

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องกระตุ้นเซลล์ด้วยกระแสไฟฟ้าระดับต่ำสำหรับใช้ในงานห้องทดลอง

LOW CURRENT STIMULATOR



T119390



ปรีศนีย์ ทิมกุล

มณฑิรา ลิ้มปิยะศรีสกุล

พีระพงศ์ ประทุมพา

จากหมู่.....
เลขทะเบียน **119390**
วัน,เดือน,ปี.....-7.S.A. 2554

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2553

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง เครื่องกระตุ้นเซลล์ด้วยกระแสไฟฟ้าระดับต่ำ

LOW CURRENT STIMULATOR

ผู้จัดทำ

1. นางสาวปรัศนีย์ ทิฆมกุล รหัสนักศึกษา 50010918
2. นายพีระพงษ์ ประทุมพา รหัสนักศึกษา 50011124
3. นางสาวมณฑิรา ลิ้มปิยะศรีสกุล รหัสนักศึกษา 50011207



(ดร.สุรเดช ตรีไตรลักษณ์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร. กิติพล ชิตสกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องกระตุ้นกระแสไฟฟ้าระดับต่ำ

นางสาวปรัศนีย์ ทิมกุล 50010918

นายพีระพงศ์ ประทุมพา 50011124

นางสาวมณฑิรา ลีมีปิยะศรีสกุล 50011207

ดร.สุรเดช ตริไตรลักษณ์ อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร. กิตติพล ชิตสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

โครงการนี้ เป็นการนำเสนอการออกแบบเครื่องกระตุ้นเซลล์ด้วยกระแสไฟฟ้าระดับต่ำ โดยสัญญาณเอาต์พุตมีลักษณะเป็นพัลส์และรูปคลื่นรูปแบบต่างๆ โดยมีภาพรวมการทำงานดังนี้ ใช้ IC ประเภท DAC (Digital to Analog Converter) ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณประเภทดิจิทัล ให้กลายเป็นสัญญาณอนาล็อก วงจร Current Source ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนแรงดันให้กลายเป็นกระแส และใช้ Microcontroller เป็นตัวควบคุมการสั่งการของวงจรในการป้อนค่ากระแสไฟฟ้าที่ต้องการ พร้อมทั้งใช้จอLCDในการแสดงผลของข้อมูล

Low Current Stimulator

Ms. Pradsanee	Teekakul	50010918
Mr. Perapong	Patumpa	50011124
Ms. Montira	Limpiyasrisakul	50011207
Dr. Suradej	Tretriluxana	Advisor
Assist. Prof. Dr. Kittipol	Chitsakul	Co-Advisor

2nd Semester Educational Year 2010

Abstract

This project presents the design of low current stimulator with very low levels of current. The signal output characteristics as multi-pulse wave forms. The overall work as the type IC is called DAC (Digital to Analog Converter), which redirects the signal to digital type into an analog circuit Current Source, which acts to change into a voltage and current. So microcontroller is use to control the order of the circuit for enter the current and use the LCD screen to display of information

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ดร. สุรเดช ตรีไตรลักษณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ซึ่งกรุณาสละเวลาอันมีค่ายิ่ง ให้ความรู้และมอบคำแนะนำที่มีประโยชน์ยิ่ง ตลอดการทำโครงการ

ขอขอบพระคุณ ผศ.ประภากร สุวรรณะ รศ.ดร.อภิรักษ์ ธนชยานนท์ ผศ.ดร.กิตติพล ชิตสกุล ดร.กสิน วิเชียรชม รศ.ดร.วรากร เกษมสุวรรณ และอาจารย์ทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษา ความรู้ และคำแนะนำที่ดีตลอดการทำโครงการ

ขอขอบพระคุณ สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับทำโครงการ



ปรีศนีย์ ทิมกุล

มณฑิรา ลิ้มปิยะศรีสกุล

พีระพงศ์ ประทุมพา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้อง III กิ่งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 ขอบเขตของ โครงการงาน	1
1.4 ส่วนประกอบของปริญญาานิพนธ์	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
2.1 วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนาล็อก	3
2.1.1 วงจร D/A แบบ Binary-weighted resistors	4
2.1.2 วงจร D/A แบบ R-2R resistors	6
2.2 CA3140 4.5MHz, BiMOS Operational Amplifier with MOSFET Input/Bipolar Output	8
2.2.1 ข้อมูลเบื้องต้น ของ CA3140	8
2.3 ทฤษฎีการป้อนกลับแบบลบ	10
2.3.1 ผลกระทบจากการป้อนกลับแบบลบ	11
2.4 การคำนวณความผิดพลาด	14
2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์	15
2.5.1 ภาษาของ Micro-Controller	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต่อ IV ข้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.5.2 ข้อมูล ของET-BASE 51 V3.0	19
บทที่ 3 ขั้นตอนการเตรียมการ	22
บทที่ 4 การทดลอง	25
บทที่ 5 ผลการทดลอง	27
5.1การทดลองเพิ่มเติม	40
5.2ผลการทดลองเพิ่มเติม	43
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง	48
เอกสารอ้างอิง	50



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 แรงดันระหว่างอินพุตและเอาต์พุต	4
2.2 แรงดันเอาต์พุต V_o ที่แต่ละชั้นของลอจิกอินพุต	5
2.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตและเอาต์พุต	7
5.1 ผลการทดลอง โดยการจ่ายกระแสให้กับโหลด 2K	38
5.2 ผลการทดลอง โดยการจ่ายกระแสให้กับโหลด 10K	39
6.1 สรุปชิ้นงาน เครื่องกระตุ้นเซลล์ด้วยกระแสไฟฟ้าระดับต่ำทั้งสองแบบ	49



สารบัญรูป

รูป	หน้า	
2.1	สัญลักษณ์การแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อก	3
2.2	วงจร D/A แบบ Binary-weighted resistor	4
2.3	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตและเอาต์พุต	6
2.4	วงจร D/A แบบ R-2R resistors	6
2.5	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตและเอาต์พุต	7
2.6	CA3140 Pin out	8
2.7	CA3140 Block Diagram	9
2.8	CA3140 Schematic	9
2.9	Negative Feedback	10
2.10	Negative Feedback	11
2.11	Block diagram of a negative feedback amplifier	12
2.12	โครงสร้าง MCS-51	19
2.13	โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	20
2.14	บอร์ด ET-BASE 51 V3.0	21
3.1	ขั้นตอนการเตรียมการ	22
4.1	รูปวงจร	25
4.2	รูปวงจร CA3140	26
5.1	จ่ายกระแส 10 ไมโครแอมป์กับความต้านทานโหลด 2K	27
5.2	จ่ายกระแส 15 ไมโครแอมป์กับความต้านทานโหลด 2K	27
5.3	จ่ายกระแส 20 ไมโครแอมป์กับความต้านทานโหลด 2K	28
5.4	จ่ายกระแส 30 ไมโครแอมป์กับความต้านทานโหลด 2K	28
5.5	จ่ายกระแส 40 ไมโครแอมป์กับความต้านทานโหลด 2K	29
5.6	จ่ายกระแส 50 ไมโครแอมป์กับความต้านทานโหลด 2K	29
5.7	จ่ายกระแส 60 ไมโครแอมป์กับความต้านทานโหลด 2K	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และตั้ง VII อิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป	หน้า
5.8 ถ่ายกระแส 70 ไมโครแอมป์กับความต้านทานโหลด 2K	30
5.9 ถ่ายกระแส 80 ไมโครแอมป์กับความต้านทานโหลด 2K	31
5.10 ถ่ายกระแส 90 ไมโครแอมป์กับความต้านทานโหลด 2K	31
5.11 ถ่ายกระแส 100 ไมโครแอมป์กับความต้านทานโหลด 2K	32
5.12 ถ่ายกระแส 10 ไมโครแอมป์กับความต้านทานโหลด 10K	32
5.13 ถ่ายกระแส 15 ไมโครแอมป์กับความต้านทานโหลด 10K	33
5.14 ถ่ายกระแส 20 ไมโครแอมป์กับความต้านทานโหลด 10K	33
5.15 ถ่ายกระแส 30 ไมโครแอมป์กับความต้านทานโหลด 10K	34
5.16 ถ่ายกระแส 40 ไมโครแอมป์กับความต้านทานโหลด 10K	34
5.17 ถ่ายกระแส 50 ไมโครแอมป์กับความต้านทานโหลด 10K	35
5.18 ถ่ายกระแส 60 ไมโครแอมป์กับความต้านทานโหลด 10K	35
5.19 ถ่ายกระแส 70 ไมโครแอมป์กับความต้านทานโหลด 10K	36
5.20 ถ่ายกระแส 80 ไมโครแอมป์กับความต้านทานโหลด 10K	36
5.21 ถ่ายกระแส 90 ไมโครแอมป์กับความต้านทานโหลด 10K	37
5.22 ถ่ายกระแส 100 ไมโครแอมป์กับความต้านทานโหลด 10K	37
5.23 DAQ 6259 ที่ใช้ในการทำโครงการเพิ่มเติม	42
5.24 กราฟ V ใช้ความต่างศักย์ 4V ที่ความต้านทานโหลด 1K	43
5.25 กราฟ V ใช้ความต่างศักย์ 2V ที่ความต้านทานโหลด 1K	44
5.26 กราฟ V ใช้ความต่างศักย์ 1V ที่ความต้านทานโหลด 1K	44
5.27 กราฟ V ใช้ความต่างศักย์ 0.2V ที่ความต้านทานโหลด 1K	45
5.28 กราฟ V ใช้ความต่างศักย์ 4V ที่ความต้านทานโหลด 10K	45
5.29 กราฟ V ใช้ความต่างศักย์ 2V ที่ความต้านทานโหลด 10K	46
5.30 กราฟ V ใช้ความต่างศักย์ 1V ที่ความต้านทานโหลด 10K	46
5.31 กราฟ V ใช้ความต่างศักย์ 0.2 ที่ความต้านทานโหลด 10K	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และตั้ง VIII อิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

การดำรงชีวิตในปัจจุบันนั้น โรคภัยต่างๆ มีอยู่อย่างมากมาย ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อชีวิต ดังนั้น จึงมีการคิดค้นเทคโนโลยีใหม่ๆ อุปกรณ์ใหม่ๆ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือทางการแพทย์ ทั้งนี้จึงมีบริษัทต่างๆ ผลิตอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์เพื่อใช้เป็นอุปกรณ์ทางเครื่องมือแพทย์ ซึ่งการคิดค้นและพัฒนาอุปกรณ์ต่างๆ นั้น เมื่อผลิตออกมาจำหน่ายแล้ว มีราคาในท้องตลาดค่อนข้างสูงมาก ทำให้การรักษาเป็นไปได้ยาก และมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง และมีการให้บริการได้อย่างไม่ทั่วถึง อาจทำให้เกิดการเสียโอกาสในการรักษาผู้ป่วย เช่น โรงพยาบาลในต่างจังหวัดอาจไม่มีอุปกรณ์ราคาแพงเพียงพอในการให้บริการ เป็นต้น ดังนั้นจากปัญหาดังกล่าวจึงเกิดแนวคิดที่จะจัดทำแหล่งจ่ายกระแสในระดับต่ำเพื่อใช้ในห้องทดลอง หรือ Lab ทางชีวการแพทย์ โดยโครงการชิ้นนี้เป็นแนวคิดของ อาจารย์ คร.นายแพทย์นราวุฒิ ภาคาพรต อาจารย์ภาควิชาสรีรวิทยา (Department of Physiology) คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล โดยความต้องการของอาจารย์ที่ต้องการอุปกรณ์ที่สามารถจ่ายกระแสได้ในระดับไมโครแอมป์ เราจึงเลือกใช้อุปกรณ์หลักได้แก่ DAC สำหรับการรับค่า Input ที่เป็น Digital และ Current Source Op-Amp สำหรับใช้ในงานห้องทดลอง เพื่อช่วยลดระยะเวลาในการต่อวงจรแหล่งจ่ายกระแส ตลอดจนที่ทำการทดลองให้มีขนาดเล็กลง รวมถึงลดความซับซ้อนในวงจรที่ทำการทดลอง และเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานจึงทำการควบคุมแหล่งจ่ายกระแสด้วยไมโคร-คอนโทรลเลอร์ โดยที่แหล่งจ่ายกระแสจะสามารถจ่ายกระแสได้ในระดับ 10 ไมโครแอมป์

