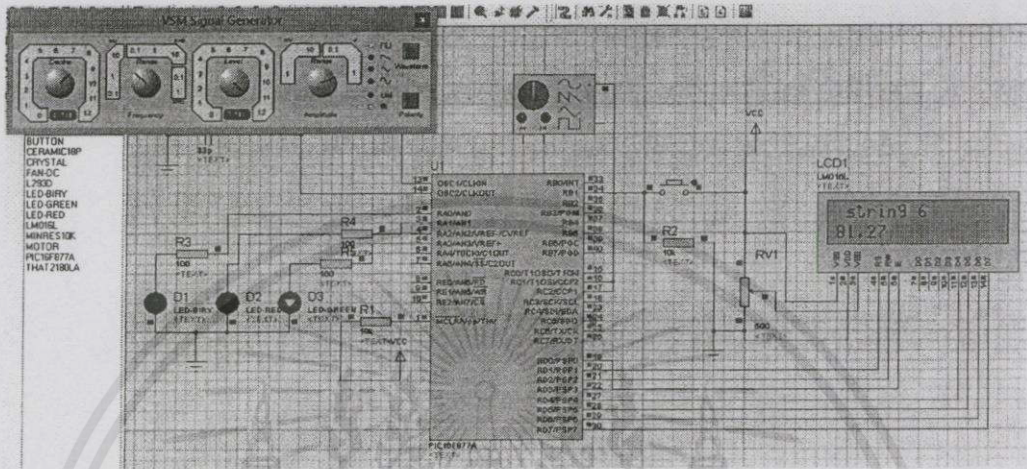
จากรูปที่ 3.32 เมื่อป้อนความถี่ที่ต่ำกว่า 82 Hz คือ 62.41 Hz จะเห็นได้ว่าไฟสีเหลืองนั้นแสดงผลนั้นคือจะสั่งให้มอเตอร์หมุนให้สายตึงขึ้น หรือมีความถี่มากขึ้น



รูปที่ 3.32 เลือกทดลองกีตาร์สาย 6 โดยป้อนความถี่ที่ 62.41 Hz ใช้ประโยชน์ด้านการค้า

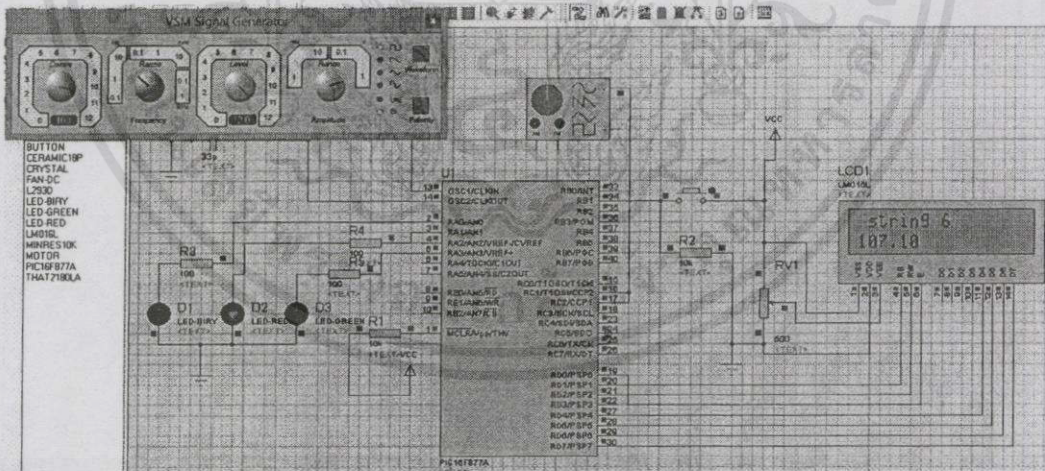
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.33 เมื่อป้อนความถี่ที่ตรง 82 Hz จะเห็นได้ว่าไฟสีเขียวแสดงว่าไม่มีการส่งคำสั่งออกไปยังพอร์ตไฟแดงและไฟเหลือง ทำให้ออเตอร์หยุดหมุน



รูปที่ 3.33 เลือกทดลองกีตาร์สาย 6 โดยป้อนความถี่ที่ตรง 82 Hz

จากรูปที่ 3.34 เมื่อป้อนความถี่ที่ตรง 82 Hz คือ 107.01 Hz จะเห็นได้ว่าไฟสีแดงนั้น แสดงผลนั้นคือจะสั่งให้ออเตอร์หมุนให้สายหย่อนลงหรือมีความถี่น้อยลง

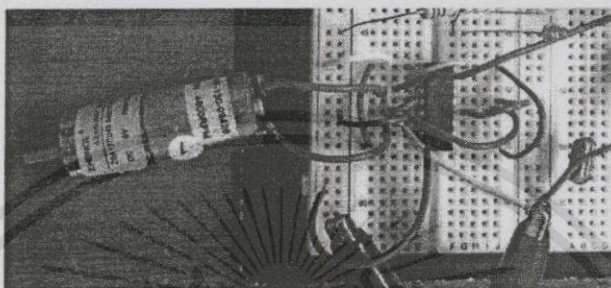


รูปที่ 3.34 เลือกทดลองกีตาร์สาย 6 โดยป้อนความถี่ที่ 107.01 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

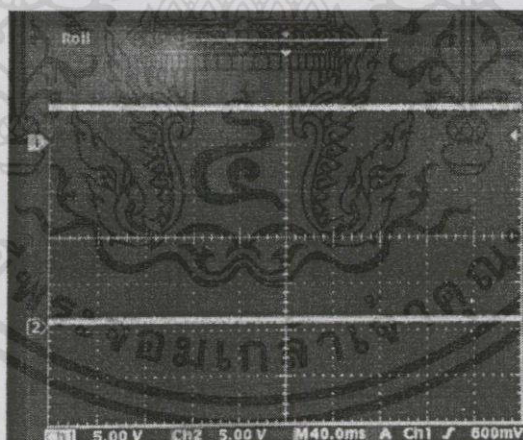
3.4.3 ทดลองไอซีขับมอเตอร์ LM293D

เมื่อต่อ LM293D เข้ากับมอเตอร์ ดังรูปที่ 3.35 ไอซี LM293D จะสามารถบังคับทิศทางของมอเตอร์ได้ 2 ทางคือซ้ายและขวาโดยการป้อนอินพุตแยกกันซึ่งรับจากไมโครคอนโทรลเลอร์โดยตรง



รูปที่ 3.35 ทดลองต่อ LM293D เข้ากับมอเตอร์

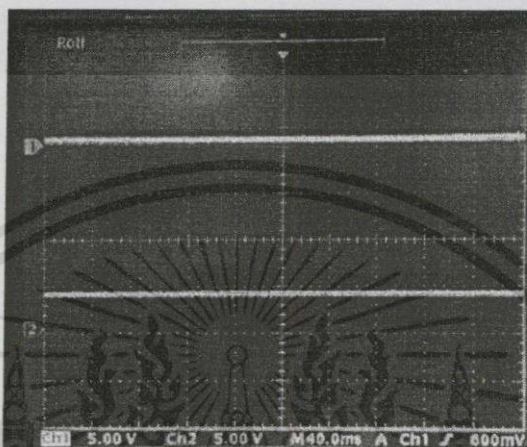
จากรูปที่ 3.36 ทดลองสอบป้อนอินพุตจากไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อหมุนซ้ายจะเห็นได้ว่าที่ CH.1 มีแรงดันเท่ากับ 5 โวลต์ CH.2 ไม่มีแรงดันขึ้นแสดงว่า LM293D ส่งคำสั่งไปยังมอเตอร์เพื่อหมุนซ้าย



รูปที่ 3.36 ผลทดลองป้อนอินพุตจากไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อหมุนซ้าย

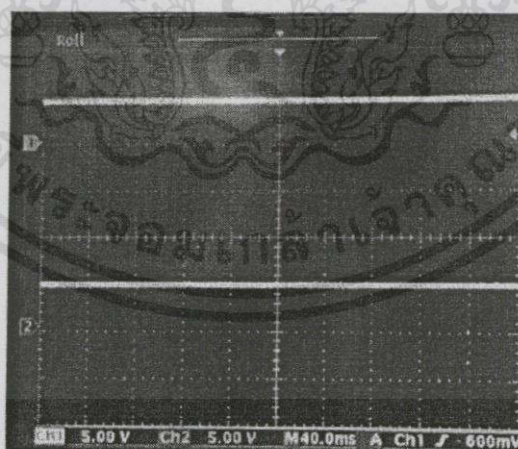
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.37 ทดลองสอบป้อนอินพุตจากไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อหมุนขวาจะเห็นได้ว่าที่ CH.1 ไม่มีแรงดันขึ้น CH.2 มีแรงดันขึ้นเท่ากับ 5 โวลต์ แสดงว่า LM293D ส่งคำสั่งไปยังมอเตอร์เพื่อหมุนขวา



รูปที่ 3.37 ผลทดลองสอบป้อนอินพุตจากไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อหมุนขวา

จากรูปที่ 3.38 ทดลองสอบป้อนอินพุตจากไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อหยุดหมุนจะเห็นได้ว่าที่ CH.1 มีแรงดันขึ้นเท่ากับ 5 โวลต์ และ CH.2 มีแรงดันขึ้นเท่ากับ 5 โวลต์ แสดงว่า LM293D ส่งคำสั่งไปยังมอเตอร์เพื่อหยุดหมุน



รูปที่ 3.38 ผลทดลองสอบป้อนอินพุตจากไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อหยุดหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

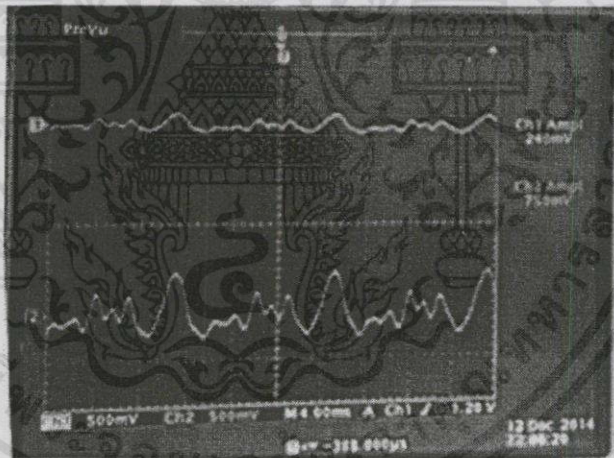
บทที่ 4

ผลการทดลอง

จากการทดลอง เมื่อทดลองวงจรแปลงความถี่ในบทที่ 3 จากสัญญาณกีตาร์ไฟฟ้าทั้ง 6 สายที่ผ่านสายสัญญาณมาสู่วงจรแปลงความถี่ ซึ่งประกอบด้วย 3 วงจรคือ วงจรขยายแรงดัน วงจรกรองความถี่แถบผ่าน และวงจรเปรียบเทียบแรงดัน ซึ่งผลของสัญญาณที่ผ่านวงจรทั้งหมดนี้จะได้สัญญาณดิจิทัลที่สามารถนำไปประมวลผลสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อได้

4.1 ผลการทดลองวัดสัญญาณผ่านวงจรขยายแรงดัน

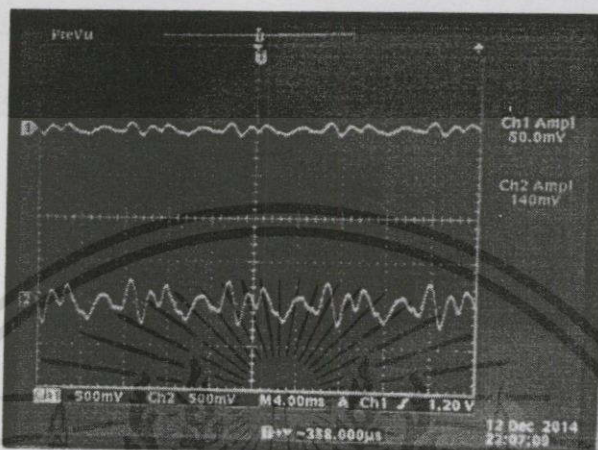
เมื่อสัญญาณผ่านวงจรนี้สัญญาณกีตาร์จะถูกขยายให้มีแรงดันเพิ่มขึ้นสูงขึ้นเพราะในทางปฏิบัติสัญญาณมีขนาดที่น้อยมาก จึงจำเป็นต้องขยายขนาดสัญญาณให้เพิ่มขึ้นผลจะได้ดังรูปทดลองติดกีตาร์จากรูปที่ 4.1 จากสัญญาณ CH.1 เป็นสัญญาณที่วัดจากสายกีตาร์ 6 โดยตรงมีขนาด 240 mV และ CH.2 วัดหลังผ่านวงจรขยายแรงดันมีขนาดสัญญาณ 750 mV จะเห็นได้ว่าการขยายสัญญาณขึ้น 3.125 เท่าของสัญญาณอินพุต



รูปที่ 4.1 สัญญาณของกีตาร์สาย 6 และสัญญาณกีตาร์สาย 6 หลังวงจรขยายแรงดัน

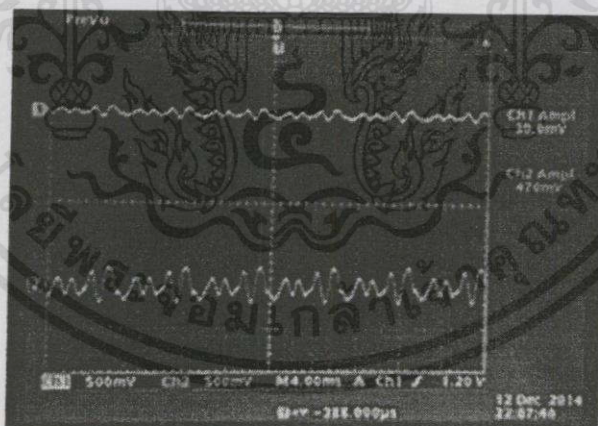
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.2 จากสัญญาณ CH.1 เป็นสัญญาณที่วัดจากกีตาร์สาย 5 โดยตรงมีขนาด 50 mV และ CH.2 วัดหลังผ่านวงจรมีขนาด 140 mV



รูปที่ 4.2 สัญญาณของกีตาร์สาย 5 และสัญญาณกีตาร์สาย 5 หลังวงจรมีขนาด

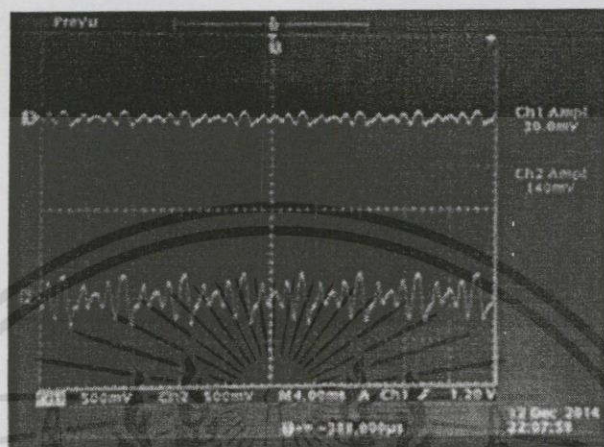
จากรูปที่ 4.3 จากสัญญาณ C.1 เป็นสัญญาณที่วัดจากกีตาร์สาย 4 โดยตรงมีขนาด 30 mV และ CH.2 วัดหลังผ่านวงจรมีขนาด 470 mV



รูปที่ 4.3 สัญญาณของกีตาร์สาย 4 และสัญญาณกีตาร์สาย 4 หลังวงจรมีขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.4 จากสัญญาณ CH.1 เป็นสัญญาณที่วัดจากกีตาร์สาย 3 โดยตรงมีขนาด 30 mV และ CH.2 วัดหลังผ่านวงจรมีขนาด 140 mV



รูปที่ 4.4 สัญญาณของกีตาร์สาย 3 และสัญญาณกีตาร์สาย 3 หลังวงจรมีขนาด

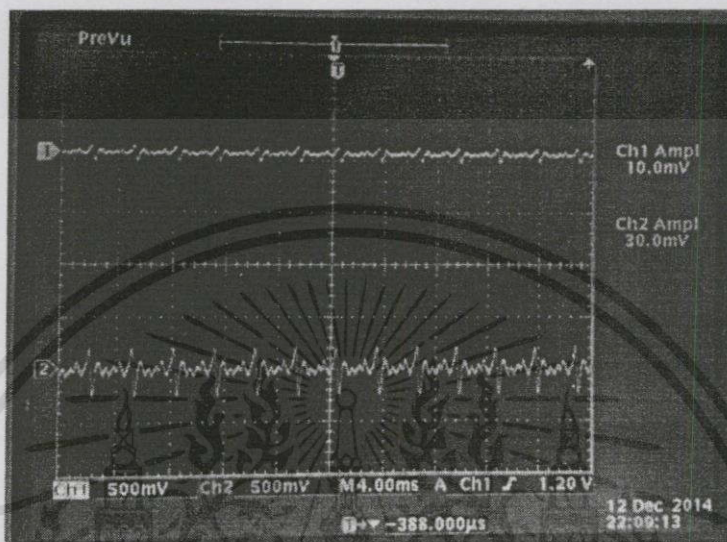
จากรูปที่ 4.5 จากสัญญาณ CH.1 เป็นสัญญาณที่วัดจากกีตาร์สาย 2 โดยตรงมีขนาด 20 mV และ CH.2 วัดหลังผ่านวงจรมีขนาดสัญญาณ 80 mV



รูปที่ 4.5 สัญญาณของกีตาร์สาย 2 และสัญญาณกีตาร์สาย 2 หลังวงจรมีขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.6 จากสัญญาณ CH.1 เป็นสัญญาณที่วัดจากกีตาร์สาย 1 โดยตรงมีขนาด 10 mV และ CH.2 วัดหลังผ่านวงจรขยายแรงดันมีขนาดสัญญาณ 30 mV



รูปที่ 4.6 สัญญาณของกีตาร์สาย 1 และสัญญาณกีตาร์สาย 1 หลังวงจรขยายแรงดัน

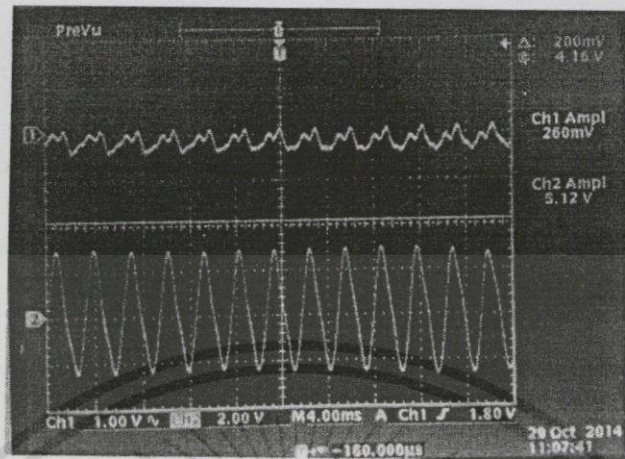
4.2 ผลการทดลองวัดสัญญาณผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่าน

สัญญาณในส่วนของแถบความถี่ที่ต่ำมาก ๆ คือน้อยกว่า 50 Hz และในส่วนของแถบความถี่สูงที่มากกว่า 1 kHz ความถี่ในส่วนนี้จะถูกตัดออก เพื่อให้รูปแบบสัญญาณสามารถประมวลผลเป็นพัลส์ความถี่ที่วงจรเปรียบเทียบแรงดันได้ถูกต้อง

การวัดผลสัญญาณที่ผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่านโดยทำการติดสายเปล่ากีตาร์ทั้ง 6 เส้นเรียงจากสาย 6 ไปสาย 1 หรือมีความถี่ที่ต่ำสุดไปสูงสุด จากการทดลองจะเห็นว่าขนาดของสัญญาณที่สาย 1 2 และ 3 นั้นจะมีขนาดของสัญญาณเทียบเท่ากับสาย 6 5 และ 4 เพื่อนำสัญญาณไปสู่วงจรเปรียบเทียบแรงดันแสดงดังรูปที่ 10 ถึง รูปที่ 15

จากรูปที่ 4.7 จากสัญญาณ CH.1 เป็นสัญญาณที่วัดวงจรขยายแรงดันจากกีตาร์สาย 6 โดยตรงมีขนาด 260 mV และ CH.2 วัดหลังผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่านมีขนาดสัญญาณ 5.12 โวลต์จะเห็นได้ว่าการขยายขนาดของสัญญาณขึ้นไปอีกเพราะความถี่ของสัญญาณนั้นอยู่ในแถบความถี่ที่เราต้องการนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

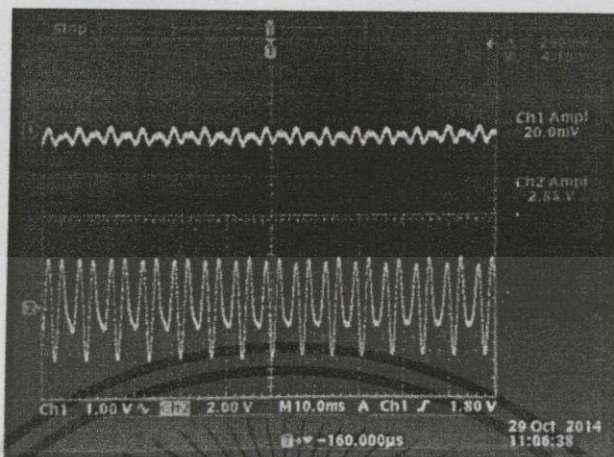


รูปที่ 4.7 สัญญาณสาย 6 จาก CH.1 ผ่านวงจรถยายแรงดัน CH.2 ผ่านวงจรรองความถี่แถบผ่าน
จากรูปที่ 4.8 จากสัญญาณ CH.1 เป็นสัญญาณที่วัดวงจรถยายแรงดันจากกีตาร์สาย 5 โดยตรงมีขนาด 0.00 มิลลิโวลต์ และ CH.2 วัดหลังผ่านวงจรรองความถี่แถบผ่านมีขนาดสัญญาณประมาณ 3.88 โวลต์



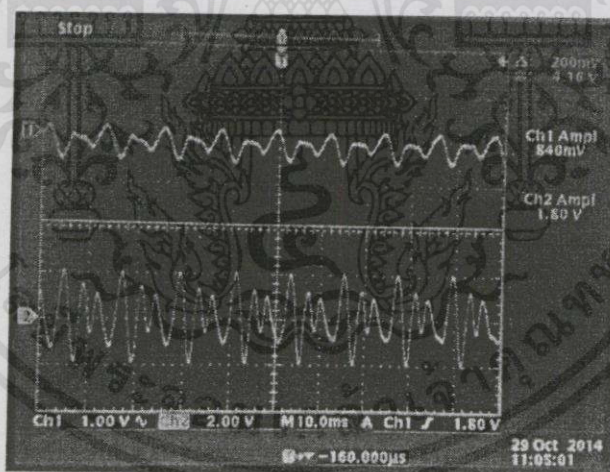
รูปที่ 4.8 สัญญาณสาย 5 จาก CH.1 ผ่านวงจรถยายแรงดัน CH.2 ผ่านวงจรรองความถี่แถบผ่าน
จากรูปที่ 4.9 จากสัญญาณ CH.1 เป็นสัญญาณที่วัดวงจรถยายแรงดันจากกีตาร์สาย 4 โดยตรงมีขนาด 20.0 มิลลิโวลต์ และ CH.2 วัดหลังผ่านวงจรรองความถี่แถบผ่านมีขนาดสัญญาณ 2.88 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 สัญญาณสาย 4 จาก CH.1 ผ่านวงจรถยายแรงดัน CH.2 ผ่านวงจรรองความถี่แถบผ่าน

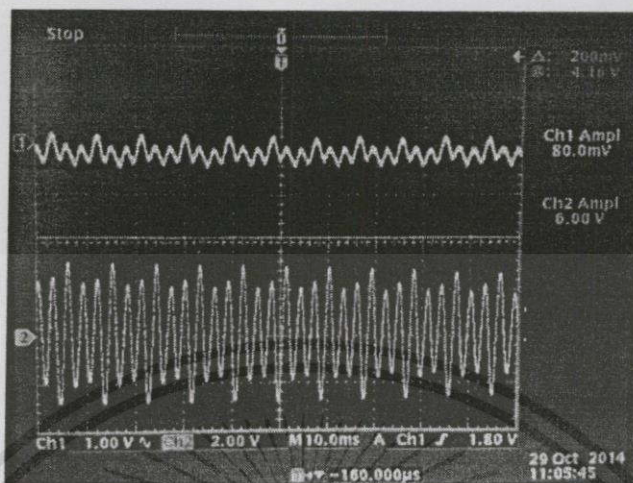
จากรูปที่ 4.10 จากสัญญาณ CH.1 เป็นสัญญาณที่วัดวงจรถยายแรงดันจากกีตาร์สาย 3 โดยตรงมีขนาด 840.0 มิลลิโวลต์ และ CH.2 วัดหลังผ่านวงจรรองความถี่แถบผ่านมีขนาดสัญญาณ 1.80 โวลต์



รูปที่ 4.10 สัญญาณสาย 3 จาก CH.1 ผ่านวงจรถยายแรงดัน CH.2 ผ่านวงจรรองความถี่แถบผ่าน

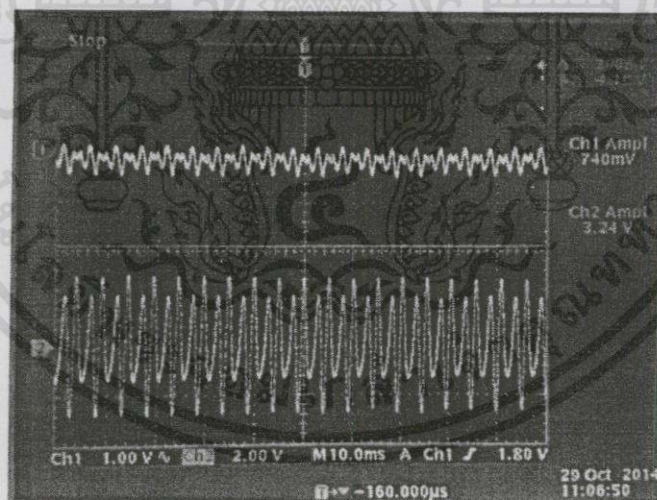
จากรูปที่ 4.11 จากสัญญาณ CH.1 เป็นสัญญาณที่วัดวงจรถยายแรงดันจากกีตาร์สาย 2 โดยตรงมีขนาด 80.0 มิลลิโวลต์ และ CH.2 วัดหลังผ่านวงจรรองความถี่แถบผ่านมีขนาดสัญญาณ 6.00 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 สัญญาณสาย 2 จาก CH.1 ผ่านวงจรมายายแรงดัน CH.2 ผ่านวงจรรองความถี่แถบผ่าน

จากรูปที่ 4.12 จากสัญญาณ CH.1 เป็นสัญญาณที่วัดวงจรมายายแรงดันจากกีตาร์สาย 1 โดยตรงมีขนาด 740.0 มิลลิโวลต์ และ CH.2 วัดหลังผ่านวงจรรองความถี่แถบผ่านมีขนาดสัญญาณ 3.24 โวลต์



รูปที่ 4.12 สัญญาณสาย 1 จาก CH.1 ผ่านวงจรมายายแรงดัน CH.2 ผ่านวงจรรองความถี่แถบผ่าน

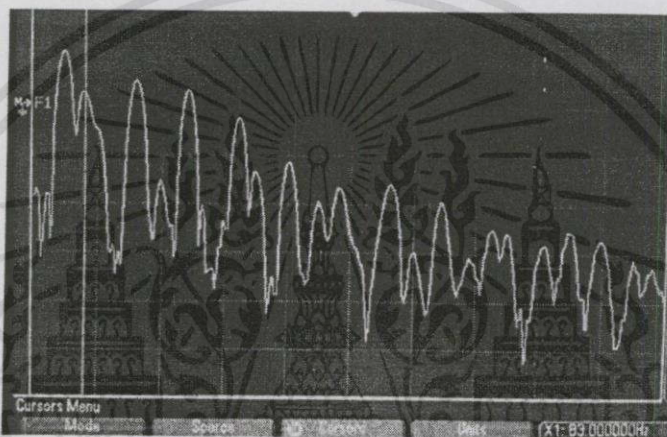
จากรูปที่ 4.7 ถึง 4.12 จะเห็นผลได้ว่าขนาดของสัญญาณนั้นถูกทำให้มีขนาดสูงขึ้น และมีขนาดที่ใกล้เคียงกันมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

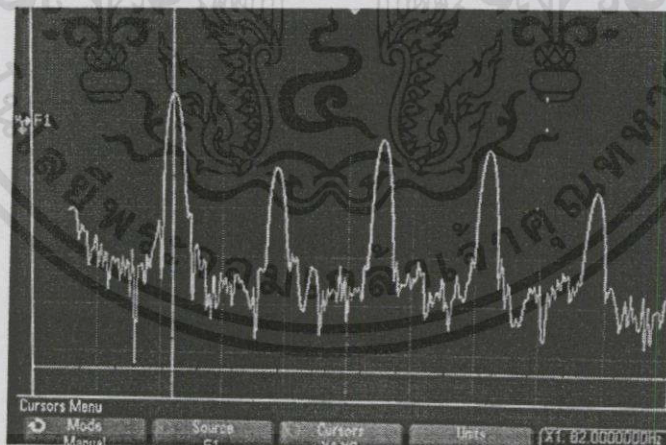
4.2.1 ผลการทดลองวัดสัญญาณผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่าน

เมื่อทดลองวัดความถี่ที่ปรากฏ พบว่าบนความถี่มีความถี่อื่นๆมาแทรกอยู่ระหว่างความถี่ของสายนั้นๆมากเกินไปดังนั้นจึงทำการออกแบบวงจรกรองความถี่แถบผ่าน

จากรูปที่ 4.13 เห็นได้ว่ามีความถี่อื่นๆข้างเคียงความถี่ 83.00 Hz จำนวนมากและมีระดับที่สูงกว่าความถี่ของกีตาร์สาย 6 ซึ่งหลังจากผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่านที่ออกแบบไว้แล้วผลจะได้ตามรูปที่ 4.14 ออกมาซึ่งจะมีระดับความถี่ที่ 82.00 Hz อยู่ในระดับที่เหมาะสม และในความถี่อื่นๆมีระดับลดแทรกกลงไปมากพอสมควร



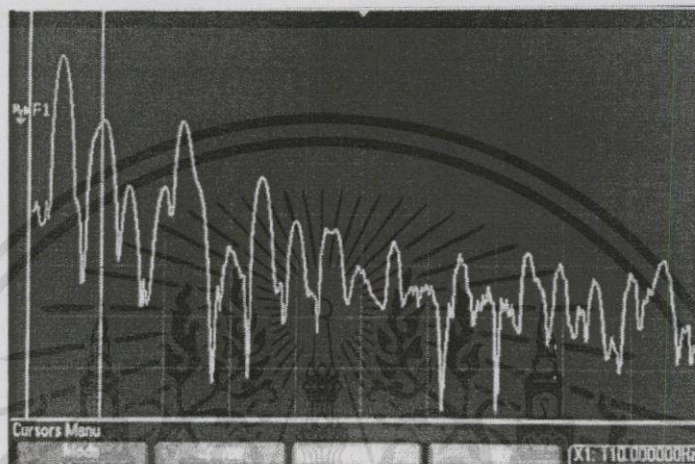
รูปที่ 4.13 สัญญาณ FFT ที่กีตาร์สาย 6 ก่อนผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่าน



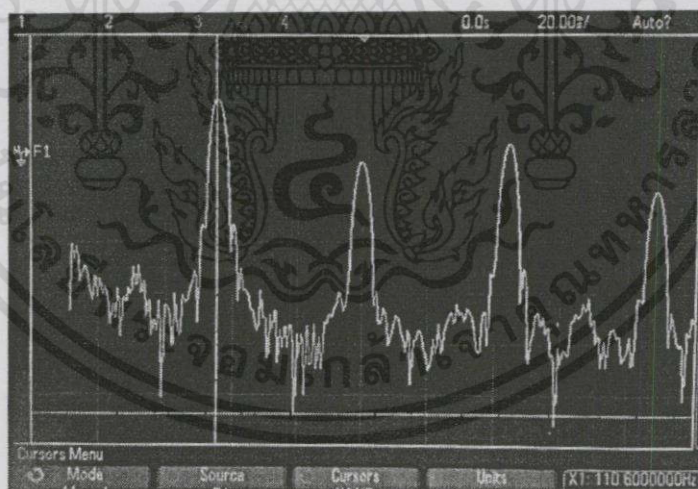
รูปที่ 4.14 สัญญาณ FFT ที่กีตาร์สาย 6 หลังผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา หละต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.15 เห็นได้ว่ามีความถี่อื่นๆข้างเคียงความถี่ 110.00 Hz จำนวนมากและมีระดับที่สูงกว่าความถี่ของกีตาร์สาย 5 ซึ่งหลังจากผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่านที่ออกแบบไว้แล้ว ผลจะได้ตามรูปที่ 4.16 ออกมาซึ่งจะมีระดับความถี่ที่ 110.00 Hz อยู่ในระดับที่เหมาะสม และในความถี่อื่น ๆ มีระดับลดแทรกกลงไปมากพอสมควร