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1) สร้างเครื่องกระตุ้นไฟฟ้ากระแสต่ำได้
- 2) เครื่องกระตุ้นสามารถจ่ายกระแสในระดับไมโครแอมป์และควบคุมโดยระบบดิจิทัลได้

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1) วงจรสามารถจ่ายกระแสได้ในระดับ 10 ไมโครแอมป์
- 2) สามารถกำหนดค่าเอาต์พุต ที่ออกมาด้วย Keypad
- 3) ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ชนิด MCS-51
- 4) แสดงผลของค่า Output ด้วยจอ LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ส่วนประกอบของปริญญาณิพนธ์

โครงสร้างของเครื่องกระตุ้นเซลล์ด้วยกระแสไฟฟ้าระดับต่ำ (Low Current Stimulator) ประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

1.4.1 ส่วนของ Key Pad และจอ LCD

ในส่วนนี้ จะใช้ Key Pad เป็นตัวรับคำสั่งสัญญาณ Input ที่เป็นดิจิทัล โดยใส่ข้อมูล เป็นกระแสที่ต้องการในระดับไมโครแอมป์ จากนั้นจะแสดงผลออกมาทางจอ LCD

1.4.2 ส่วนของ Microcontroller

ในส่วนนี้จะเป็นการใช้ Microcontroller ร่วมกันกับภาษา C เพื่อที่จะ ควบคุมการรับ คำจาก Key Pad การแสดงผลบนจอ LCD และการป้อนค่าดิจิทัลสู่ ส่วนของ Current Source ต่อไป

1.4.3 ส่วนของวงจร Current Source

วงจรในส่วนนี้จะทำหน้าที่ในการรับบิตข้อมูลจาก Key Pad แล้วแปลงสัญญาณ ดิจิตอลเป็นแอนะล็อก ได้โดยการใช้ฮอปแอมป์ จากนั้นจะเข้าสู่ส่วนของ Buffer ที่มี อัตราการขยายเป็น 1 เพื่อรักษาสภาพของ Output ให้คงที่ สุดท้ายจะเข้าสู่ส่วนของ Current Source เพื่อแปลงแรงดันเป็นกระแสเข้าไปใช้งานต่อไป

1.4.4 ส่วนของ Supply วงจร

วงจรในส่วนนี้จะทำหน้าที่ในการจ่ายไฟเลี้ยงทั้งหมดให้กับวงจร

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) เพื่อใช้เป็นแหล่งจ่ายกระแสระดับต่ำที่มีความเสถียร
- 2) เพื่อใช้เป็นประโยชน์ในการกระตุ้น เซลล์ เส้นประสาท
- 3) เพื่อใช้เป็นประโยชน์ในด้านการแพทย์ และพัฒนาไปในด้านอื่นๆต่อไป
- 4) เพื่อเป็นกรณีศึกษาในการนำไปพัฒนาเป็น โครงการที่มีความก้าวหน้าต่อไป
- 5) เพื่อเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจในเรื่องของ เครื่องกระตุ้นเซลล์ด้วยกระแสไฟฟ้าระดับต่ำ

บทที่ 2

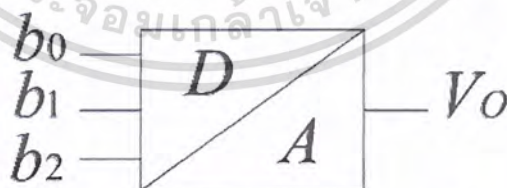
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

จากฟังก์ชันการทำงานของเครื่องที่ได้กล่าวมาข้างต้น โดยการทำโครงงานของวงจรทั้งหมดควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์การออกแบบโครงสร้างการทำงานของเครื่องนี้ซึ่งจะมีทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

- 2.1 วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะล็อก
- 2.2 CA3140 4.5MHz, BiMOS Operational Amplifier with MOSFET Input/Bipolar Output
- 2.3 การคำนวณค่าผิดพลาด
- 2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

2.1 การแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะล็อก

สัญญาณไฟฟ้าในงานอิเล็กทรอนิกส์ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ สัญญาณแอนะล็อก และสัญญาณดิจิตอล ซึ่งในบางครั้งจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงรูปสัญญาณเพื่อความเหมาะสมในการทำงานของการควบคุมระบบในการทดลองนี้จะเป็นการแปลงสัญญาณดิจิตอลให้เป็นแอนะล็อกวงจรแปลงสัญญาณ ดิจิตอลเป็นแอนะล็อก สามารถสร้างวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะล็อก ได้โดยการใช้อปแอมป์สำหรับวงจรนี้จะรับเอาสัญญาณดิจิตอลตัวอย่าง เช่น มีขนาด 3 บิตมาแปลงเป็นสัญญาณแอนะล็อกดังภาพที่ 2-1



รูป 2.1 สัญลักษณ์การแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะล็อก

$$\text{ความละเอียดของแรงดัน} = \frac{V_{FS}}{2^n - 1} \quad (2.1)$$

$$\text{ความละเอียดของแรงดัน} = \frac{5V}{2^3 - 1} = 0.714V$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

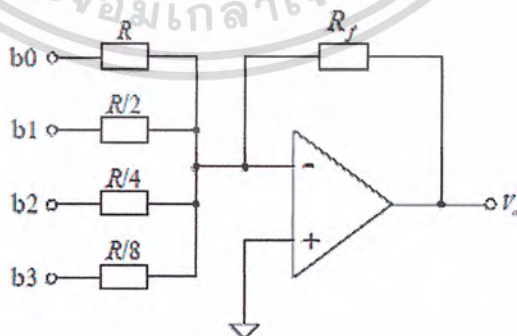
ตาราง 2.1 แรงดันระหว่างอินพุตและเอาต์พุต

อินพุต			เอาต์พุต
B1	B2	B3	V_o
0	0	0	0V
0	0	1	0.714V
0	1	0	1.428V
0	1	1	2.142V
1	0	0	2.856V
1	0	1	3.57V
1	1	0	4.289V
1	1	1	5V

จากภาพที่ 2.1 สมมุติแรงดันที่ 5V เมื่อให้ทุกบิตเป็น “1” จะได้แรงดัน $V_o = 5V$ ถ้าให้เป็น “0” ทุกบิตจะได้แรงดัน $V_o = 0V$ ตามภาพที่ 2-1 วงจรเปลี่ยนสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะล็อกโดยใช้อปแอมป์ มีอยู่ 2 ชนิดคือ

- แบบ Binary-weighted resistors
- แบบ R-2R resistors

2.1.1 วงจร D/A แบบ Binary-weighted resistors



รูป 2.2 วงจร D/A แบบ Binary-weighted resistor

วงจร D/A แบบ Binary-weighted resistors แสดงในภาพที่ 2-2 ซึ่งเป็นตัวอย่างวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อกขนาด 4 บิต จากวงจรจะเห็นได้ว่า เป็นการต่อออปแอมป์เป็นเอกสารนี้ เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรขยายบวกสัญญาณแบบกลับเฟส แต่ค่าตัวต้านทานที่อินพุตแต่ละบิตจะมีค่าต่างกัน วงจร D/A ขนาด 4 บิต จะให้ค่าแรงดันเอาต์พุตแอนะล็อก 16 ค่าดังสมการ (2.2)

$$\text{จำนวน Step} = 2^{\text{จำนวนบิต}} \tag{2.2}$$

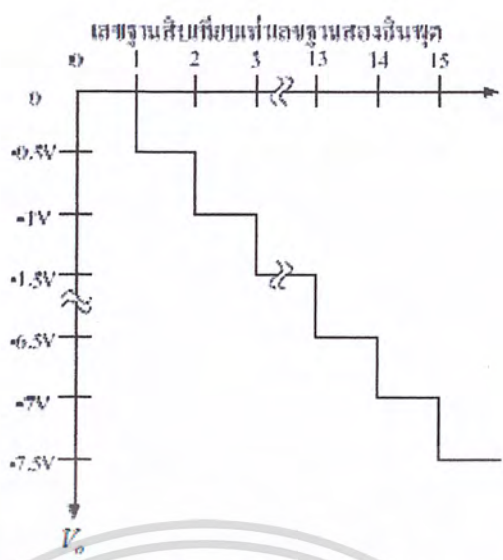
จากรูปที่ (2.2) ของวงจรขยายผลบวกสัญญาณ จะได้สมการของแรงดันเอาต์พุต V_o ดังนี้

$$V_o = -R_f \left(\frac{b_0}{R} + \frac{b_1}{R/2} + \frac{b_2}{R/4} + \frac{b_3}{R/8} \right) \tag{2.3}$$

โดยที่ b_1 ถึง b_3 เป็นสัญญาณดิจิทัลที่มีเพียงลอจิก “0” และลอจิก “1” โดยที่ลอจิก “0” หมายถึงมีการต่ออินพุตนั้นลงกราวด์ ส่วนลอจิก “1” หมายถึงต่อกับแรงดันที่ต้องการยกเวิน ตัวอย่างเช่น $+5V$ เป็นต้นจากวงจรในภาพที่ 2.2 ถ้ากำหนดแรงดัน $+5V$ และ $R = 10k\Omega$ จะได้แรงดันเอาต์พุต V_o ดังตารางที่ 2.2 และภาพที่ 2.3 โดยที่ค่าแรงดัน V_o สามารถคำนวณได้จากสมการ (2.3)

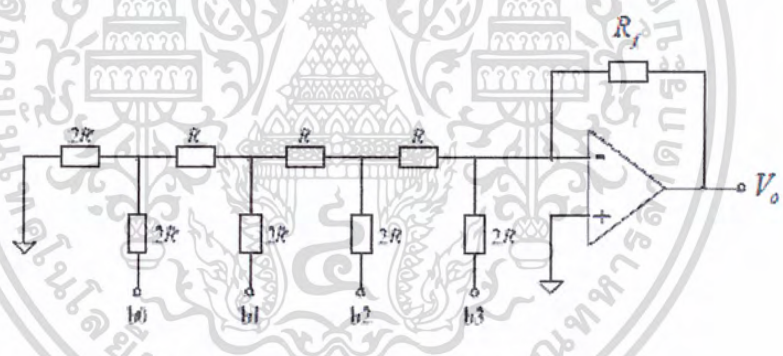
ตารางที่ 2.2 แรงดันเอาต์พุต V_o ที่แต่ละขั้นของลอจิกอินพุต