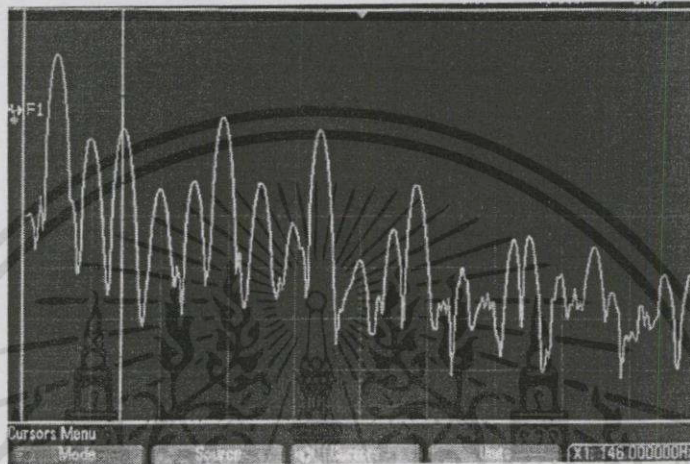
รูปที่ 4.15 สัญญาณ FFT ที่กีตาร์สาย 5 ก่อนผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่าน



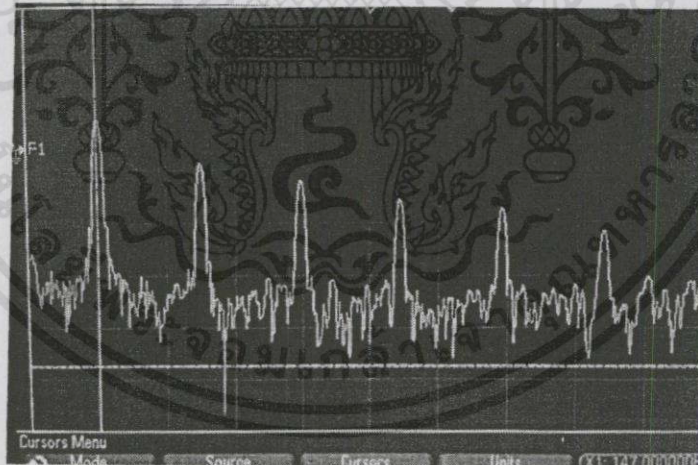
รูปที่ 4.16 สัญญาณ FFT ที่กีตาร์สาย 5 หลังผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.17 เห็นได้ว่ามีความถี่อื่นๆข้างเคียงความถี่ 146.00 Hz จำนวนมากและมีระดับที่สูงกว่าความถี่ของกีตาร์สาย 4 ซึ่งหลังจากผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่านที่ออกแบบไว้แล้ว ผลจะได้ตามรูปที่ 4.18 ออกมาซึ่งจะมีระดับความถี่ที่ 146.00 Hz อยู่ในระดับที่เหมาะสม และในความถี่อื่น ๆ มีระดับลดทอนลงลดไปมากพอสมควร



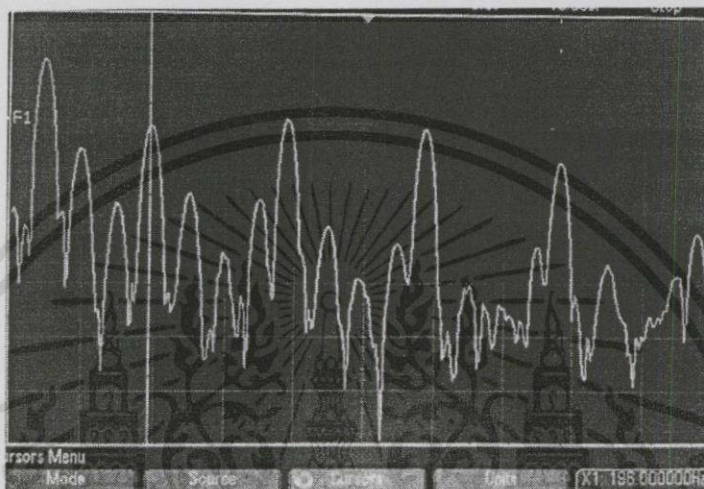
รูปที่ 4.17 สัญญาณ FFT ที่กีตาร์สาย 4 ก่อนผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่าน



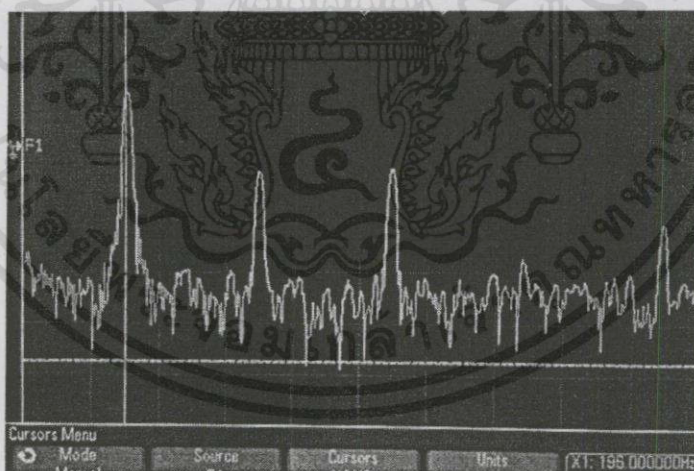
รูปที่ 4.18 สัญญาณ FFT ที่กีตาร์สาย 4 หลังผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.19 เห็นได้ว่ามีความถี่อื่นๆข้างเคียงความถี่ 196.00 Hz จำนวนมากและมีระดับที่สูงกว่าความถี่ของกีตาร์สาย 3 ซึ่งหลังจากผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่านที่ออกแบบไว้แล้ว ผลจะได้ตามรูปที่ 4.20 ออกมาซึ่งจะมีระดับความถี่ที่ 196.00 Hz อยู่ในระดับที่เหมาะสม และในความถี่อื่นๆมีระดับลดทอนลงลดไปมากพอสมควร



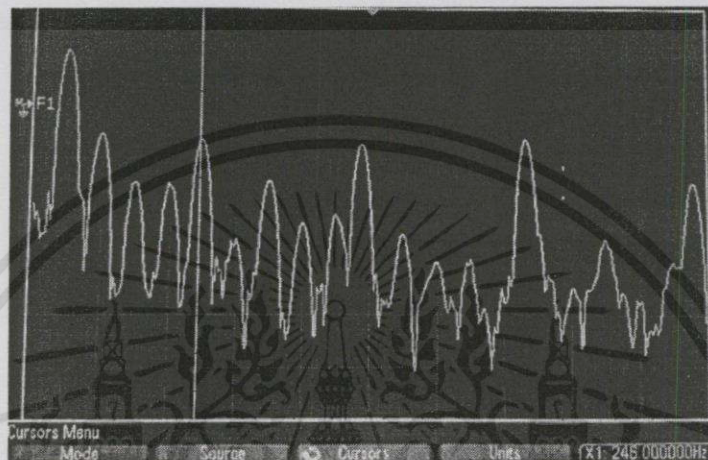
รูปที่ 4.19 สัญญาณ FFT ที่กีตาร์สาย 3 ก่อนผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่าน



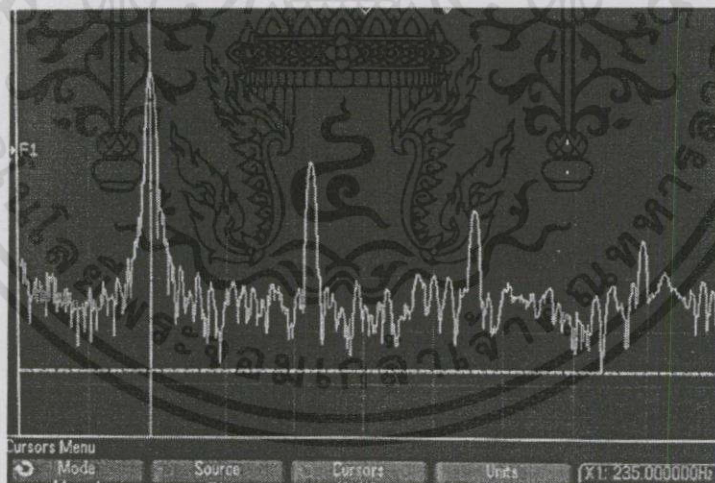
รูปที่ 4.20 สัญญาณ FFT ที่กีตาร์สาย 3 หลังผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.21 เห็นได้ว่ามีความถี่อื่นๆข้างเคียงความถี่ 246.00 Hz จำนวนมากและมีระดับที่สูงกว่าความถี่ของกีตาร์สาย 2 ซึ่งหลังจากผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่านที่ออกแบบไว้แล้ว ผลจะได้ตามรูปที่ 4.22 ออกมาซึ่งจะมีระดับความถี่ที่ 246.00 Hz อยู่ในระดับที่เหมาะสม และในความถี่อื่นๆมีระดับลดแทรกกลงไปมากพอสมควร



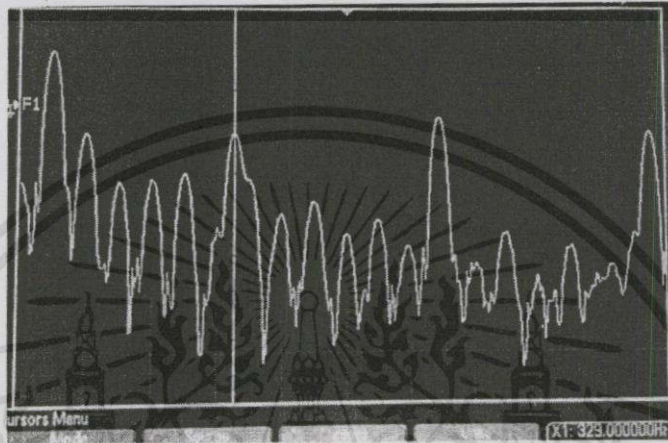
รูปที่ 4.21 สัญญาณ FFT ที่กีตาร์สาย 2 ก่อนผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่าน



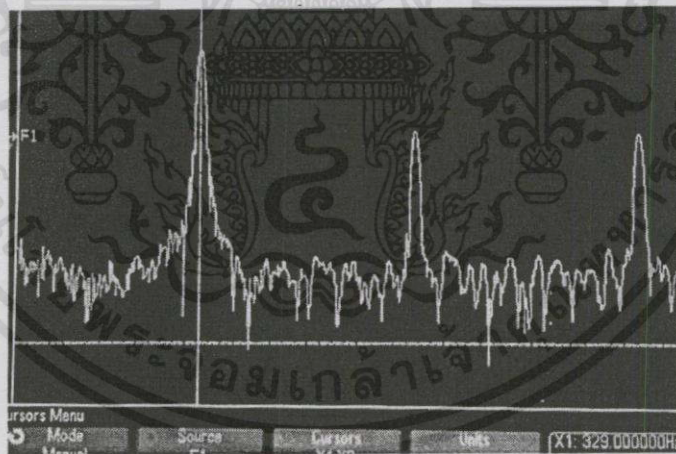
รูปที่ 4.22 สัญญาณ FFT ที่กีตาร์สาย 2 หลังผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.23 เห็นได้ว่ามีความถี่อื่นๆข้างเคียงความถี่ 329.00 Hz จำนวนมากและมีระดับที่สูงกว่าความถี่ของกีตาร์สาย 1 ซึ่งหลังจากผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่านที่ออกแบบไว้แล้ว ผลจะได้ตามรูปที่ 4.24 ออกมาซึ่งจะมีระดับความถี่ที่ 329.00 Hz อยู่ในระดับที่เหมาะสม และในความถี่อื่นๆมีระดับลดแทรกกลงไปมากพอสมควร



รูปที่ 4.23 สัญญาณ FFT ที่กีตาร์สาย 1 ก่อนผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่าน



รูปที่ 4.24 สัญญาณ FFT ที่กีตาร์สาย 1 หลังผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่าน

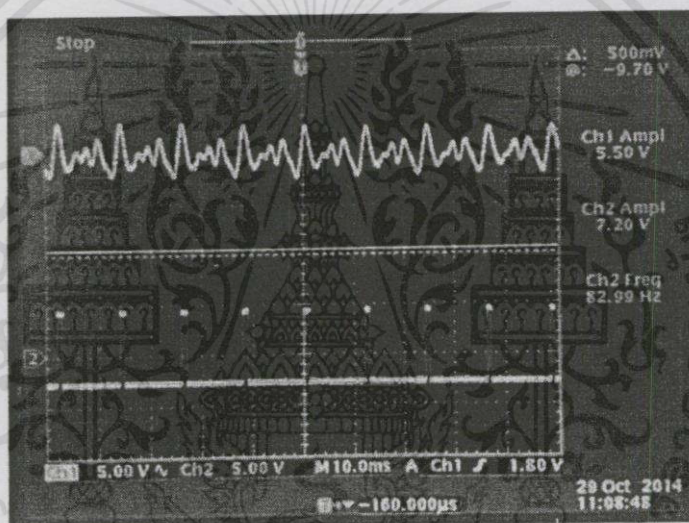
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลองวัดสัญญาณผ่านวงจรเปรียบเทียบแรงดัน

ในส่วนของวงจรนี้สัญญาณถูกแปลงจากสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลเพื่อนำไปประมวลผลต่อสู่มicroคอนโทรลเลอร์ ซึ่งสัญญาณเป็นสัญญาณเป็นไบโพล่าซึ่งจะได้ช่วงความถี่ 80 Hz ถึง 330 Hz โดยเรียงจากสายกีตาร์สาย 6 ไปสาย 1 ผลจะแสดงเป็นสัญญาณดังรูป

จากนั้นรูปที่ 4.25 ถึงรูปที่ 4.30 แสดงสัญญาณ CH.1 ผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่าน CH.2 ผ่านวงจรเปรียบเทียบแรงดันโดยผลของสัญญาณที่เอาต์พุตจะเป็นสัญญาณดิจิทัล

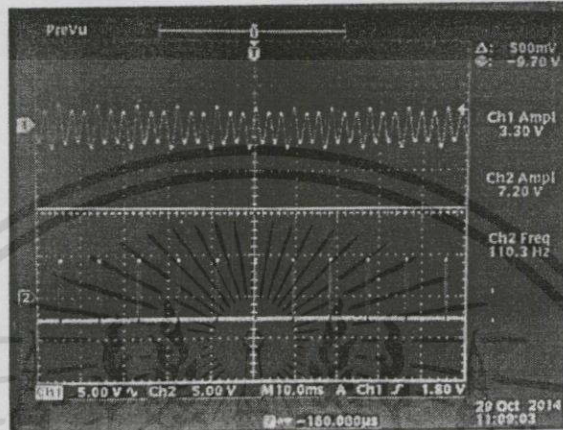
จากรูปที่ 4.25 จากสัญญาณ Ch.1 เป็นสัญญาณที่ผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่านจากกีตาร์สาย 6 โดยตรงมีขนาด 5.50 V และ Ch.2 วัดผ่านวงจรเปรียบเทียบแรงดันมีขนาดสัญญาณ 7.20 V และมีความถี่เท่ากับ 82.99 Hz



รูปที่ 4.25 สัญญาณสาย 6 จาก CH.1 ผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่าน CH.2 ผ่านวงจรเปรียบเทียบแรงดัน

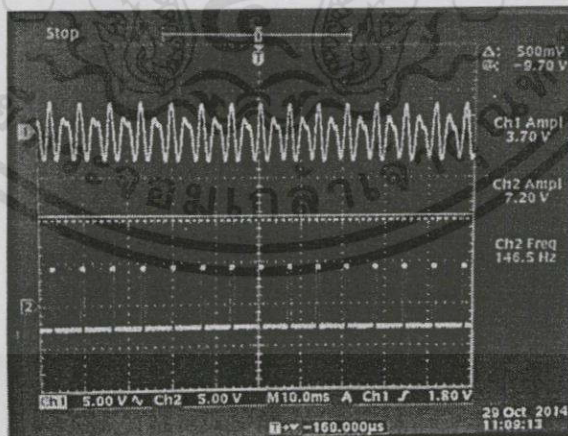
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.26 จากสัญญาณ Ch.1 เป็นสัญญาณที่ผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่านจากกีตาร์สาย 5 โดยตรงมีขนาด 3.30 V และ Ch.2 วัดผ่านวงจรเปรียบเทียบแรงดันมีขนาดสัญญาณ 7.20 V และมีความถี่เท่ากับ 110.30 Hz



รูปที่ 4.26 สัญญาณสาย 5 จาก CH.1 ผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่าน CH.2 ผ่านวงจรเปรียบเทียบแรงดัน

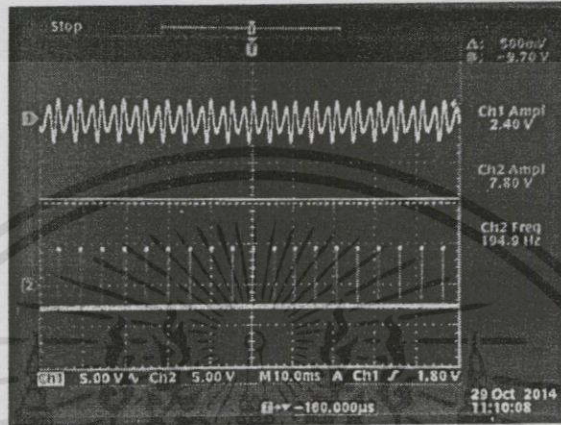
จากรูปที่ 4.27 จากสัญญาณ Ch.1 เป็นสัญญาณที่ผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่านจากกีตาร์สาย 4 โดยตรงมีขนาด 3.70 V และ Ch.2 วัดผ่านวงจรเปรียบเทียบแรงดันมีขนาดสัญญาณ 7.20 V และมีความถี่เท่ากับ 146.50 Hz



รูปที่ 4.27 สัญญาณสาย 4 จาก CH.1 ผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่าน CH.2 ผ่านวงจรเปรียบเทียบ

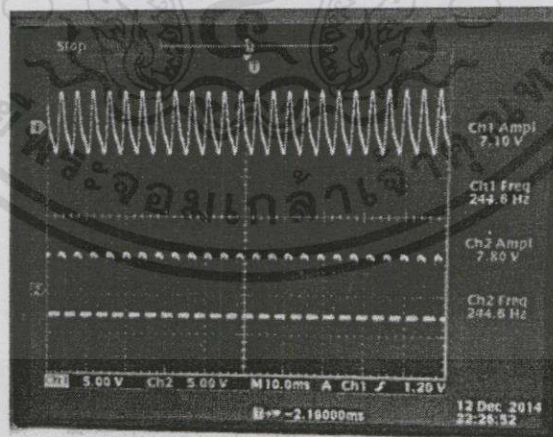
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการ**แรงดัน**เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.28 จากสัญญาณ Ch.1 เป็นสัญญาณที่ผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่านจากกีตาร์สาย 3 โดยตรงมีขนาด 2.49 V และ Ch.2 วัดผ่านวงจรเปรียบเทียบแรงดันมีขนาดสัญญาณ 7.20 V และมีความถี่เท่ากับ 194.90 Hz



รูปที่ 4.28 สัญญาณสาย 3 จาก CH.1 ผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่าน CH.2 ผ่านวงจรเปรียบเทียบแรงดัน

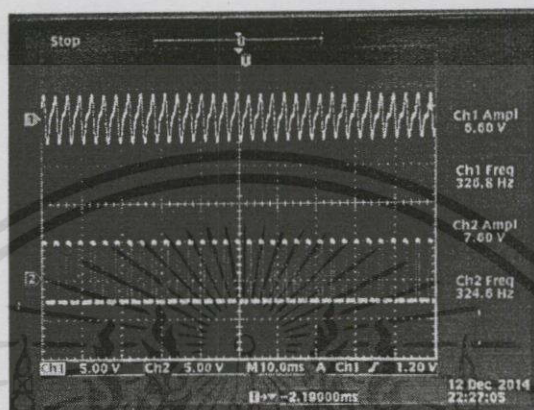
จากรูปที่ 4.29 จากสัญญาณ Ch.1 เป็นสัญญาณที่ผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่านจากกีตาร์สาย 2 โดยตรงมีขนาด 7.10 V และ Ch.2 วัดผ่านวงจรเปรียบเทียบแรงดันมีขนาดสัญญาณ 7.20 V และมีความถี่เท่ากับ 244.60 Hz



รูปที่ 4.29 สัญญาณสาย 2 จาก CH.1 ผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่าน CH.2 ผ่านวงจรเปรียบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการ **แรงดัน** เท่านั้น "ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้"

จากรูปที่ 4.30 จากสัญญาณ Ch.1 เป็นสัญญาณที่ผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่านจากกีตาร์สาย 1 โดยตรงมีขนาด 6.60 V และ Ch.2 วัดผ่านวงจรเปรียบเทียบแรงดันมีขนาดสัญญาณ 7.20 V และมีความถี่เท่ากับ 324.60 Hz



รูปที่ 4.30 สัญญาณสาย 1 จาก CH.1 ผ่านวงจรกรองความถี่แถบผ่าน CH.2 ผ่านวงจรเปรียบเทียบแรงดัน

4.4 ผลการทดลองกับชิ้นงานจริง

เมื่อทำการประกอบวงจรเข้าตามแบบแล้วจะได้ชิ้นงานตามรูปที่ 4.31 ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนของรูสายสัญญาณสำหรับเสียบเข้าอยู่ด้านล่าง ส่วนของมอเตอร์หมุนลูกบิดกีตาร์อยู่บนขวาบนไว้สำหรับถือมือซ้ายเพราะส่วนมากเราจะเล่นกีตาร์ในมือซ้าย ปุ่มสำหรับเลือกตั้งสายแต่ละเส้นที่ต้องการ และส่วนของการแสดงผลซึ่งมีจอ LCD สำหรับเลือกสายกีตาร์และแสดงค่าความถี่ออกมา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 4.31 ชิ้นงานประกอบผลิตภัณฑ์เรียบร้อยแล้วนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.32 ทำการทดสอบหมุนลูกบิดกีตาร์โดยการครอบไปในส่วนของลูกบิดกีตาร์ เมื่อทำการดีดสายแต่ละสายมอเตอร์จะทำการหมุนซ้ายหรือหมุนขวาเพื่อปรับความถี่ให้ตรง

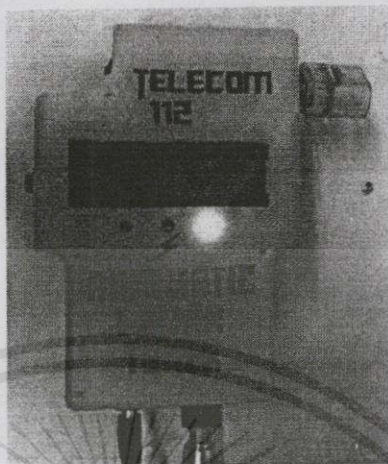


รูปที่ 4.32 ทดสอบการใช้งานจริงกับกีตาร์

เมื่อทดลองดีดกับสายกีตาร์ที่ 6 มีความถี่ต่ำกว่ามาตรฐานจะเห็นได้ว่าการแสดงผลของ LED สีแดงออกมาทางด้านขวาออกมา มอเตอร์ก็จะหมุนปรับให้สายนั้นตึงขึ้นให้มีความถี่ที่เป็นมาตรฐานดังรูปที่ 4.33 หรือถ้ามีความถี่เกินกว่ามาตรฐาน LED จะแสดงผลให้มีไฟอยู่ด้านซ้ายออกมา มอเตอร์จะหมุนให้สายนั้นหย่อนลงดังรูปที่ 4.34



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ มีลิขสิทธิ์โดย บริษัท เทคโนโลยี ฟรอนเทียร์ จำกัด เมื่อผู้ใดได้เข้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



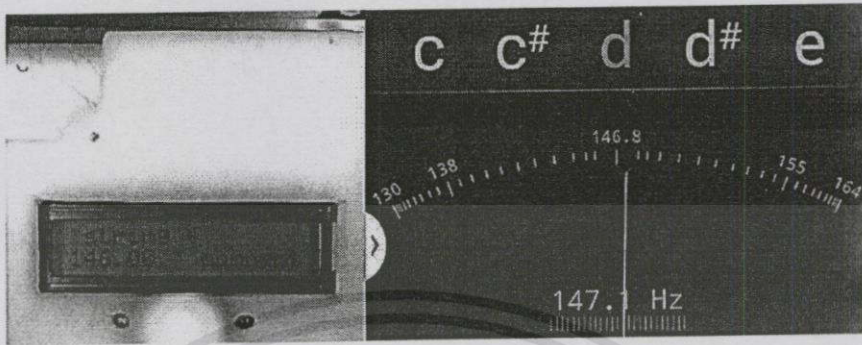
รูปที่ 4.34 ไฟ LED เตือนเมื่อมีความถี่มากกว่าค่ามาตรฐาน

เราทำการติดตั้งสายกีตาร์จนมีความถี่ตรงค่าความถี่มาตรฐานแล้ว จะมีการแสดงผลของ LED สำหรับเงินตรงกลางและทำการหยุดมอเตอร์โดยมันท์ และกดปุ่มเลือกตั้งสายกีตาร์สำหรับการตั้งสายถัดไป



รูปที่ 4.35 ไฟ LED เตือนเมื่อมีความถี่ตรงค่ามาตรฐาน

จากการทดลองกับเครื่องตั้งสายอัตโนมัติเทียบกับเครื่องตั้งสายทั่วไปในตลาดดังรูปที่ 4.36 พบว่าที่สาย 4 มีความถี่โน้ตค่อนข้างตรงกับเครื่องตั้งสายทั่วไป และมีผลค่าความถี่ได้เท่ากับตารางที่ 4.1 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ใช้งานได้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.36 ทดลองดีดกีตาร์สาย 4 กับเครื่องตั้งสายทั่วไป

4.4.1 ผลการทดลองความถี่ทางปฏิบัติและทฤษฎี

เก็บผลการทดลองโดยการให้เครื่องตั้งสายอัตโนมัติตั้งและเทียบค่าความถี่ทางปฏิบัติและทฤษฎีจะได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงความถี่ผลความถี่ทางปฏิบัติและทฤษฎี

สาย	ความถี่ทางทฤษฎี (Hz)	ความถี่ทางปฏิบัติ (Hz)	ความคลาดเคลื่อน (%)
6	81.00	82.99	2.45
5	111.00	110.30	0.27
4	146.80	147.10	3.85
3	197.00	194.90	1.06
2	245.94	244.60	0.54
1	328.63	324.60	1.22

จากตารางที่ 4.1 แสดงได้ว่าความถี่ทางปฏิบัติและทฤษฎีนั้นมีค่าใกล้เคียงกันมาก ให้ผลตรงตามทฤษฎีแต่มีผิดพลาดเพียงเล็กน้อยผลกระทบของสัญญาณรบกวน (noise)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่จำกัดใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อมูลเสนอแนะ

5.1 อุปสรรคที่พบในการทำงาน

- 1) อุปกรณ์บางตัวที่ซื้อมามีความทนทานน้อยและราคาสูง
- 2) เกิดความถี่รบกวนที่เกิดจากสัญญาณกีตาร์ และสัญญาณรบกวน
- 3) การออกแบบวงจรวงจรรองความถี่แถบผ่าน ต้องวิเคราะห์ขนาดสัญญาณแต่ละเส้นเพราะขนาดแต่ละสายไม่เท่ากัน จึงต้องออกแบบแบนด์ให้เหมาะสมกันในแต่ละสาย

5.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการนี้

- 1) เข้าใจหลักการของวงจรขยายแรงดัน วงจรรองความถี่แถบผ่านและวงจรเปรียบเทียบแรงดัน
- 2) ทราบถึงอุปกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับวงจรรองความถี่ทั้งหมด
- 3) ทราบถึงหลักการการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณพัลส์
- 4) ทราบถึงความถี่ของสายกีตาร์แต่ละสายที่เป็นมาตรฐาน
- 5) สามารถใช้ความรู้ที่เรียนมา ประยุกต์แก้ปัญหาในเครื่องดนตรีได้

5.3 สรุปผล

จากการทดลองพบว่าเมื่อทำการวัดผลสัญญาณพัลส์ที่ผ่านวงจรทั้งหมดแล้วพบว่าความถี่ของแต่ละสายกีตาร์ที่วัดนั้นติดสายเปล่าในทางปฏิบัติพบว่าผลการทดลองมีความถี่ที่ใกล้เคียงมากในทางทฤษฎีมีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 4% เท่านั้นตามตารางที่ 5.1 ซึ่งในส่วนของวงจรวงจรรองความถี่แถบผ่านได้ตัดความถี่รบกวนออกไปแล้วทำให้ผลการทดลองมีความถี่อยู่ในแถบความถี่ที่เราต้องการอย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

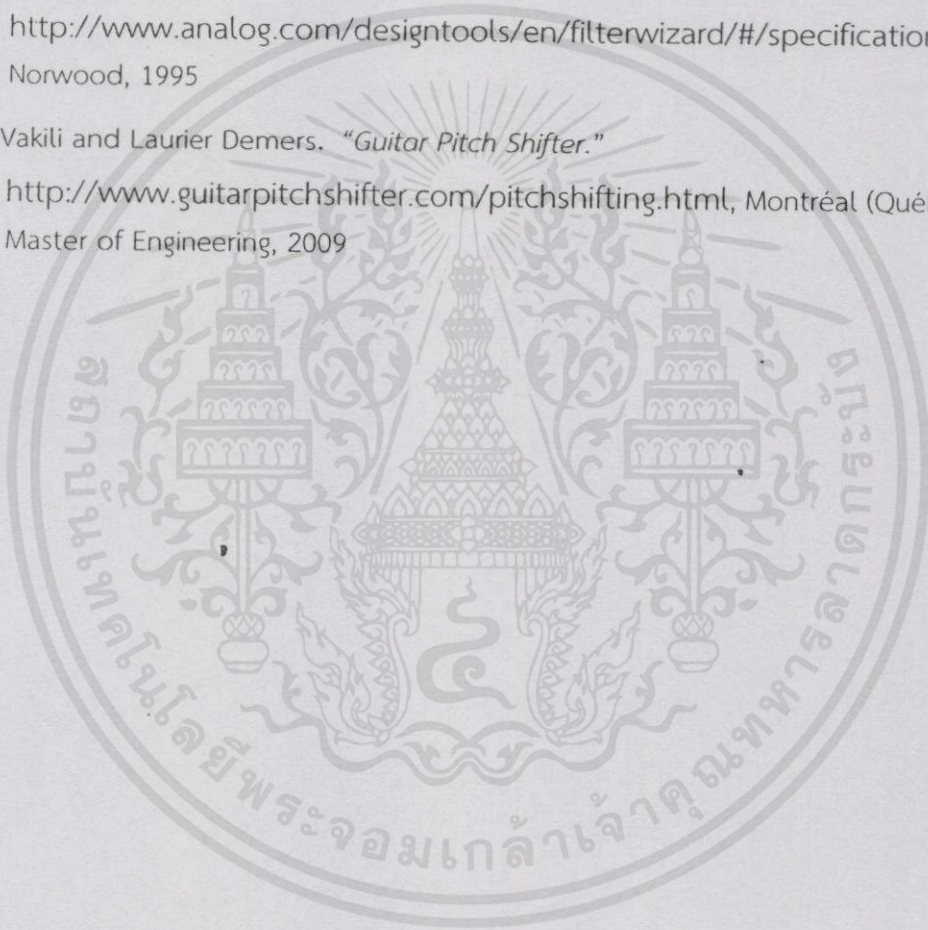
ตารางที่ 5.1 แสดงความถี่ผลความถี่ทางปฏิบัติและทฤษฎี

สาย	ความถี่ทางทฤษฎี (Hz)	ความถี่ทางปฏิบัติ (Hz)	ความคลาดเคลื่อน (%)
6	81.00	82.99	2.45
5	111.00	110.30	0.27
4	146.83	147.10	3.85
3	197.00	194.90	1.06
2	245.94	244.60	0.54
1	328.63	324.60	1.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] nrx northwestern education. "Guitar Tuning Project."
http://hades.mech.northwestern.edu/index.php/Guitar_Tuning_Project, Chicaco:
Electrical Engineering and Computer Science, 2009.
- [2] John Main. "Automatic Instrument Tuner."
<http://www.best-microcontroller-projects.com/automatic-instrument-tuner.html>
- [3] Analog Device, Inc. "Analog Filter Wizard."
<http://www.analog.com/designtools/en/filterwizard/#/specifications>,
Norwood, 1995
- [4] Arash Vakili and Laurier Demers. "Guitar Pitch Shifter."
<http://www.guitarpitchshifter.com/pitchshifting.html>, Montréal (Québec):
Master of Engineering, 2009