อินพุต				เอาต์พุต	อินพุต				เอาต์พุต
b_0	b_1	b_2	b_3	V_o	b_0	b_1	b_2	b_3	V_o
0	0	0	0	0V	1	0	0	0	-4.0V
0	0	0	1	-0.5V	1	0	0	1	-4.5V
0	0	1	0	-1.0V	1	0	1	0	-5.0V
0	0	1	1	-1.5V	1	0	1	1	-5.5V
0	1	0	0	-2.0V	1	1	0	0	-6.0V
0	1	0	1	-2.5V	1	1	0	1	-6.5V
0	1	1	0	-3.0V	1	1	1	0	-7.0V
0	1	1	1	-3.5V	1	1	1	1	-7.5V



รูป 2.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตและเอาต์พุต

2.1.2 วงจร D/A แบบ R-2R resistors



รูป 2.4 วงจร D/A แบบ R-2R resistors

ข้อเสียของวงจรแบบ D/A แบบ Binary-weighted resistors คือต้องการตัวต้านทานหลายค่า ซึ่งอาจเป็นการยากในทางปฏิบัติ ดังนั้นสามารถใช่วงจร D/A อีกแบบหนึ่งคือ แบบ R-2R resistors ดังแสดงในภาพที่ 2.4 วงจรดังกล่าวใช้ตัวต้านทานเพียง 2 ค่าคือ R และ 2R โดยแรงดันเอาต์พุต V_o จะมีค่า

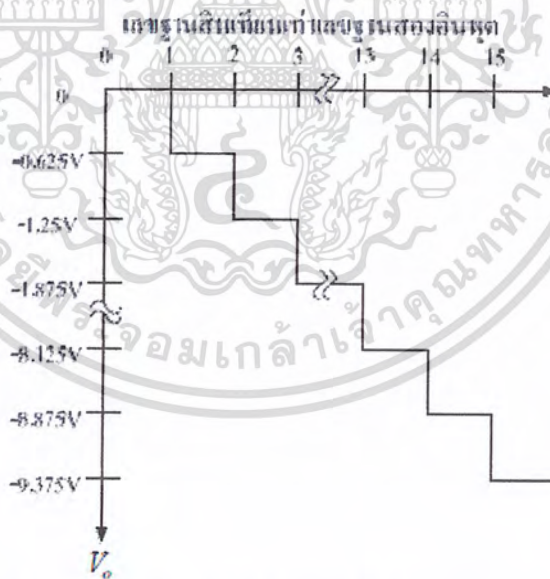
$$V_o = -R_f \left(\frac{b_3}{2R} + \frac{b_2}{4R} + \frac{b_1}{8R} + \frac{b_0}{16R} \right) \tag{2.4}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยกตัวอย่างเช่นถ้ากำหนดแรงดันของลอจิก “1” เท่ากับ $+5V$ และกำหนด $R_f = 20\text{ k}\Omega$, $R = 10\text{ k}\Omega$ จากสมการที่ (2.4) จะได้ค่าของแรงดันเอาต์พุตเป็นไปตามตารางที่ 2-3 และภาพที่ 2-5

ตารางที่ 2.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตและเอาต์พุต

อินพุต				เอาต์พุต	อินพุต				เอาต์พุต
b0	b1	b2	b3	V_o	b0	b1	b2	b3	V_o
0	0	0	0	0V	1	0	0	0	-5V
0	0	0	1	-0.635V	1	0	0	1	-5.625V
0	0	1	0	-1.25V	1	0	1	0	-6.25V
0	0	1	1	-1.875V	1	0	1	1	-6.875V
0	1	0	0	-2.50V	1	1	0	0	-7.5V
0	1	0	1	-3.125V	1	1	0	1	-8.125V
0	1	1	0	-3.750V	1	1	1	0	-8.875V
0	1	1	1	-4.375V	1	1	1	1	-9.375V



รูป 2.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตและเอาต์พุต

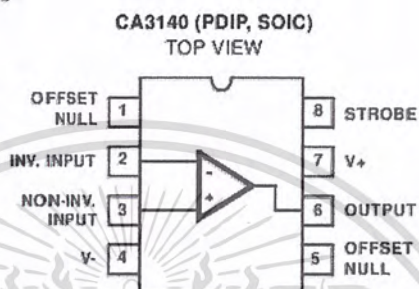
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 CA3140 4.5MHz, BiMOS Operational Amplifier with MOSFET

Input/Bipolar

CA3140 เป็น MOSFET ประเภท PMOS ที่สามารถทำงานได้ในย่านแรงดันสูงมาก ถึงต่ำมาก โดยสามารถทำงานได้ที่แรงดัน 4-36V

Pinout

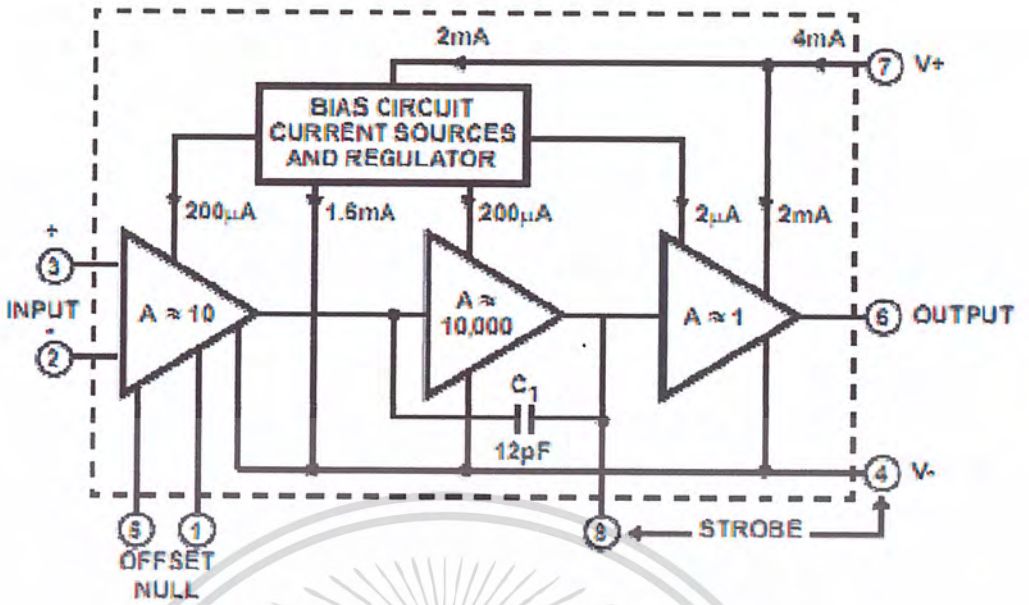


รูป 2.6 CA3140 Pinout

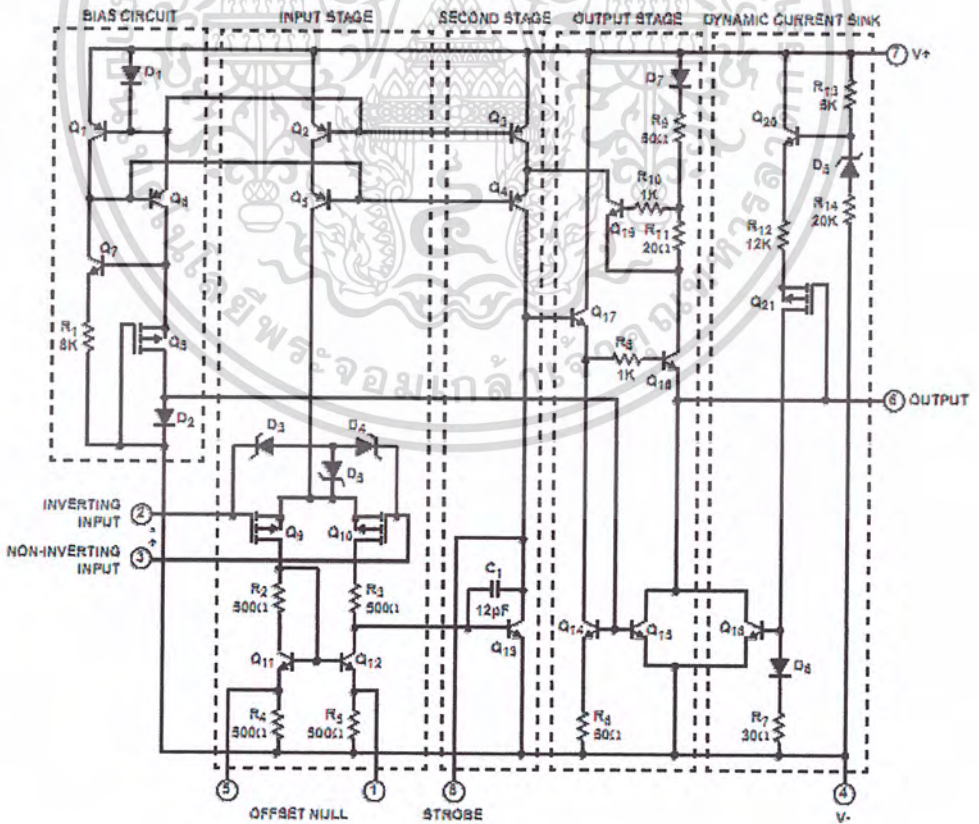
2.2.1 คุณสมบัติเบื้องต้นของ CA3140

- MOSFET Input Stage
- Very High Input Impedance (Z_{IN}) - $1.5T\Omega$ (Typ)
- Very Low Input Current (I_I) - $10pA$ (Typ) at $\pm 15V$
- Wide Common Mode Input Voltage Range (VICR) - Can be Swung $0.5V$ Below Negative Supply Voltage Rail
- Output Swing Complements Input Common Mode Range
- Directly Replaces Industry Type 741 in Most Applications
- Pb-Free Plus Anneal Available (RoHS Compliant)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.7 CA3140 Block Diagram



รูป 2.8 CA3140 Schematic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ทฤษฎีการป้อนกลับแบบลบ (Negative Feedback)

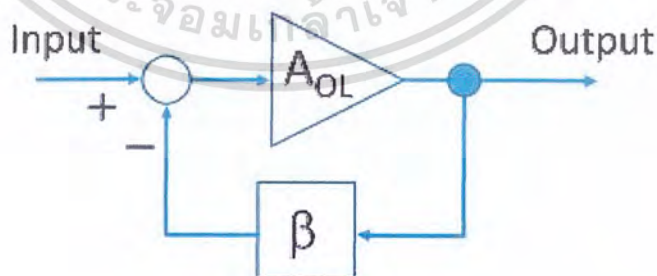
ระบบของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่จะมีการป้อนกลับ และทฤษฎีการป้อนกลับแบบลบ (Negative Feedback) ถูกพัฒนาโดยวิศวกรอิเล็กทรอนิกส์ในงานวิจัยสำหรับการหากรรมวิธีในการออกแบบออปแอมป์ให้มีอัตราขยายคงที่ ซึ่ง Harold Black วิศวกรอิเล็กทรอนิกส์ของบริษัท Western Electric Company เป็นผู้ค้นพบ ซึ่งการป้อนกลับของออปแอมป์ถูกค้นพบในปีค.ศ. 1928 นับตั้งแต่นั้นมาเทคนิคนี้ก็ถูกนำมาใช้กับวงจรขยายอย่างกว้างขวาง การป้อนกลับสามารถแบ่งออกได้เป็นสองประเภทคือ การป้อนกลับแบบลบ(Negative Feedback) และการป้อนกลับแบบบวก (Positive Feedback)

จึงถูกนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบ Amplifier ตามคุณสมบัติดังนี้

1. อัตราขยายมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงค่าของอุปกรณ์ภายในวงจรน้อยลง (มีเสถียรภาพดี)
2. ลดความเพี้ยนของสัญญาณเอาต์พุต
3. ลดสัญญาณรบกวน
4. สามารถควบคุมอิมพีแดนซ์ทางด้านเข้าและออกได้ง่าย
5. เพิ่มแบนวิดธ์ของวงจรขยาย

ส่วนข้อเสียของการป้อนกลับแบบลบมีดังนี้คือ

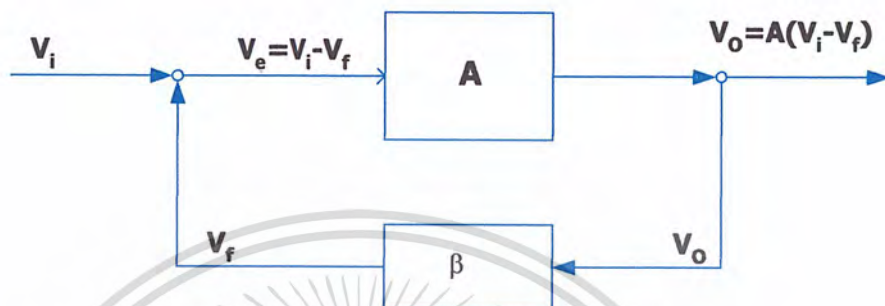
1. อัตราขยายมีค่าลดลง
2. มีแนวโน้มที่วงจรจะไม่เสถียรภาพ ถ้าออกแบบวงจรที่ใช้การป้อนกลับไม่ดีพอ



รูป 2.9 Negative Feedback

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การป้อนกลับของสัญญาณจาก เอาท์พุท กลับมาทางอินพุทอีกครั้ง ซึ่งจะมีสองแบบ คือ ป้อนกลับแบบกลับมาเสริมกับอินพุท(Positive Feedback) หรือ ป้อนกลับแบบกลับมาหักล้างกับอินพุท (Negative Feedback)



รูป 2.10 Negative Feedback

$$A = \frac{V_o}{V_e} \quad \text{และ} \quad \beta = \frac{V_f}{V_o}$$

$$V_o = A(V_i - V_f)$$

$$V_o = A(V_i - \beta V_o)$$

$$V_o(1 + \beta A) = AV_i$$

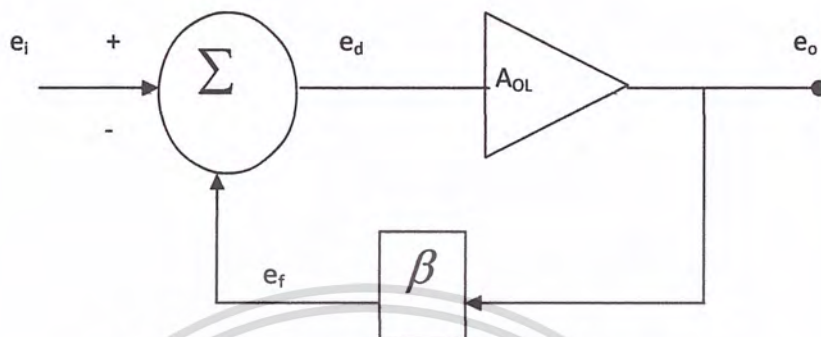
$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{A}{1 + \beta A} \quad \text{หรือ} \quad A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{1/\beta}{1 + 1/\beta A}$$

2.3.1 ผลกระทบจากการป้อนกลับแบบลบ (Effects of negative feedback)

ในทางปฏิบัติเราไม่สามารถใช้งานออปแอมป์ที่สถานะรูปเปิดเป็นวงจรขยายได้ดีนักเพราะกำลังขยายที่สูงมากทำให้สัญญาณอินพุตเพียงนิดเดียวก็ทำให้ได้เอาท์พุทต่อมัลต์ว(แหล่งจ่ายไฟ - 2 V) ตัวอย่างเช่น ถ้าเราใช้ 741 ซึ่งมีกำลังขยายแบบรูปเปิดเป็น 200000 ถ้าแหล่งจ่ายไฟเท่ากับ ± 15 V จะได้เอาท์พุทเท่ากับ $\pm 15 \times 2$ V หมายความว่าแรงดันแตกต่างระหว่างขา INV และ NIV จะอยู่

ในช่วง $\frac{\pm 13}{200000} = \pm 65 \mu\text{V}$ เท่านั้นทำให้นำไปใช้ประโยชน์ได้จำกัด เราสามารถเพิ่มขอบเขต

ในการใช้งานออปแอมป์ได้โดยวิธีการป้อนกลับ (feedback)



รูป 2.11 Block diagram of a negative feedback amplifier

ในรูป คือ Block diagram วงจรขยายป้อนกลับลบ (Negative feedback amplifier) สัญญาณเอาต์พุตคือ e_o มันถูกป้อนกลับโดยผ่านตัวลดทอน β

$$e_f = \beta \times e_o \quad (2.3.1.1)$$

เมื่อ $\beta < 1$

สัญญาณป้อนกลับ e_f ถูกลบจากสัญญาณอินพุตโดย Σ

$$e_d = e_i - e_f \quad (2.3.1.2)$$

สัญญาณ e_d ถูกป้อนให้กลับออปแอมป์ ทำให้ได้สัญญาณเอาต์พุต $e_o = A_{OL} e_d$ แล้วจะถูกป้อนกลับไปที่อินพุตอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อันดับต่อไปจะทำการหาค่าลักษณะของลูปปิด (Close loop gain) ซึ่งนิยามจาก

$$A_v = \frac{e_0}{e_i} \quad (2.3.1.3)$$

$$A_v = \frac{A_{OL} e_d}{e_i} \quad (2.3.1.4)$$

แต่ $e_i = e_d + e_f$ ได้

$$A_v = \frac{A_{OL} e_d}{e_d + e_f} \quad (2.3.1.5)$$

แทน (2.3.1.1) ใน (2.3.1.5) ได้

$$A_v = \frac{A_{OL} e_d}{e_d + \beta e_0} = \frac{A_{OL} e_d}{e_d + \beta A_{OL} e_d} = \frac{A_{OL} e_d}{e_d (1 + \beta A_{OL})}$$

เนื่องจาก $\beta A_{OL} \gg 1$

$$A_v = \frac{A_{OL}}{\beta A_{OL}} = \frac{1}{\beta} \quad (2.3.1.6)$$

จะสังเกตได้ว่า ค่าลักษณะ Open loop ได้หายไปจากค่าลักษณะแบบลูปปิดแล้วและมันขึ้นกับ feed back attenuation (β) เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การคำนวณค่าผิดพลาด

การวัดปริมาณที่ถูกต้องแม่นยำ ทำให้เกิดขึ้นได้น้อยมาก ซึ่งไม่สามารถเกิดขึ้นในงานปฏิบัติการทั้งทางวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม ในการวัดจะเกิดข้อผิดพลาดขึ้นเสมอเพียงแต่อาจจะมีจำนวนมากหรือน้อยเท่านั้น ในการวัดทางไฟฟ้าก็เช่นเดียวกัน ไม่ว่าจะเป็นการวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า ความต้านทาน ฯลฯ ค่าที่วัดได้ไม่ได้เป็นค่าที่ถูกต้องเสมอไป ค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นเรียกว่าค่าความผิดพลาดสมบูรณ์ (Absolute error) และค่าผิดพลาดสมบูรณ์เทียบกับค่าที่ถูกต้องว่า ค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์ (Relative error)

เมื่อ

$$\text{ค่าที่วัดได้} = V_m$$

$$\text{ค่าที่ถูกต้อง} = V$$

$$\text{ค่าความผิดพลาดสมบูรณ์} = \Delta V$$

$$\text{ค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์} = \frac{\Delta V}{V}$$

ค่าความผิดพลาดสมบูรณ์

$$\Delta V = V_m - V \quad (2.4.1)$$

ค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{V_m - V}{V} \quad (2.4.2)$$

ค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์ร้อยละ = ค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์ $\times 100\%$

$$= \frac{\Delta V}{V} \times 100\% \quad (2.4.3)$$

$$= \frac{V_m - V}{V} \times 100\% \quad (2.4.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

Micro-Controller คือ ตัวควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หรือขบวนการต่างๆ ซึ่งอาจทำขึ้นมาจากวงจร ไฟฟ้ากลไก PLC ฯลฯ

Micro-Controller ก็คือ อุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำที่รวบรวมฟังก์ชันการทำงานต่างๆ ไว้ภายในตัวของมันเอง มีขนาดเล็ก และสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ที่เชื่อมต่อกับตัวมัน โดยเน้นความสมบูรณ์ภายในตัวของมันเองและง่ายต่อการนำไปใช้งาน หรือแก้ไขดัดแปลง

Microcontroller ทั่วๆ ไปประกอบด้วย

- CPU (Central Processing Unit)
- RAM (Random Access Memory)
- --EPROM/PROM/ROM (Erasable Programmable Read Only Memory)
- I/O (Input/output) - serial and parallel
- Timers
- Interrupt Controller

และส่วนประกอบอื่นๆ เช่น Analog to Digital Converter, Pulse Width Modulator ฯลฯ ซึ่งขึ้นกับผู้ผลิตที่จะใส่เข้าไป เพื่อเพิ่มความสามารถของ Microcontroller และจุดประสงค์ในการใช้งาน

ความแตกต่างของ Microcontroller และ Microcomputer คือ Microcomputer นั้นต้องการอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอก เช่น หน่วยความจำ I/O ฯลฯ ส่วน Microcontroller นั้นมีสมบูรณ์ภายในตัวของมันเอง

2.5.1 ภาษาของ Micro-Controller

ภาษาที่ใช้กับ MicroController นั้นจะแตกต่างกันตาม Microcontroller ของแต่ละตระกูลแต่ประเภทของภาษาที่ใช้สามารถแบ่งออกเป็น

-ภาษาเครื่อง/ภาษา Assembly

ภาษาเครื่อง(Machine Language) คือโปรแกรมที่ Microcontroller สามารถเข้าใจ มัน แต่มันไม่ง่ายสำหรับ มนุษย์ที่จะอ่านได้ ภาษา Assembly คือ รูปแบบของภาษาเครื่องที่มนุษย์สามารถอ่านออกได้ ภาษา assembly เป็นโปรแกรมที่ทำหน้าที่ในการแปลงจากคำสั่งที่มนุษย์อ่านออกได้ไปเป็นภาษาเครื่อง ซึ่งแปลงคำสั่ง/คำสั่ง โปรแกรมที่เขียนโดยภาษา assembly จะทำงานเร็ว และมีขนาดเล็ก เพราะว่ามันสามารถเข้าถึง Hardware ได้โดยตรง แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการเขียนของผู้เขียนด้วย

-Interpreters

Interpreter คือ ภาษาระดับสูงซึ่งใกล้เคียงกับภาษาของมนุษย์ โดยจะฝังตัวอยู่ในหน่วยความจำ และทำหน้าที่อ่านคำสั่งจากโปรแกรมขึ้นมาทีละคำสั่ง แล้วปฏิบัติตามคำสั่งนั้นๆ ตัวอย่างของ interpreter ที่รู้จักกันดีคือ ภาษา BASIC ข้อเสียของ interpreter คือ ทำงานได้ช้า เนื่องจากต้องแปลคำสั่งทีละคำสั่ง