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#include <16f88.h>
#include <delay.h>
#include "flex_lcd.c"
#define FUSES HS, NOWDT, NOCPD, NOPROTECT
```

```
unsigned int32 cnt_value;
int sec, num=0;
//float freq2;
float value, freq2;
```

```
#int_TIMER1
void TIMER1_isr(void)
{
    cnt_value+= 65536;
}
void C()
{
    set_timer1(0);
    setup_timer_1(T1_EXTERNAL | T1_DIV_BY_1);
    delay_ms(1000);
    sec=sec+1;

    setup_timer_1(T1_DISABLED);
    freq2=get_timer1();
}
}
```

```
void main(void)
```

```
{
```

เอกสารนี้เป็น `lcd_init()`; สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

while(true)
{

    C();
    lcd_gotoxy(1,2);
    printf(lcd_putc," %f ",freq2);

    if(input(PIN_B5)){num++;} //select string

    if(num==0){lcd_gotoxy(1,1); printf(lcd_putc," string 6 "); //string6

        if(freq2>51&&freq2<82){
            output_high(PIN_A0);
            output_low(PIN_A1);
            output_low(PIN_A2);
        }
        if(freq2>=82&&freq2<=83){ //correct
            output_high(PIN_A2);
            output_low(PIN_A1);
            output_low(PIN_A0);
        }
        if(freq2>83&&freq2<120){
            output_high(PIN_A1);
            output_low(PIN_A0);
            output_low(PIN_A2);
        }

    }

    if(num==1){lcd_gotoxy(1,1); printf(lcd_putc," string 5 "); //string5
        if(freq2>82&&freq2<109){
            output_high(PIN_A0);
            output_low(PIN_A1);
            output_low(PIN_A0);
        }
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    if(freq2>109&&freq2<111){ //correct
    output_high(PIN_A2);
    output_low(PIN_A1);
    output_low(PIN_A0);
    }
    if(freq2>111&&freq2<140){
    output_high(PIN_A1);
    output_low(PIN_A0);
    output_low(PIN_A2);
    }
}
if(num==2){lcd_gotoxy(1,1); printf(lcd_putc," string 4 "); //string4
    if(freq2>112&&freq2<=145){
    output_high(PIN_A0);
    output_low(PIN_A1);
    output_low(PIN_A2);
    }
    if(freq2>145&&freq2<147){ //correct
    output_high(PIN_A2);
    output_low(PIN_A1);
    output_low(PIN_A0);
    }
    if(freq2>=147&&freq2<190){
    output_high(PIN_A1);
    output_low(PIN_A0);
    output_low(PIN_A2);
    }
}
if(num==3){lcd_gotoxy(1,1); printf(lcd_putc," string 3 "); //string3
    if(freq2>150&&freq2<196){
    output_high(PIN_A0);
    output_low(PIN_A1);
    output_low(PIN_A2);
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารทูลงาน วิชา ีหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    if(freq2>195&&freq2<197){ //correct
    output_high(PIN_A2);
    output_low(PIN_A1);
    output_low(PIN_A0);
    }
    if(freq2>=197&&freq2<240){
    output_high(PIN_A1);
    output_low(PIN_A0);
    output_low(PIN_A2);
    }
}
if(num==4){lcd_gotoxy(1,1); printf(lcd_putc," string 2 "); //string2
    if(freq2>200&&freq2<246){
    output_high(PIN_A0);
    output_low(PIN_A1);
    output_low(PIN_A2);
    }
    if(freq2>=246&&freq2<=247){ //correct
    output_high(PIN_A2);
    output_low(PIN_A1);
    output_low(PIN_A0);
    }
    if(freq2>=248&&freq2<320){
    output_high(PIN_A1);
    output_low(PIN_A0);
    output_low(PIN_A2);
    }
}
if(num==5){lcd_gotoxy(1,1); printf(lcd_putc," string 1 "); //string1
    if(freq2>250&&freq2<328){
    output_high(PIN_A0);
    output_low(PIN_A1);
    output_low(PIN_A2);
    }
    if(freq2>=328&&freq2<=329){ //correct
    output_high(PIN_A2);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม สิ่งทั้งหมดนี้ใช้โดยไม่คิดค่าตอบแทน และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
output_low(PIN_A1);  
output_low(PIN_A0);  
}  
if(freq2>329&&freq2<400){  
output_high(PIN_A1);  
output_low(PIN_A0);  
output_low(PIN_A2);  
}  
}  
if(num==6){num=0;}  
  
}  
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข

Datasheet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



MICROCHIP

PIC16F87/88 **Data Sheet**

18/20/28-Pin Enhanced Flash
Microcontrollers with
nanoWatt Technology

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Note the following details of the code protection feature on Microchip devices:

- Microchip products meet the specification contained in their particular Microchip Data Sheet.
- Microchip believes that its family of products is one of the most secure families of its kind on the market today, when used in the intended manner and under normal conditions.
- There are dishonest and possibly illegal methods used to breach the code protection feature. All of these methods, to our knowledge, require using the Microchip products in a manner outside the operating specifications contained in Microchip's Data Sheets. Most likely, the person doing so is engaged in theft of intellectual property.
- Microchip is willing to work with the customer who is concerned about the integrity of their code.
- Neither Microchip nor any other semiconductor manufacturer can guarantee the security of their code. Code protection does not mean that we are guaranteeing the product as "unbreakable."

Code protection is constantly evolving. We at Microchip are committed to continuously improving the code protection features of our products. Attempts to break Microchip's code protection feature may be a violation of the Digital Millennium Copyright Act. If such acts allow unauthorized access to your software or other copyrighted work, you may have a right to sue for relief under that Act.

Information contained in this publication regarding device applications and the like is provided only for your convenience and may be superseded by updates. It is your responsibility to ensure that your application meets with your specifications. MICROCHIP MAKES NO REPRESENTATIONS OR WARRANTIES OF ANY KIND WHETHER EXPRESS OR IMPLIED, WRITTEN OR ORAL, STATUTORY OR OTHERWISE, RELATED TO THE INFORMATION, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO ITS CONDITION, QUALITY, PERFORMANCE, MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR PURPOSE. Microchip disclaims all liability arising from this information and its use. Use of Microchip's products as critical components in life support systems is not authorized except with express written approval by Microchip. No licenses are conveyed, implicitly or otherwise, under any Microchip intellectual property rights.

Trademarks

The Microchip name and logo, the Microchip logo, Accuron, dsPIC, KEELoC, microID, MPLAB, PIC, PICmicro, PICSTART, PRO MATE, PowerSmart, rPIC, and SmartShunt are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.


AmpLab, FilterLab, Migratable Memory, MXDEV, MXLAB, PICMASTER, SEEVAL, SmartSensor and The Embedded Control Solutions Company are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

Analog-for-the-Digital Age, Application Maestro, dsPICDEM, dsPICDEM.net, dsPICworks, ECAN, ECONOMONITOR, FanSense, FlexROM, fuzzyLAB, In-Circuit Serial Programming, ICSP, ICEPIC, MPASM, MPLIB, MPLINK, MPSIM, PICKit, PICDEM, PICDEM.net, PICLAB, PICtail, PowerCal, PowerInfo, PowerMate, PowerTool, rLAB, rPICDEM, Select Mode, Smart Serial, SmartTel and Total Endurance are trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.

SQTP is a service mark of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

All other trademarks mentioned herein are property of their respective companies.

© 2005, Microchip Technology Incorporated, Printed in the U.S.A., All Rights Reserved.

 Printed on recycled paper.

**QUALITY MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV**

== ISO/TS 16949:2002 ==

Microchip received ISO/TS-16949:2002 quality system certification for its worldwide headquarters, design and wafer fabrication facilities in Chandler and Tempe, Arizona and Mountain View, California in October 2003. The Company's quality system processes and procedures are for its PICmicro® 8-bit MCUs, KEELoC® code hopping devices, Serial EEPROMs, microperipherals, nonvolatile memory and analog products. In addition, Microchip's quality system for the design and manufacture of development systems is ISO 9001:2000 certified.

18/20/28-Pin Enhanced Flash MCUs with nanoWatt Technology

Low-Power Features:

- Power-Managed modes:
 - Primary Run: RC oscillator, 76 μ A, 1 MHz, 2V
 - RC_RUN: 7 μ A, 31.25 kHz, 2V
 - SEC_RUN: 9 μ A, 32 kHz, 2V
 - Sleep: 0.1 μ A, 2V
- Timer1 Oscillator: 1.8 μ A, 32 kHz, 2V
- Watchdog Timer: 2.2 μ A, 2V
- Two-Speed Oscillator Start-up

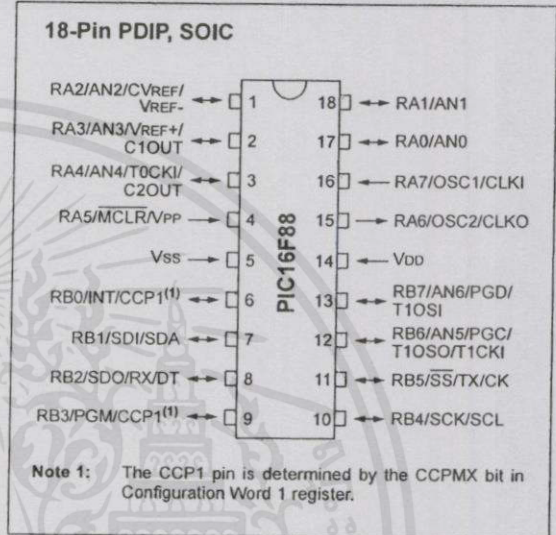
Oscillators:

- Three Crystal modes:
 - LP, XT, HS: up to 20 MHz
- Two External RC modes
- One External Clock mode:
 - ECIO: up to 20 MHz
- Internal oscillator block:
 - 8 user selectable frequencies: 31 kHz, 125 kHz, 250 kHz, 500 kHz, 1 MHz, 2 MHz, 4 MHz, 8 MHz

Peripheral Features:

- Capture, Compare, PWM (CCP) module:
 - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
 - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
 - PWM max. resolution is 10-bit
- 10-bit, 7-channel Analog-to-Digital Converter
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master/Slave) and I²C™ (Slave)
- Addressable Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (AUSART/SCI) with 9-bit address detection:
 - RS-232 operation using internal oscillator (no external crystal required)
- Dual Analog Comparator module:
 - Programmable on-chip voltage reference
 - Programmable input multiplexing from device inputs and internal voltage reference
 - Comparator outputs are externally accessible

Pin Diagram



Special Microcontroller Features:

- 100,000 erase/write cycles Enhanced Flash program memory typical
- 1,000,000 typical erase/write cycles EEPROM data memory typical
- EEPROM Data Retention: > 40 years
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- Processor read/write access to program memory
- Low-Voltage Programming
- In-Circuit Debugging via two pins
- Extended Watchdog Timer (WDT):
 - Programmable period from 1 ms to 268s
- Wide operating voltage range: 2.0V to 5.5V

Device	Program Memory		Data Memory		I/O Pins	10-bit A/D (ch)	CCP (PWM)	AUSART	Comparators	SSP	Timers 8/16-bit
	Flash (bytes)	# Single-Word Instructions	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)							
PIC16F87	7168	4096	368	256	16	N/A	1	Y	2	Y	2/1
PIC16F88	7168	4096	368	256	16	1	1	Y	2	Y	2/1

7.0 TIMER1 MODULE

The Timer1 module is a 16-bit timer/counter consisting of two 8-bit registers (TMR1H and TMR1L) which are readable and writable. The TMR1 register pair (TMR1H:TMR1L) increments from 0000h to FFFFh and rolls over to 0000h. The TMR1 interrupt, if enabled, is generated on overflow which is latched in interrupt flag bit, TMR1IF (PIR1<0>). This interrupt can be enabled/disabled by setting/clearing TMR1 interrupt enable bit, TMR1IE (PIE1<0>).

The Timer1 oscillator can be used as a secondary clock source in low-power modes. When the T1RUN bit is set along with SCS<1:0> = 01, the Timer1 oscillator is providing the system clock. If the Fail-Safe Clock Monitor is enabled and the Timer1 oscillator fails while providing the system clock, polling the T1RUN bit will indicate whether the clock is being provided by the Timer1 oscillator or another source.

Timer1 can also be used to provide Real-Time Clock (RTC) functionality to applications with only a minimal addition of external components and code overhead.

7.1 Timer1 Operation

Timer1 can operate in one of three modes:

- as a Timer
- as a Synchronous Counter
- as an Asynchronous Counter

The operating mode is determined by the clock select bit, TMR1CS (T1CON<1>).

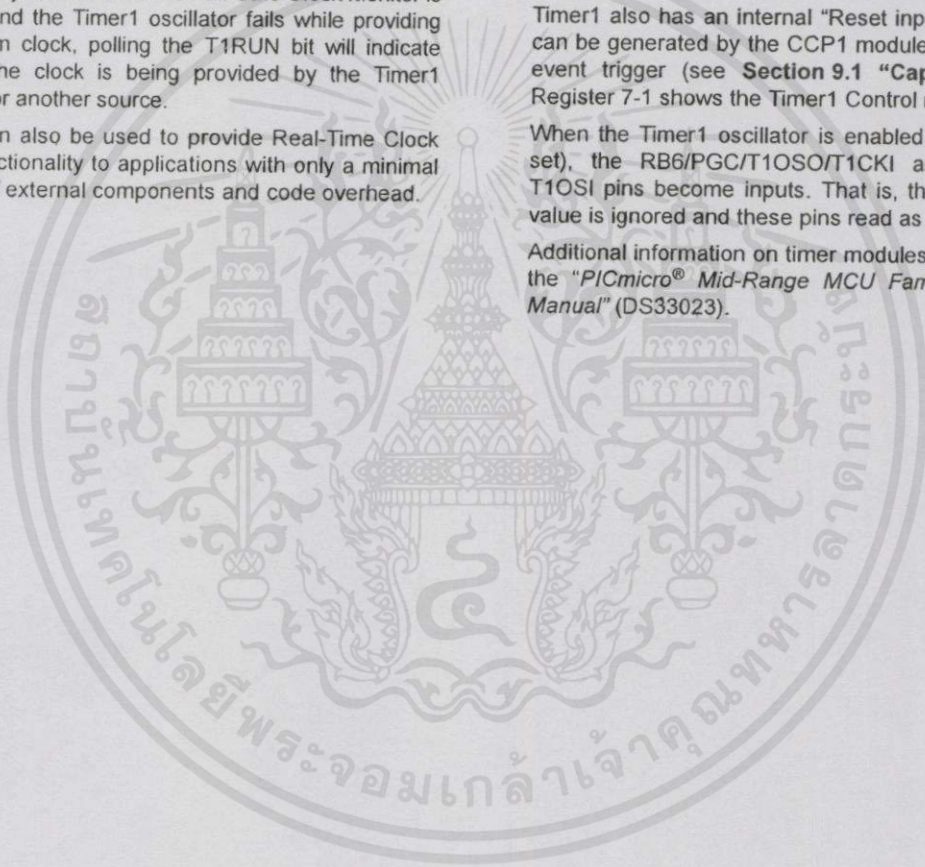
In Timer mode, Timer1 increments every instruction cycle. In Counter mode, it increments on every rising edge of the external clock input.

Timer1 can be enabled/disabled by setting/clearing control bit, TMR1ON (T1CON<0>).

Timer1 also has an internal "Reset input". This Reset can be generated by the CCP1 module as the special event trigger (see **Section 9.1 "Capture Mode"**). Register 7-1 shows the Timer1 Control register.

When the Timer1 oscillator is enabled (T1OSCEN is set), the RB6/PGC/T1OSO/T1CKI and RB7/PGD/T1OSI pins become inputs. That is, the TRISB<7:6> value is ignored and these pins read as '0'.

Additional information on timer modules is available in the "PICmicro® Mid-Range MCU Family Reference Manual" (DS33023).



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIC16F87/88

REGISTER 7-1: T1CON: TIMER1 CONTROL REGISTER (ADDRESS 10h)

U-0	R-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	T1RUN	T1CKPS1	T1CKPS0	T1OSCEN	T1SYNC	TMR1CS	TMR1ON
bit 7							bit 0

- bit 7 **Unimplemented:** Read as '0'
- bit 6 **T1RUN:** Timer1 System Clock Status bit
 1 = System clock is derived from Timer1 oscillator
 0 = System clock is derived from another source
- bit 5-4 **T1CKPS<1:0>:** Timer1 Input Clock Prescale Select bits
 11 = 1:8 Prescale value
 10 = 1:4 Prescale value
 01 = 1:2 Prescale value
 00 = 1:1 Prescale value
- bit 3 **T1OSCEN:** Timer1 Oscillator Enable Control bit
 1 = Oscillator is enabled
 0 = Oscillator is shut-off (the oscillator inverter is turned off to eliminate power drain)
- bit 2 **T1SYNC:** Timer1 External Clock Input Synchronization Control bit
TMR1CS = 1:
 1 = Do not synchronize external clock input
 0 = Synchronize external clock input
TMR1CS = 0:
 This bit is ignored. Timer1 uses the internal clock when TMR1CS = 0.
- bit 1 **TMR1CS:** Timer1 Clock Source Select bit
 1 = External clock from pin RB6/AN5/PGC/T1OSO/T1CKI (on the rising edge)
 0 = Internal clock (Fosc/4)
- bit 0 **TMR1ON:** Timer1 On bit
 1 = Enables Timer1
 0 = Stops Timer1

Legend:			
R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'	
- n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared	x = Bit is unknown

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2 Timer1 Operation in Timer Mode

Timer mode is selected by clearing the TMR1CS (T1CON<1>) bit. In this mode, the input clock to the timer is $F_{osc}/4$. The synchronize control bit, $\overline{T1SYNC}$ (T1CON<2>), has no effect since the internal clock is always in sync.

7.3 Timer1 Counter Operation

Timer1 may operate in Asynchronous or Synchronous mode, depending on the setting of the TMR1CS bit.

When Timer1 is being incremented via an external source, increments occur on a rising edge. After Timer1 is enabled in Counter mode, the module must first have a falling edge before the counter begins to increment.

7.4 Timer1 Operation in Synchronized Counter Mode

Counter mode is selected by setting bit TMR1CS. In this mode, the timer increments on every rising edge of clock input on pin RB7/PGD/T1OSI when bit T1OSCEN is set, or on pin RB6/PGC/T1OSO/T1CKI when bit T1OSCEN is cleared.

If $\overline{T1SYNC}$ is cleared, then the external clock input is synchronized with internal phase clocks. The synchronization is done after the prescaler stage. The prescaler stage is an asynchronous ripple counter.

In this configuration, during Sleep mode, Timer1 will not increment even if the external clock is present since the synchronization circuit is shut off. The prescaler, however, will continue to increment.

FIGURE 7-1: TIMER1 INCREMENTING EDGE

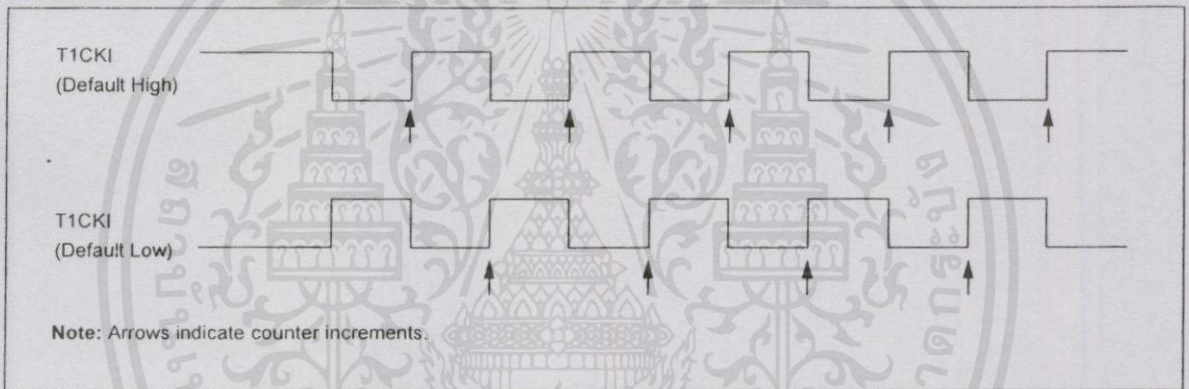
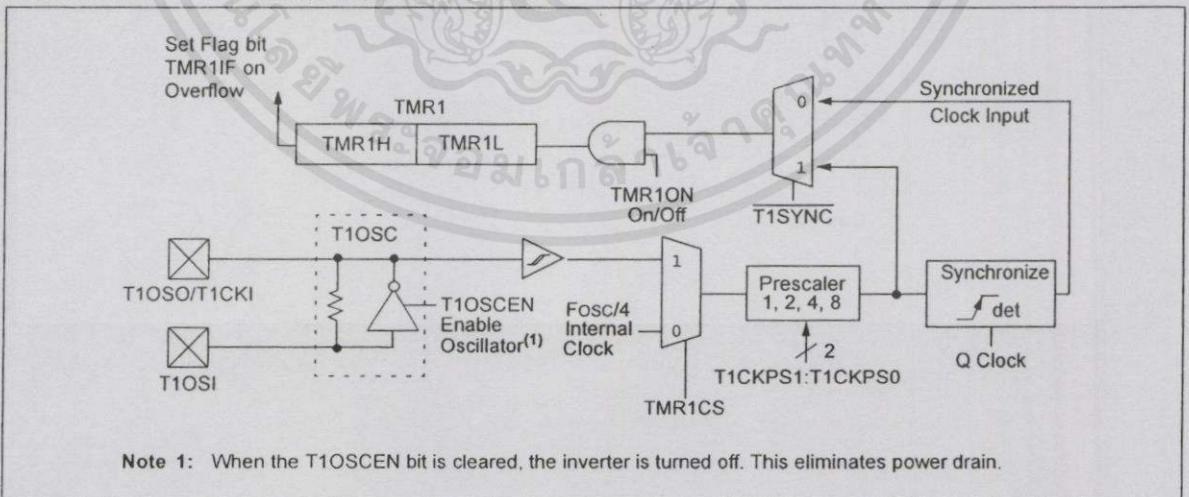


FIGURE 7-2: TIMER1 BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIC16F87/88

7.5 Timer1 Operation in Asynchronous Counter Mode

If control bit $\overline{T1SYNC}$ (T1CON<2>) is set, the external clock input is not synchronized. The timer continues to increment asynchronous to the internal phase clocks. The timer will continue to run during Sleep and can generate an interrupt-on-overflow that will wake-up the processor. However, special precautions in software are needed to read/write the timer (see Section 7.5.1 "Reading and Writing Timer1 in Asynchronous Counter Mode").

In Asynchronous Counter mode, Timer1 cannot be used as a time base for capture or compare operations.

7.5.1 READING AND WRITING TIMER1 IN ASYNCHRONOUS COUNTER MODE

Reading TMR1H or TMR1L while the timer is running from an external asynchronous clock will ensure a valid read (taken care of in hardware). However, the user should keep in mind that reading the 16-bit timer in two 8-bit values itself, poses certain problems, since the timer may overflow between the reads.

For writes, it is recommended that the user simply stop the timer and write the desired values. A write contention may occur by writing to the timer registers while the register is incrementing. This may produce an unpredictable value in the timer register.

Reading the 16-bit value requires some care. The example codes provided in Example 7-1 and Example 7-2 demonstrate how to write to and read Timer1 while it is running in Asynchronous mode.

EXAMPLE 7-1: WRITING A 16-BIT FREE RUNNING TIMER

```
; All interrupts are disabled
CLRf    TMR1L    ; Clear Low byte, Ensures no rollover into TMR1H
MOVLW   HI_BYTE  ; Value to load into TMR1H
MOVWF   TMR1H, F ; Write High byte
MOVLW   LO_BYTE  ; Value to load into TMR1L
MOVWF   TMR1L, F ; Write Low byte
; Re-enable the Interrupt (if required)
CONTINUE ; Continue with your code
```

EXAMPLE 7-2: READING A 16-BIT FREE RUNNING TIMER

```
; All interrupts are disabled
MOVf    TMR1H, W ; Read high byte
MOVWF   TMPH
MOVf    TMR1L, W ; Read low byte
MOVWF   TMPL
MOVf    TMR1H, W ; Read high byte
SUBWF   TMPH, W  ; Sub 1st read with 2nd read
BTfSC   STATUS, Z ; Is result = 0
GOTO    CONTINUE ; Good 16-bit read
; TMR1L may have rolled over between the read of the high and low bytes.
; Reading the high and low bytes now will read a good value.
MOVf    TMR1H, W ; Read high byte
MOVWF   TMPH
MOVf    TMR1L, W ; Read low byte
MOVWF   TMPL
MOVWF   TMPL     ; Re-enable the Interrupt (if required)
CONTINUE ; Continue with your code
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.6 Timer1 Oscillator

A crystal oscillator circuit is built between pins T1OSI (input) and T1OSO (amplifier output). It is enabled by setting control bit T1OSCEN (T1CON<3>). The oscillator is a low-power oscillator, rated up to 32.768 kHz. It will continue to run during all power-managed modes. It is primarily intended for a 32 kHz crystal. The circuit for a typical LP oscillator is shown in Figure 7-3. Table 7-1 shows the capacitor selection for the Timer1 oscillator.

The user must provide a software time delay to ensure proper oscillator start-up.

Note: The Timer1 oscillator shares the T1OSI and T1OSO pins with the PGD and PGC pins used for programming and debugging.

When using the Timer1 oscillator, In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) may not function correctly (high voltage or low voltage), or the In-Circuit Debugger (ICD) may not communicate with the controller. As a result of using either ICSP or ICD, the Timer1 crystal may be damaged.

If ICSP or ICD operations are required, the crystal should be disconnected from the circuit (disconnect either lead) or installed after programming. The oscillator loading capacitors may remain in-circuit during ICSP or ICD operation.

FIGURE 7-3: EXTERNAL COMPONENTS FOR THE TIMER1 LP OSCILLATOR

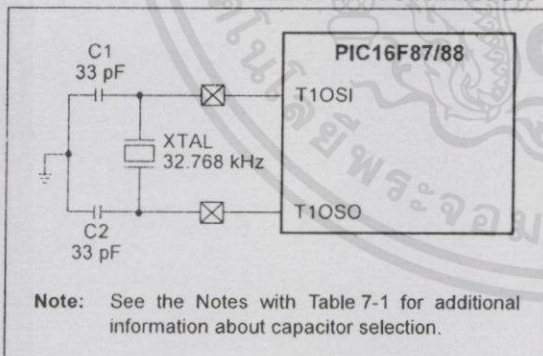


TABLE 7-1: CAPACITOR SELECTION FOR THE TIMER1 OSCILLATOR

Osc Type	Freq	C1	C2
LP	32 kHz	33 pF	33 pF

Note 1: Microchip suggests this value as a starting point in validating the oscillator circuit.

2: Higher capacitance increases the stability of the oscillator but also increases the start-up time.

3: Since each resonator/crystal has its own characteristics, the user should consult the resonator/crystal manufacturer for appropriate values of external components.

4: Capacitor values are for design guidance only.

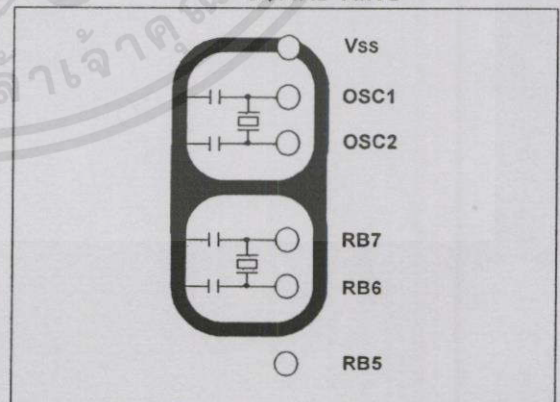
7.7 Timer1 Oscillator Layout Considerations

The Timer1 oscillator circuit draws very little power during operation. Due to the low-power nature of the oscillator, it may also be sensitive to rapidly changing signals in close proximity.

The oscillator circuit, shown in Figure 7-3, should be located as close as possible to the microcontroller. There should be no circuits passing within the oscillator circuit boundaries other than VSS or VDD.

If a high-speed circuit must be located near the oscillator, a grounded guard ring around the oscillator circuit, as shown in Figure 7-4, may be helpful when used on a single-sided PCB or in addition to a ground plane.

FIGURE 7-4: OSCILLATOR CIRCUIT WITH GROUNDED GUARD RING



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIC16F87/88

7.8 Resetting Timer1 Using a CCP Trigger Output

If the CCP1 module is configured in Compare mode to generate a “special event trigger” signal (CCP1M3:CCP1M0 = 1011), the signal will reset Timer1 and start an A/D conversion (if the A/D module is enabled).

Note: The special event triggers from the CCP1 module will not set interrupt flag bit, TMR1IF (PIR1<0>).

Timer1 must be configured for either Timer or Synchronized Counter mode to take advantage of this feature. If Timer1 is running in Asynchronous Counter mode, this Reset operation may not work.

In the event that a write to Timer1 coincides with a special event trigger from CCP1, the write will take precedence.

In this mode of operation, the CCPR1H:CCPR1L register pair effectively becomes the period register for Timer1.

7.9 Resetting Timer1 Register Pair (TMR1H, TMR1L)

TMR1H and TMR1L registers are not reset to 00h on a POR, or any other Reset, except by the CCP1 special event triggers.

T1CON register is reset to 00h on a Power-on Reset or a Brown-out Reset, which shuts off the timer and leaves a 1:1 prescale. In all other Resets, the register is unaffected.

7.10 Timer1 Prescaler

The prescaler counter is cleared on writes to the TMR1H or TMR1L registers.

7.11 Using Timer1 as a Real-Time Clock

Adding an external LP oscillator to Timer1 (such as the one described in Section 7.6 “Timer1 Oscillator”) gives users the option to include RTC functionality to their applications. This is accomplished with an inexpensive watch crystal to provide an accurate time base and several lines of application code to calculate the time. When operating in Sleep mode and using a battery or supercapacitor as a power source, it can completely eliminate the need for a separate RTC device and battery backup.

The application code routine, *RTCISR*, shown in Example 7-3, demonstrates a simple method to increment a counter at one-second intervals using an Interrupt Service Routine. Incrementing the TMR1 register pair to overflow triggers the interrupt and calls the routine, which increments the seconds counter by one; additional counters for minutes and hours are incremented as the previous counter overflows.

Since the register pair is 16 bits wide, counting up to overflow the register directly from a 32.768 kHz clock would take 2 seconds. To force the overflow at the required one-second intervals, it is necessary to preload it; the simplest method is to set the MSb of TMR1H with a *BSF* instruction. Note that the TMR1L register is never preloaded or altered; doing so may introduce cumulative error over many cycles.

For this method to be accurate, Timer1 must operate in Asynchronous mode and the Timer1 overflow interrupt must be enabled (PIE1<0> = 1), as shown in the routine, *RTCinit*. The Timer1 oscillator must also be enabled and running at all times.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EXAMPLE 7-3: IMPLEMENTING A REAL-TIME CLOCK USING A TIMER1 INTERRUPT SERVICE

```

RTCinit   BANKSEL   TMR1H
          MOVLW    0x80           ; Preload TMR1 register pair
          MOVWF   TMR1H         ; for 1 second overflow
          CLRF    TMR1L
          MOVLW   b'00001111'    ; Configure for external clock,
          MOVWF   T1CON         ; Asynchronous operation, external oscillator
          CLRF    secs          ; Initialize timekeeping registers
          CLRF    mins
          MOVLW   .12
          MOVWF   hours
          BANKSEL PIE1
          BSF     PIE1, TMR1IE   ; Enable Timer1 interrupt
          RETURN

RTCisr    BANKSEL   TMR1H
          BSF     TMR1H, 7       ; Preload for 1 sec overflow
          BCF     PIR1, TMR1IF   ; Clear interrupt flag
          INCF    secs, F        ; Increment seconds
          MOVF    secs, w
          SUBLW   .60
          BTFSS   STATUS, Z      ; 60 seconds elapsed?
          RETURN                ; No, done
          CLRF    seconds       ; Clear seconds
          INCF    mins, f        ; Increment minutes
          MOVF    mins, w
          SUBLW   .60
          BTFSS   STATUS, Z      ; 60 seconds elapsed?
          RETURN                ; No, done
          CLRF    mins          ; Clear minutes
          INCF    hours, f       ; Increment hours
          MOVF    hours, w
          SUBLW   .24
          BTFSS   STATUS, Z      ; 24 hours elapsed?
          RETURN                ; No, done
          CLRF    hours         ; Clear hours
          RETURN                ; Done
    
```

TABLE 7-2: REGISTERS ASSOCIATED WITH TIMER1 AS A TIMER/COUNTER

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on POR, BOR	Value on all other Resets
0Bh, 8Bh, 10Bh, 18Bh	INTCON	GIE	PEIE	TMR0IE	INT0IE	RBIE	TMR0IF	INT0IF	RBIF	0000 000x	0000 000u
0Ch	PIR1	—	ADIF ⁽¹⁾	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	-000 0000	-000 0000
8Ch	PIE1	—	ADIE ⁽¹⁾	RCIE	TXIE	SSPIE	CCP1IE	TMR2IE	TMR1IE	-000 0000	-000 0000
0Eh	TMR1L	Holding Register for the Least Significant Byte of the 16-bit TMR1 Register								xxxx xxxx	nnnn nnnu
0Fh	TMR1H	Holding Register for the Most Significant Byte of the 16-bit TMR1 Register								xxxx xxxx	nnnn nnnu
10h	T1CON	—	T1RUN	T1CKPS1	T1CKPS0	T1OSCEN	T1SYNC	TMR1CS	TMR1ON	-000 0000	-nnn nnnu

Legend: x = unknown, u = unchanged, - = unimplemented, read as '0'. Shaded cells are not used by the Timer1 module.