-Compilers

Compiler คือ ภาษาระดับสูงซึ่งทำหน้าที่แปลโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาแล้วให้เป็นภาษาเครื่อง จากนั้นจึงนำเอาโปรแกรมที่แปลเสร็จแล้วเข้าไปเก็บในหน่วยความจำ ทำให้การทำงานเร็วขึ้น ตัวอย่างเช่น ภาษา C เป็นต้น

2.5.1.1 ประวัติภาษาซี

ภาษาซี (C Language) พัฒนาครั้งแรกเพื่อใช้เป็นภาษาสำหรับพัฒนาระบบปฏิบัติการยูนิกซ์ (Unix Operating System) แทนภาษาแอสเซมบลี ซึ่งเป็นภาษาระดับต่ำที่สามารถกระทำในระบบฮาร์ดแวร์ได้ด้วยความรวดเร็ว แต่จุดอ่อนของภาษาแอสเซมบลีก็คือความยุ่งยากในการ โปรแกรมความเป็นเฉพาะตัวและความแตกต่างกันไปในแต่ละเครื่อง

เดนนิส ริตซ์ จึงได้คิดค้นพัฒนาภาษาใหม่นี้ขึ้นมา โดยการรวบรวมเอาจุดเด่นของแต่ละภาษาระดับสูงผนวกเข้ากับภาษาระดับต่ำ เรียกชื่อว่า ภาษาซี ปัจจุบันภาษาซีได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายเนื่องจากความสามารถในการใช้งานความกะทัดรัดของโปรแกรม และคุณสมบัติอื่นๆ อีกหลายประการ ซึ่งพิสูจน์ให้เห็นว่าภาษาซีเหมาะสมสำหรับเขียนโปรแกรมประยุกต์ ใช้งานต่างๆ ได้ดี แม้แต่ตัวแปลภาษาซี (C Compiler) บางตัวก็ใช้เขียนภาษาซีได้ C , C++ : หรือที่เรียกกันว่า ภาษาซี ใครที่เขียนภาษานี้ได้จะต้องมีพื้นฐานทางด้าน การเขียนโปรแกรมสูงมาก ภาษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นี้จะใช้กับการพัฒนาพวกโปรแกรม หรือว่าเกมส์ใหญ่ๆ ที่ต้องใช้กราฟิกเยอะๆ เสียขยับประกอบ โปรแกรมที่จะต้องใช้ในการช่วย RUN (เรียกใช้งาน) ก็ไม่จำเป็นต้องมี เพราะว่า Library หรือว่า ชุดคำสั่งทั้งหมดของภาษานี้จะมีอยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นพื้นฐานอยู่แล้ว ส่วน Visual Basic ดูเหมือนว่าจะเป็นภาษาที่อินเทอร์เน็ต หรือเป็นที่นิยมมากที่สุด เพราะค่อนข้างใช้งานง่าย นอกจากนั้นยังสามารถเขียนเกมส์ หรือ โปรแกรมได้โดยวิธีการ Drag & Drop หรือ ลากแล้ววาง ภาษาที่ใช้ก็ง่ายต่อการเข้าใจ แต่ข้อเสียของมันอยู่ที่ว่าโปรแกรมนี้ต้องมีโปรแกรมที่ช่วยในการ RUN ด้วย นั่นก็คือ โปรแกรม Visual Basic Runtime Module แต่เดี๋ยวนี้ส่วนใหญ่ User จะดาวน์โหลดติดตั้งเอาไว้ในเครื่องอยู่แล้ว จึงไม่ใช่เป็นปัญหาใหญ่ Visual Basic เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ได้รับความนิยมในการนำมาใช้งานพัฒนาโปรแกรมบนระบบ Windows เนื่องจากเป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้เทคโนโลยีในลักษณะ Visualize คือสะดวกในการหยิบเครื่องมือเครื่องมือที่โปรแกรมได้จัดเตรียมไว้ให้สำหรับออกแบบหน้าจอและสิ่งต่างๆ สำหรับใช้ในการเขียนโปรแกรมให้เรียบร้อย ซึ่งแตกต่างจากสมัยก่อนเวลาจะออกแบบหน้าจอก็ยังคงต้องมานั่งเขียน Source Code ให้ลำบาก จะเลือกภาษาไหนดี? น่าคิดว่าภาษาเป็นเรื่องจริงๆ อย่าจำกัดตัวเองอยู่กับภาษาใดภาษาหนึ่งเลย เพราะถ้าารพัฒนาต้องการเป็น Programmer ที่เก่ง ก็ต้องศึกษาให้มาก อย่าให้ภาษาเป็นกำแพงกั้นความรู้ รักร้างๆ เอาไว้ไม่เสียหาย เรียนรู้เทคนิคในการเขียนโปรแกรมให้มาก โดยเฉพาะเรื่อง Algorithm มันจะแทรกเข้าไปอยู่ในทุกๆ โปรแกรม

ภาษาซีเป็นภาษาที่ถือว่าเป็นทั้งภาษาระดับสูงและระดับต่ำ ถูกพัฒนาโดย เคนนิส ริตชี (Dennis Ritchie) แห่งห้องทดลองเบลล์ (Bell laboratories) ที่เมอร์ริลล์ มลรัฐนิวเจอร์ซีย์ โดยเคนนิสได้ใช้หลักการของภาษา บีซีพีแอล (BCPL : Basic Combine Programming Language) ซึ่งพัฒนาขึ้น โดยเคน ทอมสัน (Ken Thomson) การออกแบบและพัฒนาภาษาซีของเคนนิส ริตชี มีจุดมุ่งหมายให้เป็นภาษาสำหรับใช้เขียน โปรแกรมปฏิบัติการระบบยูนิกซ์ และได้ตั้งชื่อว่า ซี (C) เพราะเห็นว่า ซี (C) เป็นตัวอักษรต่อจากบี (B) ของภาษา BCPL ภาษาซีถือว่าเป็นภาษาระดับสูงและภาษาระดับต่ำ ทั้งนี้เพราะ ภาษาซีมีวิธีใช้ข้อมูลและมีโครงสร้างการควบคุมการทำงานของโปรแกรมเป็นอย่างเดียวกับภาษาของโปรแกรมระดับสูงอื่นๆ จึงถือว่าเป็นภาษาระดับสูงในด้านที่ถือว่าภาษาซีเป็นภาษาระดับต่ำ เพราะภาษาซีมีวิธีการเข้าถึงในระดับต่ำที่สุดของฮาร์ดแวร์ ความสามารถทั้งสองด้านของภาษานี้เป็นสิ่งที่เกื้อหนุนซึ่งกันและกัน ความสามารถระดับต่ำทำให้ภาษาซีสามารถใช้เฉพาะเครื่องได้ และความสามารถระดับสูง ทำให้ภาษาซีเป็นอิสระจากฮาร์ดแวร์ ภาษาซีสามารถสร้างรหัสภาษาเครื่องซึ่งตรงกับชนิดของข้อมูลนั้นได้เอง ทำให้โปรแกรมที่เขียนด้วยภาษาซีที่เขียนบนเครื่องหนึ่ง สามารถนำไปใช้กับอีกเครื่องหนึ่งได้ ประกอบกับการใช้พอยน์เตอร์ในภาษาซี นับได้ว่าเป็นตัวอย่างที่ดีของการเป็นอิสระจากฮาร์ดแวร์

ภาษาซีเป็นภาษาที่มีลักษณะเด่นพอสรุปได้ดังนี้

- เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่มีการพัฒนาขึ้นใช้งานเพื่อเป็นภาษามาตรฐานที่ไม่ขึ้นกับ โปรแกรมจัดระบบงานและไม่ขึ้นกับฮาร์ดแวร์
- เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่อาศัยหลักการที่เรียกว่า "โปรแกรม โครงสร้าง" จึงเป็นภาษาที่เหมาะสมกับการพัฒนาโปรแกรมระบบ
- เป็นคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง ให้รหัสออบเจกต์สั้น ทำงานได้รวดเร็ว เหมาะกับงานที่ต้องการ ความรวดเร็วเป็นสำคัญ
- มีความคล่องตัวคล้ายภาษาแอสเซมบลี ภาษาซีสามารถเขียนแทนภาษาแอสเซมบลี ได้ดี ค้นหาที่ผิดหรือ แก้โปรแกรมได้ง่าย ภาษาซีจึงเป็นภาษาระดับสูงที่ทำงานเหมือนภาษาระดับต่ำ
- มีความคล่องตัวที่จะประยุกต์เข้ากับงานต่างๆ ได้เป็นอย่างดี การพัฒนาโปรแกรม เช่น เวิร์ด โพรเซสซิ่ง สเปรดชีต ดาตาเบส ฯลฯ มักใช้ภาษาซีเป็นภาษาสำหรับการพัฒนา
- เป็นภาษาที่มีอยู่บนเกือบทุกโปรแกรมจัดระบบงาน มีในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ 8 บิตไปจนถึง 32 บิต เครื่องมินิคอมพิวเตอร์ และเมนเฟรม
- เป็นภาษาที่รวมข้อดีเด่นในเรื่องการพัฒนา จนทำให้เป็นภาษาที่มีผู้สนใจมากมายที่จะเรียนรู้หลักการของภาษา และวิธีการเขียน โปรแกรม ตลอดจนการพัฒนางานบนภาษานี้

2.5.2 คุณสมบัติของ MCS51 (51,52,1051,2051)

== AT89C51 ==

- เป็นชิปขนาด 40 ขา มีคุณลักษณะพิเศษหลายอย่างดังนี้
- มีหน่วยความจำโปรแกรมชนิดแฟลชเมโมรี (Flash Memory) หรือชนิดที่เขียนและลบได้รวดเร็ว ขนาด 4 กิโลไบต์ ทนต่อการเขียนลบได้ 1000 ครั้ง และคงค่าข้อมูลไว้ได้นาน 10 ปี
- ทำงานที่ความถี่นาฬิกา 0-24 เมกะเฮิร์ตซ์
- ป้องกันการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory Lock) ได้ 3 ระดับ
- มีหน่วยความจำแรม (Ram) ภายในตัวชิปอยู่ 128 ไบต์
- มีขาอินพุต/เอาต์พุต ที่สามารถโปรแกรมได้จำนวน 32 ขา
- มีตัวตั้ง/ตัวนับเวลาขนาด 16 ไบต์จำนวน 2 ตัว
- สามารถรับการอินเทอร์รัปต์ (Interrupt) หรือสัญญาณขัดจังหวะให้มีการทำงานก่อนได้จาก 5 แหล่ง
- มีช่องรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมที่สามารถโปรแกรมได้

== AT89C52 ==

- เป็นชิปขนาด 40 ขามีคุณลักษณะเช่นเดียวกับ AT89C51 แต่มีข้อแตกต่างเล็กน้อยคือ
- มีหน่วยความจำโปรแกรมแฟลชเมโมรีเพิ่มขึ้นเป็น 8 กิโลไบต์
- มีหน่วยความจำแรมภายในตัวชิปเพิ่มขึ้นเป็น 256 ไบต์
- รับการอินเทอร์รัปต์ได้ 8 แหล่ง
- มีตัวตั้ง/ตัวนับเวลาขนาด 16 ไบต์ จำนวน 3 ตัว