Note 1: This bit is only implemented on the PIC16F88. The bit will read '0' on the PIC16F87.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LF147/LF347 Wide Bandwidth Quad JFET Input Operational Amplifiers

Check for Samples: LF147, LF347-N

FEATURES

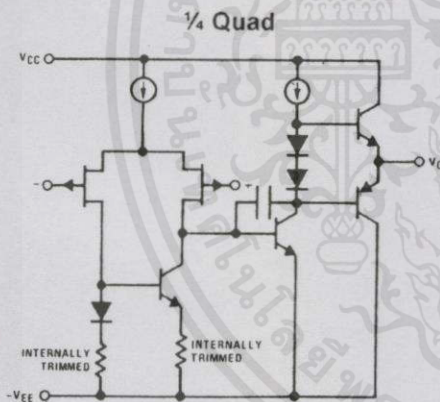
- Internally Trimmed Offset Voltage: 5 mV max
- Low Input Bias Current: 50 pA
- Low Input Noise Current: 0.01 pA/√Hz
- Wide Gain Bandwidth: 4 MHz
- High Slew Rate: 13 V/μs
- Low Supply Current: 7.2 mA
- High Input Impedance: $10^{12}\Omega$
- Low Total Harmonic Distortion: $\leq 0.02\%$
- Low 1/f Noise Corner: 50 Hz
- Fast Settling Time to 0.01%: 2 μs

DESCRIPTION

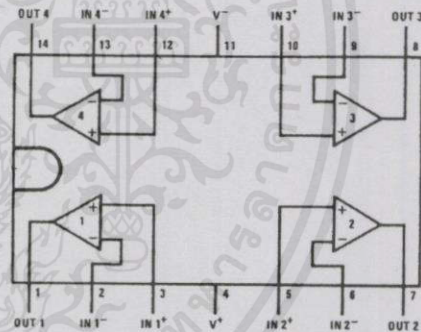
The LF147 is a low cost, high speed quad JFET input operational amplifier with an internally trimmed input offset voltage (BI-FET II™ technology). The device requires a low supply current and yet maintains a large gain bandwidth product and a fast slew rate. In addition, well matched high voltage JFET input devices provide very low input bias and offset currents. The LF147 is pin compatible with the standard LM148. This feature allows designers to immediately upgrade the overall performance of existing LF148 and LM124 designs.

The LF147 may be used in applications such as high speed integrators, fast D/A converters, sample-and-hold circuits and many other circuits requiring low input offset voltage, low input bias current, high input impedance, high slew rate and wide bandwidth. The device has low noise and offset voltage drift.

Simplified Schematic



Connection Diagram



LF147 available as per JM38510/11906.

Figure 1. 14-Pin PDIP / CDIP / SOIC Top View

See Package Number J0014A, D0014A or NFF0014A

⚠ Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet. BI-FET II is a trademark of dcl_owner. All other trademarks are the property of their respective owners.



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

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

Absolute Maximum Ratings ⁽¹⁾⁽²⁾

		LF147	LF347B/LF347
Supply Voltage		±22V	±18V
Differential Input Voltage		±38V	±30V
Input Voltage Range ⁽³⁾		±19V	±15V
Output Short Circuit Duration ⁽⁴⁾		Continuous	Continuous
Power Dissipation ^{(5) (6)}		900 mW	1000 mW
T _j max		150°C	150°C
θ _{JA}	CDIP (J) Package		70°C/W
	PDIP (NFF) Package		75°C/W
	SOIC Narrow (D)		100°C/W
	SOIC Wide (D)		85°C/W
Operating Temperature Range		See ⁽⁷⁾	See ⁽⁷⁾
Storage Temperature Range		-65°C ≤ T _A ≤ 150°C	
Lead Temperature (Soldering, 10 sec.)		260°C	260°C
Soldering Information	PDIP / CDIP	Soldering (10 seconds)	
	SOIC Package	Vapor Phase (60 seconds)	
		Infrared (15 seconds)	
ESD Tolerance ⁽⁸⁾			900V

- (1) Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is functional, but do not ensure specific performance limits.
- (2) If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the TI Sales Office/Distributors for availability and specifications.
- (3) Unless otherwise specified the absolute maximum negative input voltage is equal to the negative power supply voltage.
- (4) Any of the amplifier outputs can be shorted to ground indefinitely, however, more than one should not be simultaneously shorted as the maximum junction temperature will be exceeded.
- (5) For operating at elevated temperature, these devices must be derated based on a thermal resistance of θ_{JA}.
- (6) Max. Power Dissipation is defined by the package characteristics. Operating the part near the Max. Power Dissipation may cause the part to operate outside ensured limits.
- (7) The LF147 is available in the military temperature range -55°C ≤ T_A ≤ 125°C, while the LF347B and the LF347 are available in the commercial temperature range 0°C ≤ T_A ≤ 70°C. Junction temperature can rise to T_j max = 150°C.
- (8) Human body model, 1.5 kΩ in series with 100 pF.

DC Electrical Characteristics ⁽¹⁾⁽²⁾

Symbol	Parameter	Conditions	LF147			LF347B			LF347			Units
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
V _{OS}	Input Offset Voltage	R _S =10 kΩ, T _A =25°C		1	5		3	5		5	10	mV
		Over Temperature			8			7			13	mV
ΔV _{OS} /ΔT	Average TC of Input Offset Voltage	R _S =10 kΩ		10			10			10		μV/°C
I _{OS}	Input Offset Current	T _J =25°C, ^{(2) (3)}		25	100		25	100		25	100	pA
		Over Temperature			25			4			4	nA
I _B	Input Bias Current	T _J =25°C, ^{(2) (3)}		50	200		50	200		50	200	pA
		Over Temperature			50			8			8	nA
R _{IN}	Input Resistance	T _J =25°C		10 ¹²			10 ¹²			10 ¹²		Ω

- (1) Refer to RETS147X for LF147D and LF147J military specifications.
- (2) Unless otherwise specified the specifications apply over the full temperature range and for V_S=±20V for the LF147 and for V_S=±15V for the LF347B/LF347. V_{OS}, I_B, and I_{OS} are measured at V_{CM}=0.
- (3) The input bias currents are junction leakage currents which approximately double for every 10°C increase in the junction temperature, T_J. Due to limited production test time, the input bias currents measured are correlated to junction temperature. In normal operation the junction temperature rises above the ambient temperature as a result of internal power dissipation, P_D. T_J=T_A+θ_{JA} P_D where θ_{JA} is the thermal resistance from junction to ambient. Use of a heat sink is recommended if input bias current is to be kept to a minimum.

L293, L293D QUADRUPLE HALF-H DRIVERS

SLRS008B – SEPTEMBER 1986 – REVISED JUNE 2002

- Featuring Unitorde L293 and L293D Products Now From Texas Instruments
- Wide Supply-Voltage Range: 4.5 V to 36 V
- Separate Input-Logic Supply
- Internal ESD Protection
- Thermal Shutdown
- High-Noise-Immunity Inputs
- Functional Replacements for SGS L293 and SGS L293D
- Output Current 1 A Per Channel (600 mA for L293D)
- Peak Output Current 2 A Per Channel (1.2 A for L293D)
- Output Clamp Diodes for Inductive Transient Suppression (L293D)

description

The L293 and L293D are quadruple high-current half-H drivers. The L293 is designed to provide bidirectional drive currents of up to 1 A at voltages from 4.5 V to 36 V. The L293D is designed to provide bidirectional drive currents of up to 600-mA at voltages from 4.5 V to 36 V. Both devices are designed to drive inductive loads such as relays, solenoids, dc and bipolar stepping motors, as well as other high-current/high-voltage loads in positive-supply applications.

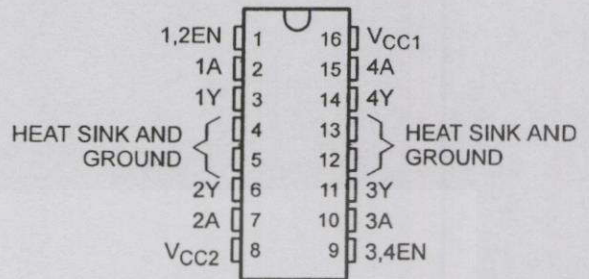
All inputs are TTL compatible. Each output is a complete totem-pole drive circuit, with a Darlington transistor sink and a pseudo-Darlington source. Drivers are enabled in pairs, with drivers 1 and 2 enabled by 1,2EN and drivers 3 and 4 enabled by 3,4EN. When an enable input is high, the associated drivers are enabled and their outputs are active and in phase with their inputs. When the enable input is low, those drivers are disabled and their outputs are off and in the high-impedance state. With the proper data inputs, each pair of drivers forms a full-H (or bridge) reversible drive suitable for solenoid or motor applications.

On the L293, external high-speed output clamp diodes should be used for inductive transient suppression.

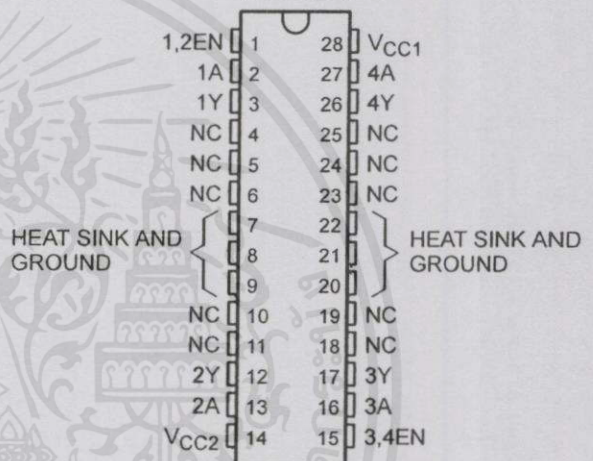
A V_{CC1} terminal, separate from V_{CC2} , is provided for the logic inputs to minimize device power dissipation.

The L293 and L293D are characterized for operation from 0°C to 70°C.

N, NE PACKAGE
(TOP VIEW)



DWP PACKAGE
(TOP VIEW)



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet. โฆษณาคำนการค่า

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

**TEXAS
INSTRUMENTS**

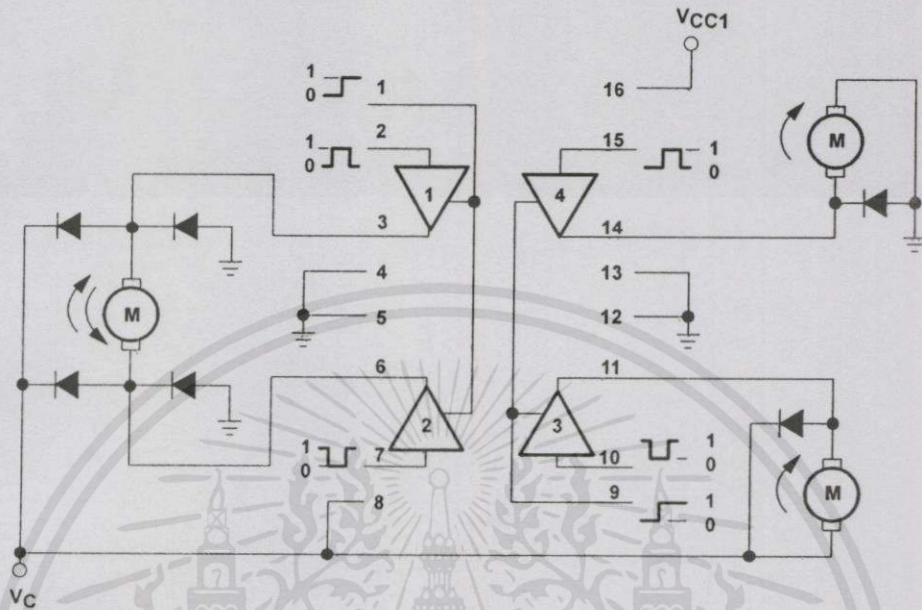
POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 2002, Texas Instruments Incorporated

L293, L293D QUADRUPLE HALF-H DRIVERS

SLRS008B – SEPTEMBER 1986 – REVISED JUNE 2002


block diagram



NOTE: Output diodes are internal in L293D.

TEXAS INSTRUMENTS AVAILABLE OPTIONS

TA	PACKAGE
	PLASTIC DIP (NE)
0°C to 70°C	L293NE L293DNE

 **Unitrode Products**
from Texas Instruments
AVAILABLE OPTIONS

TA	PACKAGED DEVICES	
	SMALL OUTLINE (DWP)	PLASTIC DIP (N)
0°C to 70°C	L293DWP L293DDWP	L293N L293DN

The DWP package is available taped and reeled. Add the suffix TR to device type (e.g., L293DWPTR).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำเผยแพร่

 **TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Switched-Capacitor Voltage Converters

General Description

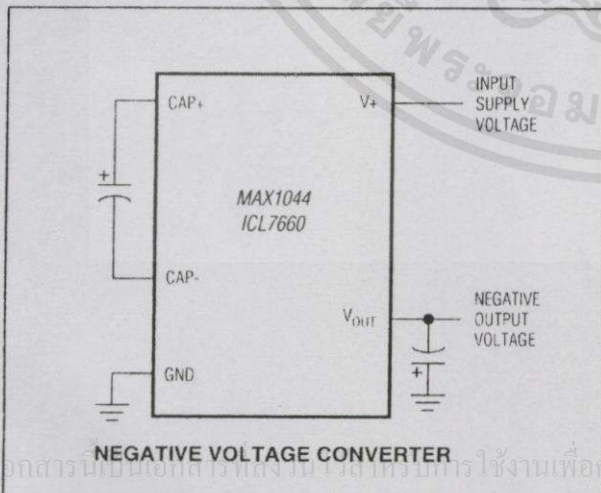
The MAX1044 and ICL7660 are monolithic, CMOS switched-capacitor voltage converters that invert, double, divide, or multiply a positive input voltage. They are pin compatible with the industry-standard ICL7660 and LTC1044. Operation is guaranteed from 1.5V to 10V with no external diode over the full temperature range. They deliver 10mA with a 0.5V output drop. The MAX1044 has a BOOST pin that raises the oscillator frequency above the audio band and reduces external capacitor size requirements.

The MAX1044/ICL7660 combine low quiescent current and high efficiency. Oscillator control circuitry and four power MOSFET switches are included on-chip. Applications include generating a -5V supply from a +5V logic supply to power analog circuitry. For applications requiring more power, the MAX660 delivers up to 100mA with a voltage drop of less than 0.65V.

Applications

- 5V Supply from +5V Logic Supply
- Personal Communications Equipment
- Portable Telephones
- Op-Amp Power Supplies
- EIA/TIA-232E and EIA/TIA-562 Power Supplies
- Data-Acquisition Systems
- Hand-Held Instruments
- Panel Meters

Typical Operating Circuit



Features

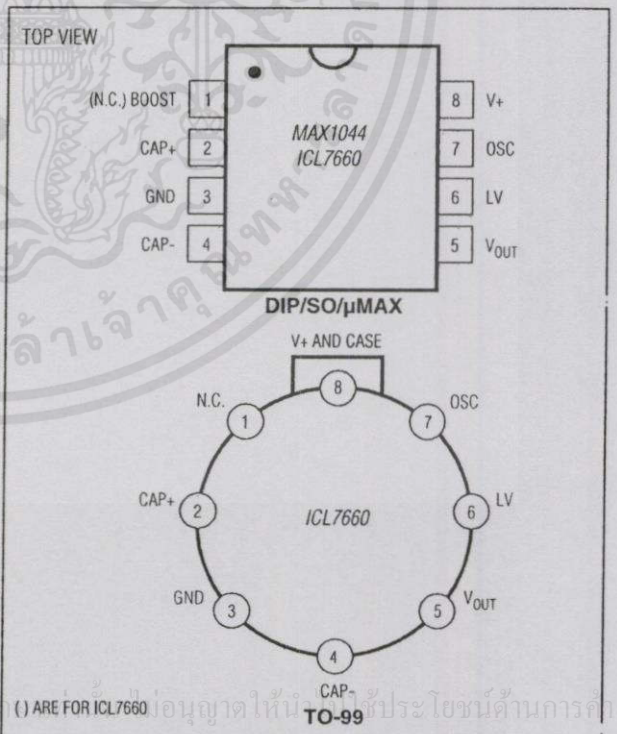
- † Miniature μ MAX Package
- † 1.5V to 10.0V Operating Supply Voltage Range
- † 98% Typical Power-Conversion Efficiency
- † Invert, Double, Divide, or Multiply Input Voltages
- † BOOST Pin Increases Switching Frequencies (MAX1044)
- † No-Load Supply Current: 200 μ A Max at 5V
- † No External Diode Required for Higher-Voltage Operation

Ordering Information

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX1044CPA	0°C to +70°C	8 Plastic DIP
MAX1044CSA	0°C to +70°C	8 SO
MAX1044C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX1044EPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP

Ordering Information continued at end of data sheet.
* Contact factory for dice specifications.