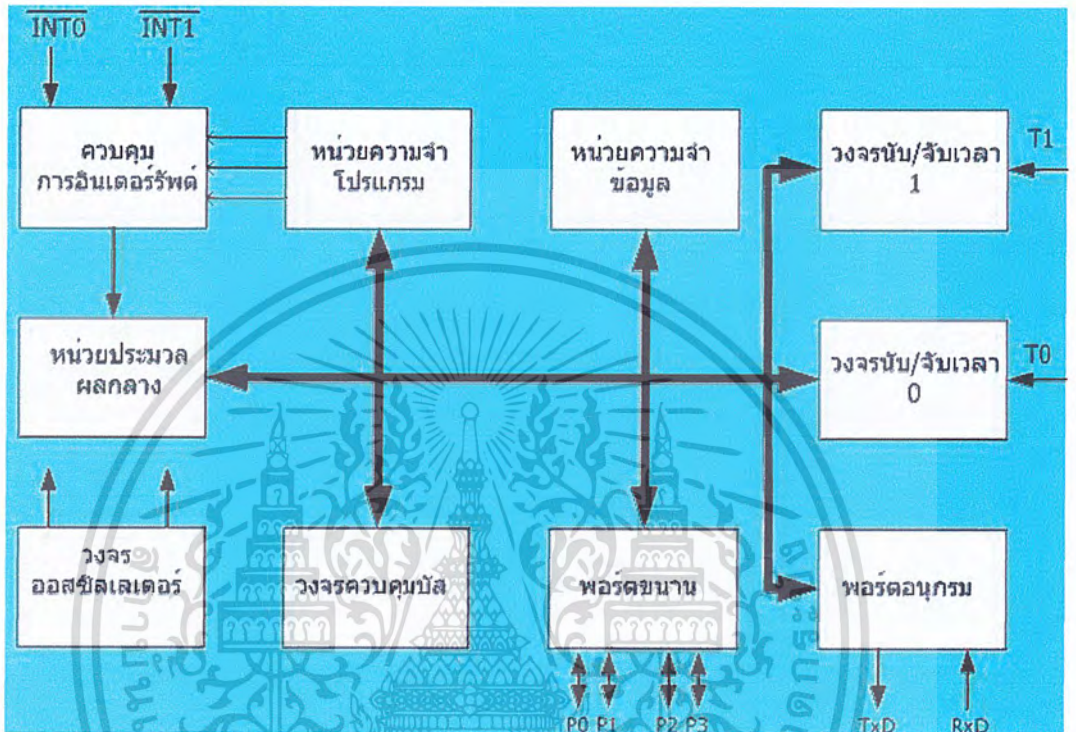
(8052) T2	P1.0	1	40	Vcc
only T2EX	P1.1	2	39	P0.0 AD0
	P1.2	3	38	P0.1 AD1
	P1.3	4	37	P0.2 AD2
	P1.4	5	36	P0.3 AD3
	P1.5	6	35	P0.4 AD4
	P1.6	7	34	P0.5 AD5
	P1.7	8	33	P0.6 AD6
	RST	9	32	P0.7 AD7
RXD	P3.0	10	31	EA' Vpp
TXD	P3.1	11	30	ALE PROG'
INT0'	P3.2	12	29	PSEN'
INT1'	P3.3	13	28	P2.7 A15
TD	P3.4	14	27	P2.6 A14
T1	P3.5	15	26	P2.5 A13
WR'	P3.6	16	25	P2.4 A12
RD'	P3.7	17	24	P2.3 A11
XTAL2	18	23	P2.2 A10	
XTAL1	19	22	P2.1 A9	
Vss	20	21	P2.0 A8	

รูป 2.12 โครงสร้าง MCS-51

ลักษณะการจัดขาภายนอกของ MCS-51 การจัดขาตามลักษณะภายนอกของชิป MCS-51

จะมีการแบ่งกลุ่มการจัดขาออกเป็น 4 กลุ่มด้วยกัน คือ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

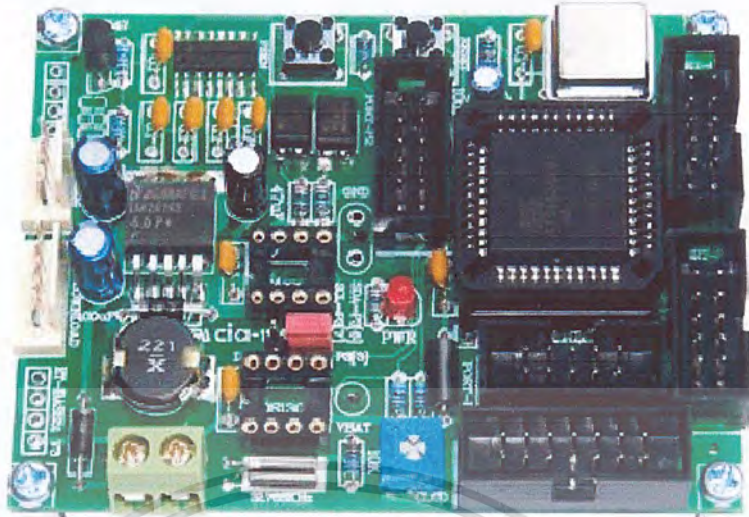
- กลุ่มขาแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง และสัญญาณนาฬิกา
- กลุ่มขาสำหรับการอ้างแอดเดรสและรับส่งข้อมูล
- กลุ่มขาที่ใช้ในการควบคุม
- กลุ่มขาพอร์ตใช้งานแบบขนานและอนุกรม



รูป 2.13 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

โครงสร้างภายในพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ 8051 ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆดังนี้ ส่วนของหน่วยความจำภายในสำหรับเก็บข้อมูลขนาด 128 ไบต์ (Internal Data Memory) ส่วนของหน่วยความจำภายในสำหรับเก็บโปรแกรมที่มีขนาด 4 กิโลไบต์ (Internal Program Memory) อุปกรณ์ควบคุมการอินเทอร์รัพต์ (Interrupt Control Unit) ตัวตั้งเวลาและตัวนับเวลาขนาด 16 บิต 2 ชุด (Timer/Counter 0 and Timer/Counter 1) พอร์ตควบคุมการสื่อสารอนุกรมแบบ Full Duplex ซึ่งสามารถรับส่งข้อมูลพร้อมกันได้ พอร์ตขนานสำหรับติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกจำนวน 4 พอร์ต พอร์ตละ 8 บิต วงจรผลิตสัญญาณนาฬิกาภายใน

2.5.3 ET-BASE 51 V3.0



รูป 2.14 บอร์ด ET-BASE 51 V3.0

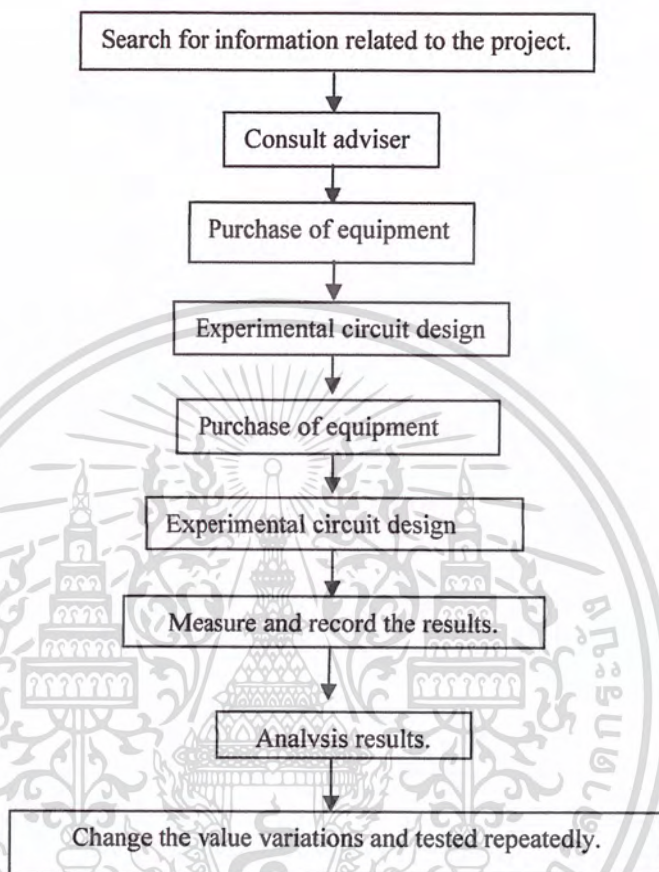
คุณสมบัติ

- MCU เมอร์ AT89C51ED2, PLCC - 44 PIN, หน่วยความจำ FLASH 64 KBYTES, RAM 1792 BYTES, EEPROM 2 KBYTES สามารถเลือกใช้งานได้แบบ 6 หรือ 12 CLOCK ต่อ 1 MACHINE CYCLE ได้
- ใช้ OSCILLATOR แบบโมดูล ค่า 29.4912 MHz สามารถสั่งงานให้สามารถทำงานในโหมดความเร็ว 2 เท่า ทำให้บอร์ดนี้สามารถใช้งาน RUN ได้เร็วถึง 58.9824 MHz
- สามารถ DOWNLOAD ข้อมูลโปรแกรมเข้าหน่วยความจำภายในได้ทาง PORT RS232 ได้โดยตรง ไม่ต้องซื้อเครื่อง COPY เพิ่มเติม
- 4 PORT I/O แบบ PIN HEADER 2 x 5 มาตรฐาน ETT
- RS232 PORT แบบ 4 PIN ET
- RTC เมอร์ DS1307 (OPTION)
- 14 PIN HEADER LCD สำหรับต่อใช้งานกับ LCD แบบ CHARACTER TYPE
- POWER SUPPLY AC/DC INPUT 7 - 10V, ใช้ REGULATE แบบ SWITCHING เมอร์ LM2575 ลดปัญหาความร้อนจากตัวไอซี REGULATE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ขั้นตอนการเตรียมการ



รูป 3.1 ขั้นตอนการเตรียมการ

1. Search for information related to the project.

หาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับ โครงการงาน “เครื่องกระตุ้นกระแสไฟฟ้าระดับต่ำ” (low current stimulator) ถึงแนวทางที่เป็นไปได้สำหรับวิธีสร้าง วงจรจ่ายกระแสระดับต่ำ

2. Consult adviser

ปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาถึงแนวทางในการทำโครงการงาน “เครื่องกระตุ้นกระแสไฟฟ้าระดับต่ำ” (low current stimulator) ถึงวิธีที่สามารถเป็นไปได้ในการนำมาทำวงจรจ่ายกระแสระดับต่ำ โดยท่านอาจารย์ที่ปรึกษาได้ให้คำแนะนำถึงการนำตัวอุปกรณ์ DAC มาใช้ ในการควบคุมการจ่ายกระแสระดับต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.Purchase of equipment

เลือกเบอร์อุปกรณ์ที่มีความเหมาะสมกับการนำมาใช้ ในโครงการงาน “เครื่องกระตุ้นกระแสไฟฟ้าระดับต่ำ” (low current stimulator) คือ เนื่องจากเราต้องใช้กระแสไฟฟ้าระดับต่ำ และในการนำไปใช้ ต้องต่อกับความต้านทานของเซลล์ประสาท ซึ่งจะมีค่าความต้านทานสูงมาก ดังนั้นในการออกแบบวงจรเราต้องหาอุปกรณ์ที่มีค่า เอาท์พุทอิมพีแดนซ์สูงมากๆ ในการเลือกตัว DAC มี DAC เบอร์ที่เหมาะสมคือ DAC0800 และเลือกใช้ CA3140 มาใช้ในการจ่ายกระแสเอาท์พุท เนื่องจากสามารถคำนวณและจ่ายกระแสในระดับต่ำได้ และใส่วงจร buffer คั่นกลางระหว่างวงจรทั้งสอง เลือกใช้ LF351 ซึ่งเป็นไอซีทั่วไปที่นิยมใช้ทำเป็นวงจร buffer จากนั้นจึงไปซื้ออุปกรณ์มาเพื่อทำการทดลอง

4.Experimental circuit design

เมื่อทราบเบอร์อุปกรณ์ และชื่อมาสำหรับออกแบบเพื่อทำการทดลองเรียบร้อยแล้ว จึงคำนวณช่วงค่ากระแสที่ต้องการปรับ คือ เราทราบอยู่แล้วว่า กระแสสูงสุดที่ต้องการคือ 10uA และทราบว่า กระแสต่ำสุดที่ต้องการคือ 1uA และต้องการปรับเพิ่ม/ลด ทีละ 0.5uA จึงคำนวณค่า R ที่จะต้องใช้สำหรับ DAC และ เราต้องหาค่า R เพื่อเข้าสมการใน Datasheet เพื่อออกแบบค่า R ให้มีค่า output ออกมาเป็นค่ากระแสที่ต้องการ โดยการวัด เราจะนำ R มาต่อ โดยเอามิเตอร์วัดแรงดันตกคร่อมตัว R และจะเปลี่ยนค่า R นี้ ไปเรื่อยๆ

5.Purchase of equipment

เมื่อเราได้ออกแบบอุปกรณ์ไปแล้ว จากนั้น เมื่อเราทราบว่าอุปกรณ์บางตัวไม่สามารถใช้จริงได้ อาทิ CA3140 ซึ่งมีค่าเอาท์พุทอิมพีแดนซ์ $=15M\Omega$ ในการวัดพบว่าเมื่อเราใช้ตัวต้านทานมาต่อเป็นโหลด หากตัวต้านทานสูงถึงในระดับ $M\Omega$ เมื่อทำการวัดจะพบว่า ค่าแสดกระแสที่ได้จากการคำนวณตกลงมาก จึงหาวงจร application ของ CA3140 และได้วิธีการต่อวงจรที่เพิ่มค่าเอาท์พุทอิมพีแดนซ์ได้สูงถึงระดับ $1000 M\Omega$ จึงซื้ออุปกรณ์เพิ่ม สำหรับการต่อวงจร

6.Experimental circuit design

เมื่อได้อุปกรณ์ในส่วนที่ต้องเพิ่มขึ้นจาก application ของ CA3140 จึงทำการต่อวงจร และคำนวณค่าความต้านที่ต้องใช้จากสูตรที่ datasheet application CA3140 มีให้

7.Measure and record the results.

เมื่อได้วงจรที่พร้อมแล้ว จึงทำการวัดผล และบันทึกผล โดยจะเปลี่ยนค่าตัวต้านทานโหลดไปเรื่อยๆ เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่มีความละเอียด และสามารถปรับแก้ต่อไปได้สำหรับการใช้งานจริง

8.Analysis results.

ผลการทดลองที่ได้ยังคงมีค่าความคาดเคลื่อนสูงอยู่ เนื่องจาก สัญญาณระดับต่ำมากๆ จะมี

สัญญาณรบกวนสูงมากด้วยเช่นกัน ดังนั้นจึงต้องระวังในเรื่องสัญญาณรบกวนอย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเฉพาะเท่านั้น เมื่อผู้จัดทำเห็นประโยชน์ของเอกสารนี้ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. Change the value variations and tested repeatedly

เปลี่ยนค่าต่างๆ ที่ใช้ทดลอง และทำการทดลองซ้ำหลายๆ ครั้ง เพื่อตรวจสอบค่าที่วัดได้ ว่ามีความเสถียรของผลการทดลอง มากน้อยเพียงใด ในการนำไปใช้จริงจึงจะเกิดความสมบูรณ์ที่สุด

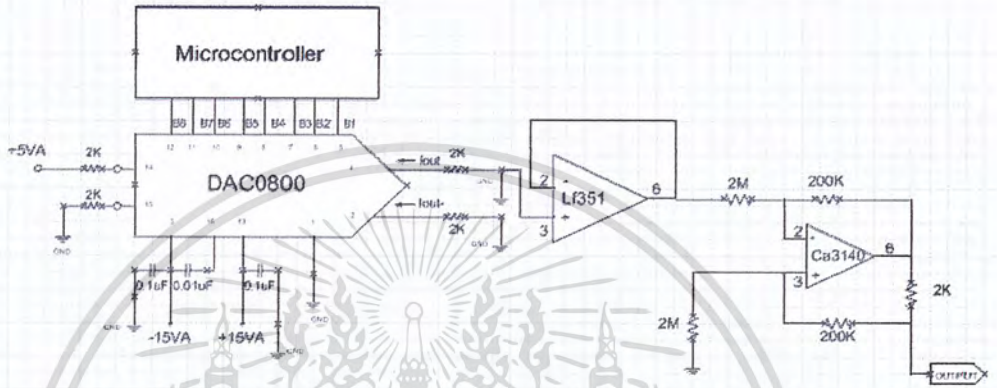


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง

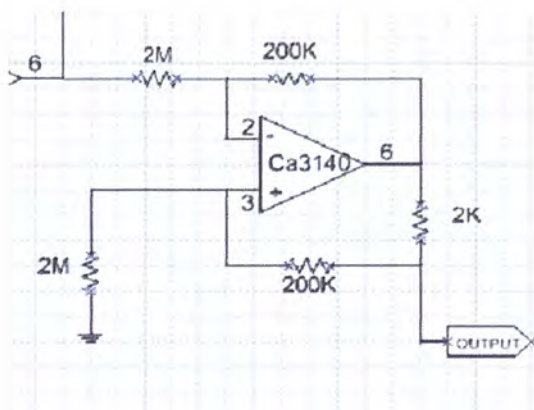
ทำการทดลองโดยการ ต่อวงจร ดังรูป



รูป 4.1 รูปวงจร

ซึ่งในวงจรดังกล่าวจะแบ่งเป็นสามส่วนหลัก นับจากซ้ายไปขวา ไอซีเบอร์ DAC0800 เป็นตัวกำหนดแรงดัน ไอซีเบอร์ LF351 เป็นวงจรบัฟเฟอร์เพื่อรักษาประสิทธิภาพของวงจร และไอซีเบอร์ CA3140 เป็นเอาต์พุตของวงจรซึ่งจ่ายเป็นค่ากระแสไฟฟ้า

การทดลองเริ่มจากการป้อนค่ากระแสไฟฟ้าที่ต้องการทางตัวรับสัญญาณดิจิทัล ซึ่งก็คือ Keypad เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์รับค่าเรียบร้อยแล้ว จะส่งค่าเอาต์พุตซึ่งเป็นค่าดิจิทัลทั้งแปดบิตไปสั่งการ การทำงานของไอซีเบอร์ DAC0800 ซึ่งมีหน้าที่พิจารณาการเปลี่ยนค่าแรงดันจากไอซีเบอร์ DAC0800 ซึ่งเป็นไอซีที่ทำการเปลี่ยนค่ากระแสจากสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาลอกเพื่อให้ค่ากระแสที่ได้ออกมา สามารถปรับได้ตามความต้องการ ซึ่งจะส่งผลต่อค่าแรงดันที่จะป้อนให้ไอซีเบอร์ CA3140 ที่จะทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าต่อไป ดังรูป



รูป 4.2 รูปวงจร CA3140

จากวงจร การออกแบบวงจร V/I โดยค่ากระแสที่ออกมา มีค่าตามสมการ

$$I_{out} = \frac{R_3 V_{in}}{R_1 R_5} \quad (4.1)$$

ขั้นการทดลอง

จุดประสงค์เบื้องต้นของการทำชิ้นงาน Low Current Stimulator นี้ คือ การนำไปใช้ประโยชน์ในการกระตุ้นเซลล์ หรือเส้นประสาท โดยที่เส้นประสาทนั้น จะมีความต้านทานภายในอยู่ ดังนั้น เราจึงสมมติให้ Resistance Load ตัวหนึ่ง เป็นเส้นประสาทนั้น และจ่ายกระแสให้กับ R Load จากนั้นเป็นการวัดค่า

ผลการทดลองการส่งออกของกระแส จากไอซีเบอร์ CA3140 โดยการเปลี่ยนค่าแรงดันขาเข้าที่ควบคุมโดยไอซีเบอร์ DAC0800 ซึ่งเปลี่ยนค่า digital และส่งการKeypad ในค่ากระแสต่างๆ เช่น 10 ไมโครแอมป์ , 15 ไมโครแอมป์ , 20 ไมโครแอมป์ และ 25 ไมโครแอมป์ ตามลำดับ เพื่อบันทึกผลต่าง ของกระแสเอาท์พุท

เนื่องจากเราต้องการทราบค่ากระแส จึงต้องต่อความต้านทานโหลดเพื่อทำการวัดค่าแรงดันเอาท์พุท เพื่อนำค่าทั้งสองนี้ไปคำนวณกระแสต่อไป ผู้จัดทำจึงทดลองหาค่าความคลาดเคลื่อนโดยการเปลี่ยนค่าความต้านทานโหลดไปเรื่อยๆ