Pin Configurations



เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของ Maxim Integrated Products Inc. ใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น () ARE FOR ICL7660. ไม่ควรนำออกจำหน่ายโดยไม่ได้รับอนุญาตจาก Maxim Integrated Products Inc. โปรดปฏิบัติตามข้อกำหนดการใช้งาน

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

For pricing, delivery, and ordering information, please contact Maxim Direct at 1-888-629-4642, or visit Maxim's website at www.maximintegrated.com.

MAX1044/ICL7660

Switched-Capacitor Voltage Converters

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage ($V+$ to GND, or GND to V_{OUT}).....	10.5V	CERDIP (derate 8.00mW/°C above +70°C).....	640mW
Input Voltage on Pins 1, 6, and 7.....	$-0.3V \leq V_{IN} \leq (V+ + 0.3V)$	TO-99 (derate 6.67mW/°C above +70°C).....	533mW
LV Input Current.....	20 μ A	Operating Temperature Ranges	
Output Short-Circuit Duration ($V+ \leq 5.5V$).....	Continuous	MAX1044C_/ICL7660C_.....	0°C to +70°C
Continuous Power Dissipation ($T_A = +70^\circ\text{C}$)		MAX1044E_/ICL7660E_.....	-40°C to +85°C
Plastic DIP (derate 9.09mW/°C above +70°C).....	727mW	MAX1044M_/ICL7660M_.....	-55°C to +125°C
SO (derate 5.88mW/°C above +70°C).....	471mW	Storage Temperature Range.....	-65°C to +150°C
μ MAX (derate 4.1mW/°C above +70°C).....	330mW	Lead Temperature (soldering, 10sec).....	+300°C

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(Circuit of Figure 1, $V+ = 5.0V$, LV pin = 0V, BOOST pin = open, $I_{LOAD} = 0mA$, $T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX} , unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS	MAX1044			ICL7660			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Supply Current	$R_L = \infty$, pins 1 and 7 no connection, LV open	$T_A = +25^\circ\text{C}$	30	200	80	175	μA	
		$T_A = 0^\circ\text{C}$ to $+70^\circ\text{C}$		200		225		
		$T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$		200		250		
		$T_A = -55^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$		200		250		
	$R_L = \infty$, pins 1 and 7 = $V+ = 3V$		10					
Supply Voltage Range (Note 1)	$R_L = 10k\Omega$, LV open				3.0	10.0	V	
	$R_L = 10k\Omega$, LV to GND	1.5	10	1.5	3.5			
Output Resistance	$I_L = 20mA$, $f_{OSC} = 5kHz$, LV open	$T_A = +25^\circ\text{C}$	65	100	55	100	Ω	
		$T_A = 0^\circ\text{C}$ to $+70^\circ\text{C}$		130		120		
		$T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$		130		140		
		$T_A = -55^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$		150		150		
	$f_{OSC} = 2.7kHz$ (ICL7660), $f_{OSC} = 1kHz$ (MAX1044), $V+ = 2V$, $I_L = 3mA$, LV to GND	$T_A = +25^\circ\text{C}$		325		250		
		$T_A = 0^\circ\text{C}$ to $+70^\circ\text{C}$		325		300		
	$T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$		325		300			
	$T_A = -55^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$		400		400			
Oscillator Frequency	$C_{OSC} = 1pF$, LV to GND (Note 2)	$V+ = 5V$	5		10	kHz		
		$V+ = 2V$	1					
Power Efficiency	$R_L = 5k\Omega$, $T_A = +25^\circ\text{C}$, $f_{OSC} = 5kHz$, LV open	95	98		95	98	%	
Voltage Conversion Efficiency	$R_L = \infty$, $T_A = +25^\circ\text{C}$, LV open	97.0	99.9		99.0	99.9	%	
Oscillator Sink or Source Current	$V_{OSC} = 0V$ or $V+$, LV open	Pin 1 = 0V		3			μA	
		Pin 1 = $V+$		20				
Oscillator Impedance	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$V+ = 2V$		1.0		1.0	$M\Omega$	
		$V+ = 5V$		100		100	$k\Omega$	

Note 1: The Maxim ICL7660 and MAX1044 can operate without an external output diode over the full temperature and voltage ranges. The Maxim ICL7660 can also be used with an external output diode in series with pin 5 (cathode at V_{OUT}) when replacing the Intersil ICL7660. Tests are performed without diode in circuit.

Note 2: f_{OSC} is tested with $C_{OSC} = 100pF$ to minimize the effects of test fixture capacitance loading. The 1pF frequency is correlated to this 100pF test point, and is intended to simulate pin 7's capacitance when the device is plugged into a test socket with no external capacitor. For this test, the LV pin is connected to GND for comparison to the original manufacturer's device, which automatically connects this pin to GND for ($V+ > 3V$).

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของ Maxim Integrated Products, Inc. ห้ามทำซ้ำ, แจกจ่าย, หรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจาก Maxim Integrated Products, Inc. การทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตอาจนำไปสู่การฟ้องร้องทางกฎหมาย.

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAX1044/ICL7660

Switched-Capacitor Voltage Converters

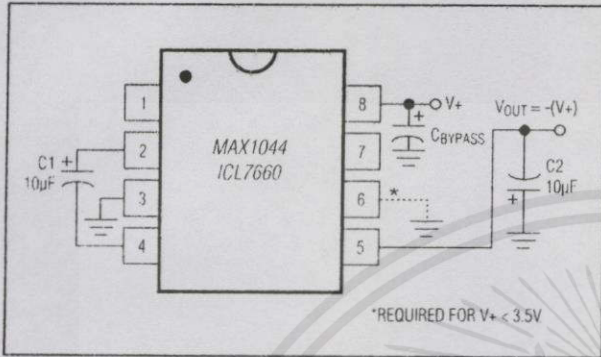


Figure 5. Basic Negative Voltage Converter

and allow operation down to 1.5V. For low-voltage operation and compatibility with the industry-standard LTC1044 and ICL7660, the LV pin should be connected to ground for supply voltages below 3.5V and left open for supply voltages above 3.5V.

The MAX1044's LV pin can be grounded for all operating conditions. The advantage is improved low-voltage performance and increased oscillator frequency. The disadvantage is increased quiescent current and reduced efficiency at higher supply voltages. For Maxim's ICL7660, the LV pin must be left open for supply voltages above 5V.

When operating at low supply voltages with LV open, connections to the LV, BOOST, and OSC pins should be short or shielded to prevent EMI from causing oscillator jitter.

Oscillator Frequency Considerations

For normal operation, leave the BOOST and OSC pins of the MAX1044/ICL7660 open and use the nominal oscillator frequency. Increasing the frequency reduces audio interference, output resistance, voltage ripple, and required capacitor sizes. Decreasing frequency reduces quiescent current and improves efficiency.

Oscillator Frequency Specifications

The MAX1044/ICL7660 do not have a precise oscillator frequency. Only minimum values of 1kHz and 5kHz for the MAX1044 and a typical value of 10kHz for the ICL7660 are specified. If a specific oscillator frequency is required, use an external oscillator to drive the OSC pin.

Increasing Oscillator Frequency Using the BOOST Pin

For the MAX1044, connecting the BOOST pin to the V+ pin raises the oscillator frequency by a factor of about 6.

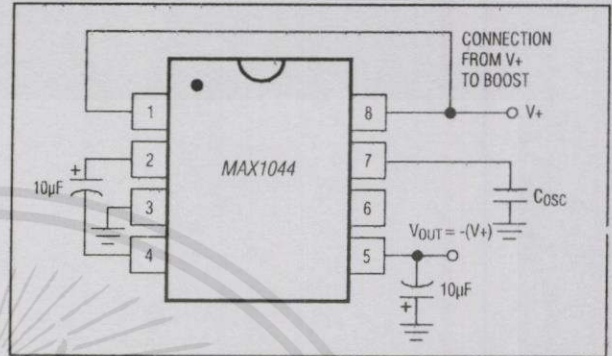


Figure 6. Negative Voltage Converter with C_{OSC} and BOOST

Figure 6 shows this connection. Higher frequency operation lowers output impedance, reduces output ripple, allows the use of smaller capacitors, and shifts switching noise out of the audio band. When the oscillator is driven externally, BOOST has no effect and should be left open. The BOOST pin should also be left open for normal operation.

Reducing the Oscillator Frequency Using C_{OSC}

An external capacitor can be connected to the OSC pin to lower the oscillator frequency (Figure 6). Lower frequency operation improves efficiency at low load currents by reducing the IC's quiescent supply current. It also increases output ripple and output impedance. This can be offset by using larger values for C1 and C2.

Connections to the OSC pin should be short to prevent stray capacitance from reducing the oscillator frequency.

Overdriving the OSC Pin with an External Oscillator

Driving OSC with an external oscillator is useful when the frequency must be synchronized, or when higher frequencies are required to reduce audio interference. The MAX1044/ICL7660 can be driven up to 400kHz. The pump and output ripple frequencies are one-half the external clock frequency. Driving the MAX1044/ICL7660 at a higher frequency increases the ripple frequency and allows the use of smaller capacitors. It also increases the quiescent current.

The OSC input threshold is $V+ - 2.5V$ when $V+ \geq 5V$, and is $V+ / 2$ for $V+ < 5V$. If the external clock does not swing all the way to V+, use a 10k Ω pull-up resistor (Figure 7).

Output Voltage Considerations

The MAX1044/ICL7660 output voltage is not regulated. The output voltages will vary under load according to the output resistance. The output resistance is primarily

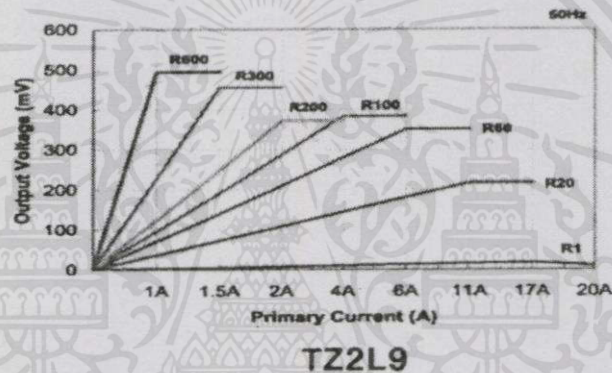
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น มิใช่เพื่อเผยแพร่หรือใช้เชิงพาณิชย์

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และกำลังไฟฟ้าปรากฏ ด้วยคุณสมบัตินี้ทางผู้จัดทำจึงนำ IC ตัวนี้มาใช้ในโครงการเพื่อหาค่าทางไฟฟ้าต่างๆโดยจะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนหลักๆคือ ภาครับกระแสและแรงดัน

1) วงจรภาครับกระแส

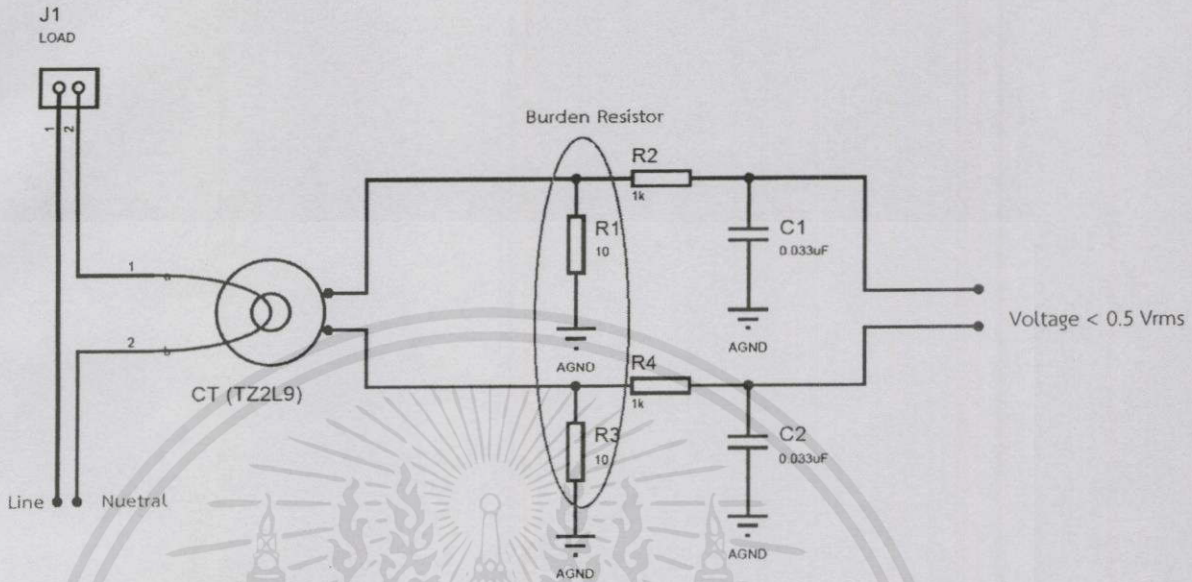
เนื่องจาก Power IC Chip เบอร์ ADE7763 ไม่สามารถรับกระแสเข้ามาคำนวณตรงๆได้ดังนั้นจึงต้องแปลงกระแสให้เป็นแรงดันก่อนโดยใช้อุปกรณ์เหนี่ยวนำกระแสหรือ Current Transformer (TZ2L9) เป็นตัวเหนี่ยวนำสายไฟจากโหลดเพื่อเหนี่ยวนำกระแสมา จากนั้นจะถูกตัวต้านทาน R1 และ R3 ซึ่ง เป็นตัวต้านทาน Burden Resistor ซึ่งจะทำให้แรงดันไหลผ่านมีค่าไม่เกิน 0.5 Vrms (แรงดันที่ไอซีจะรับได้) โดยจะพิจารณาได้จากกราฟความสัมพันธ์จากกราฟของ แรงดันและกระแสดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงดันและกระแส

จากกราฟสามารถอธิบายได้ว่า เมื่อตัวต้านทาน Burden ที่ต่อขนาดทางด้านเอาต์พุทของ TZ2L9 นั้นเมื่อใช้ตัวต้านทานค่า 20 โอห์มจะให้แรงดันไหลผ่านตัวต้านทานประมาณ 200 mV หรือ 0.2 Vrms และสามารถวัดกระแสได้ในค่าสูงๆอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 วงจรด้านรับกระแส

2) วงจรภาครับแรงดัน

ในส่วนภาครับแรงดันนั้นจะใช้แรงดันกระแสสลับ 7 V เป็นแรงดันขาเข้าในการทดลอง เพราะเป็นการป้องกันอุปกรณ์เสียหาย หากใช้แรงดันสูงๆ เมื่อเกิดข้อผิดพลาดจะทำให้อุปกรณ์เสียหายได้ และจากข้อกำหนดว่าแรงดันขาออกนั้นจะต้องมีไม่เกิน 0.5 Vrms เพราะฉะนั้นจึงสามารถใช้หลักการแบ่งแรงดันเพื่อคำนวณหาค่าตัวต้านทานได้

จากสมการแบ่งแรงดัน $V_1 = E \frac{R_1}{R_1 + R_3}$ โดยที่ V_1 คือ แรงดันขาออก E คือ แรงดัน

ขาเข้า และกำหนดตัวต้านทาน R_3 ให้มีค่าเท่ากับ 1k โอห์ม และให้แรงดันเอาต์พุตเป็น 0.25 V เมื่อแทนค่าต่างๆแล้วจะทำให้ได้ว่า

$$V_1 = 0.25V, E = 220V, R_3 = 1k$$

$$0.25 = \frac{220(1000)}{1000 + R_1}$$

$$0.25R_1 + 250 = 220,000$$

$$0.25R_1 = 219,750$$

$$R_1 = 820k$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้