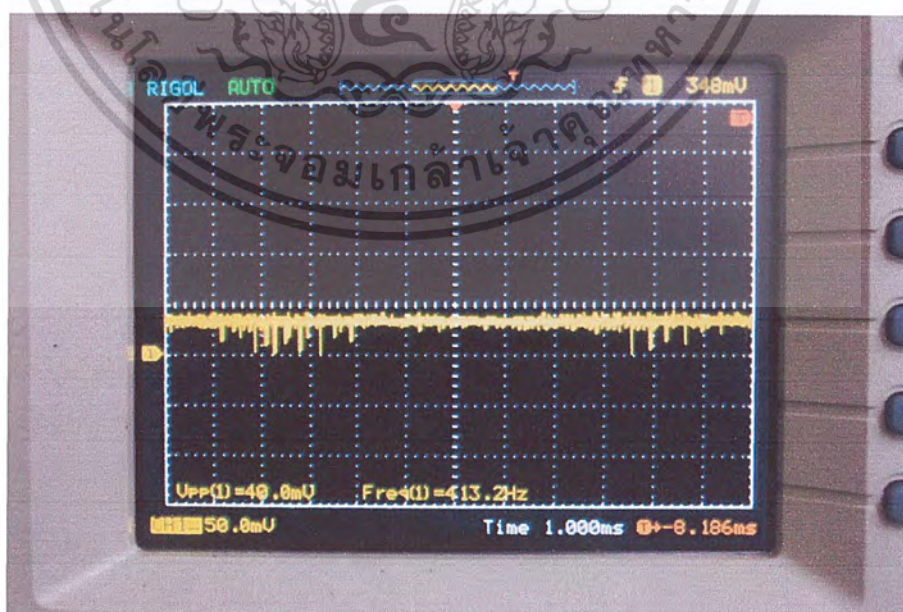
บทที่ 5

ผลการทดลอง

กราฟจาก Oscilloscope ที่ได้จากการทำการทดลอง โดยต่อกับความต้านทาน โหลดขนาด 2K

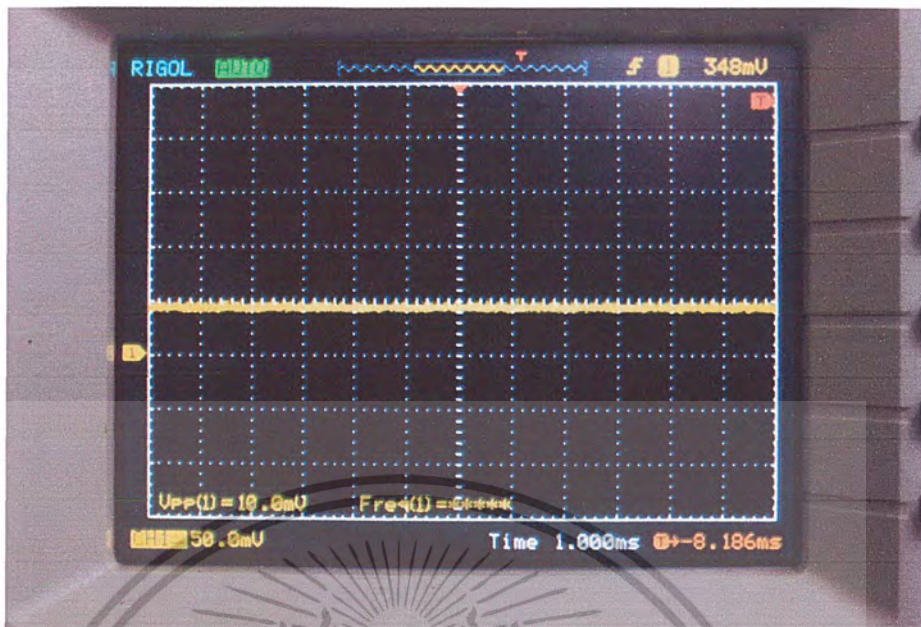


รูป 5.1 ถ่ายกระแส 10 ไมโครโหม้มกับความต้านทานโหลด 2K



รูป 5.2 ถ่ายกระแส 15 ไมโครโหม้มกับความต้านทานโหลด 2K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

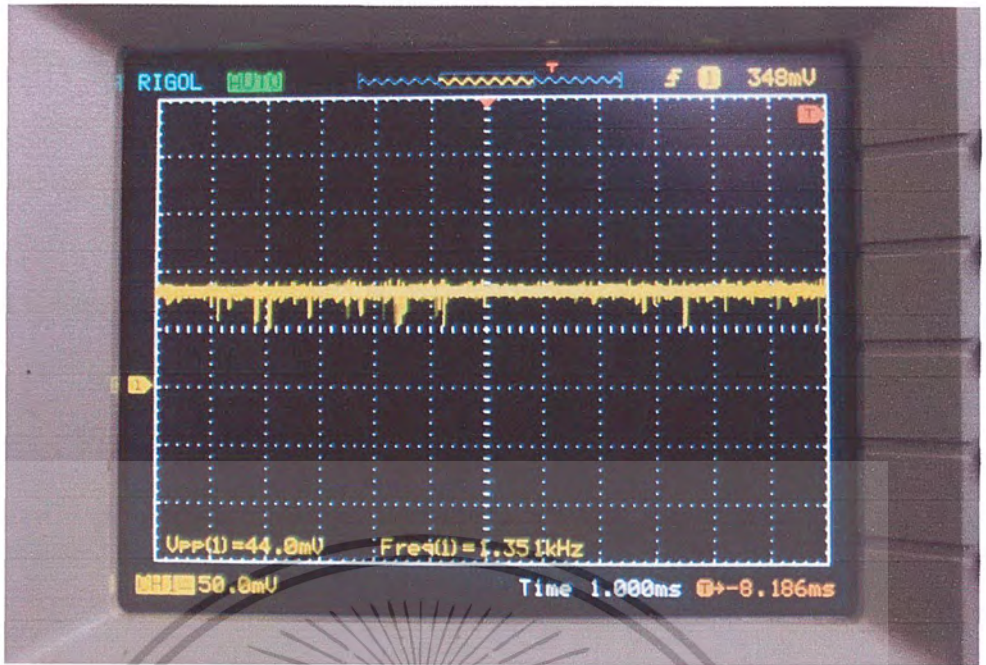


รูป 5.3 ถ่ายกระแส 20 ไมโครโอห์มกับความต้านทานโหลด 2K

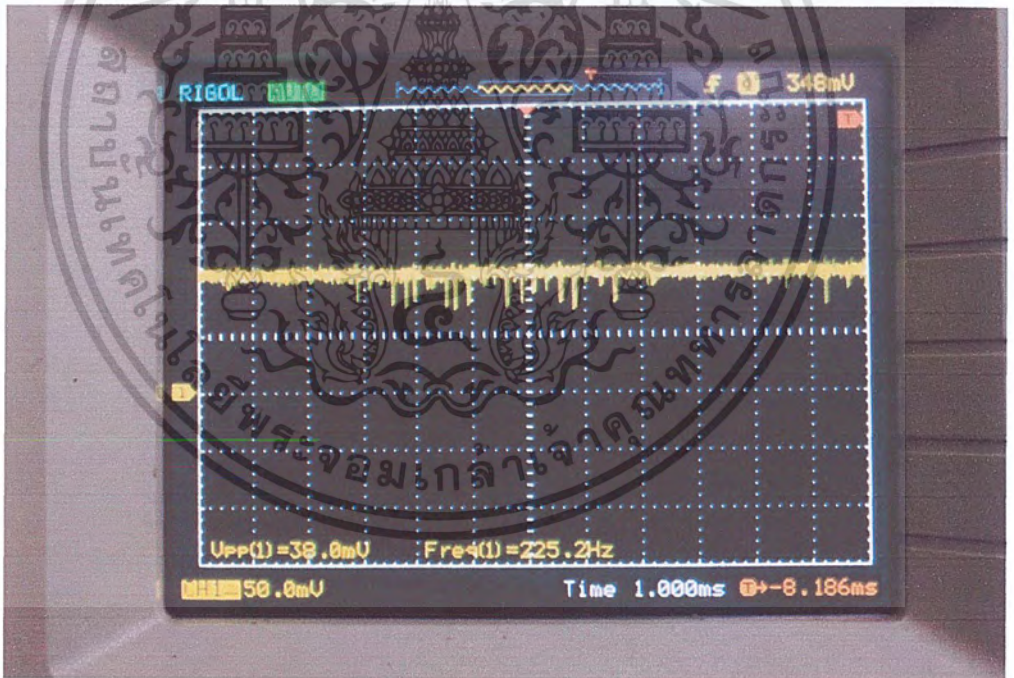


รูป 5.4 ถ่ายกระแส 30 ไมโครโอห์มกับความต้านทานโหลด 2K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

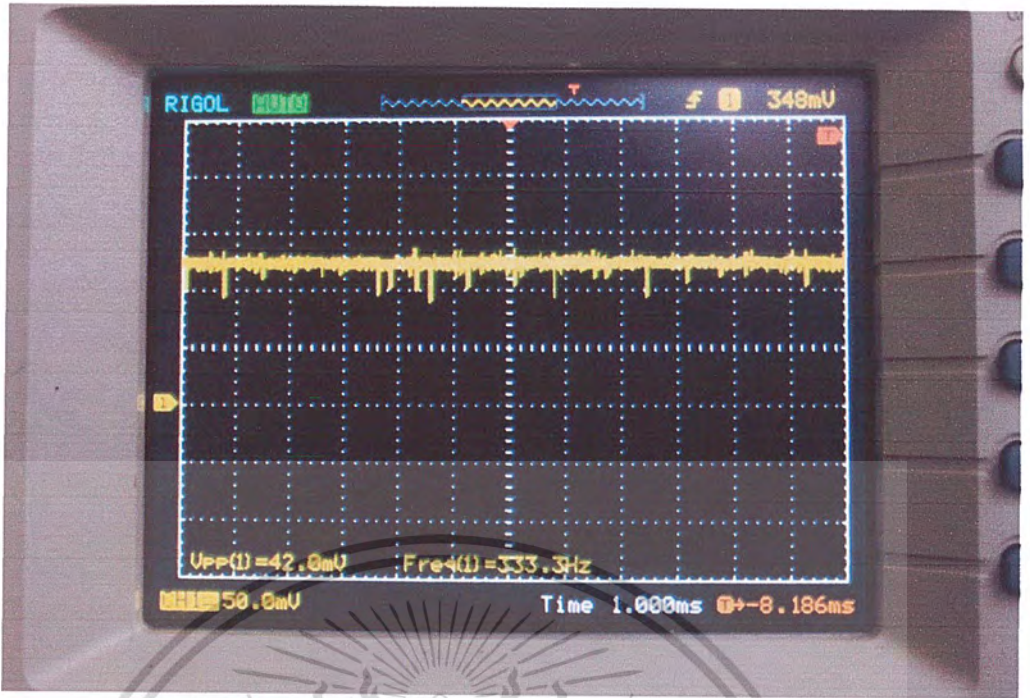


รูป 5.5 ถ่ายกระแส 40 ไมโครโหม้มกับความต้านทานโหลด 2K

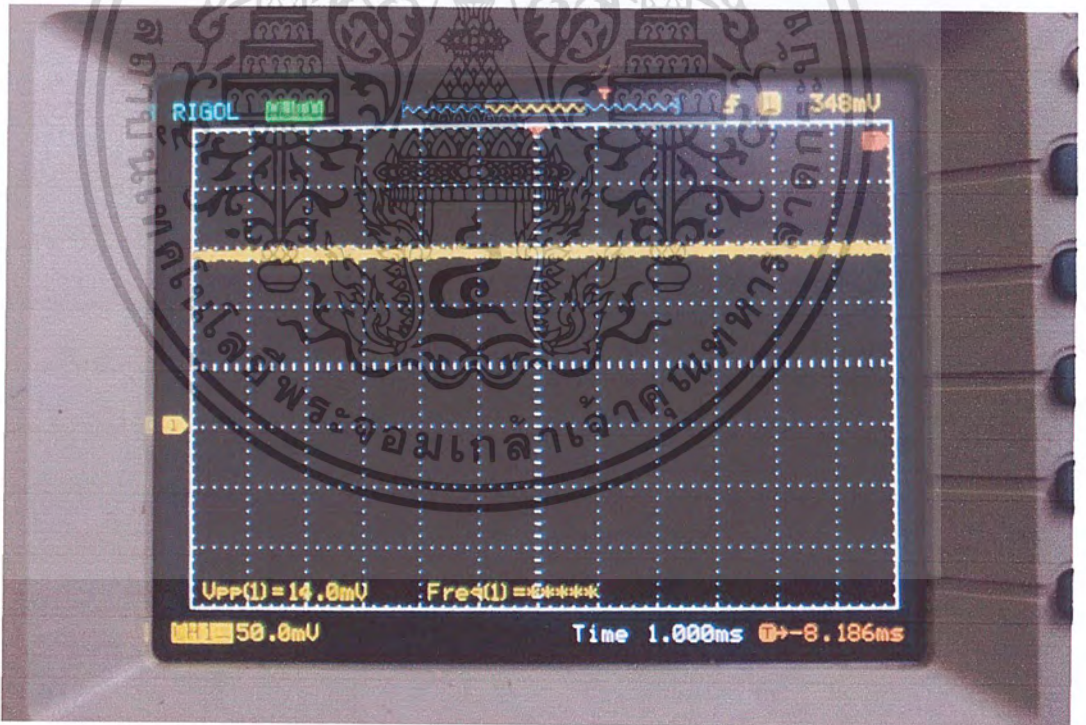


รูป 5.6 ถ่ายกระแส 50 ไมโครโหม้มกับความต้านทานโหลด 2K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

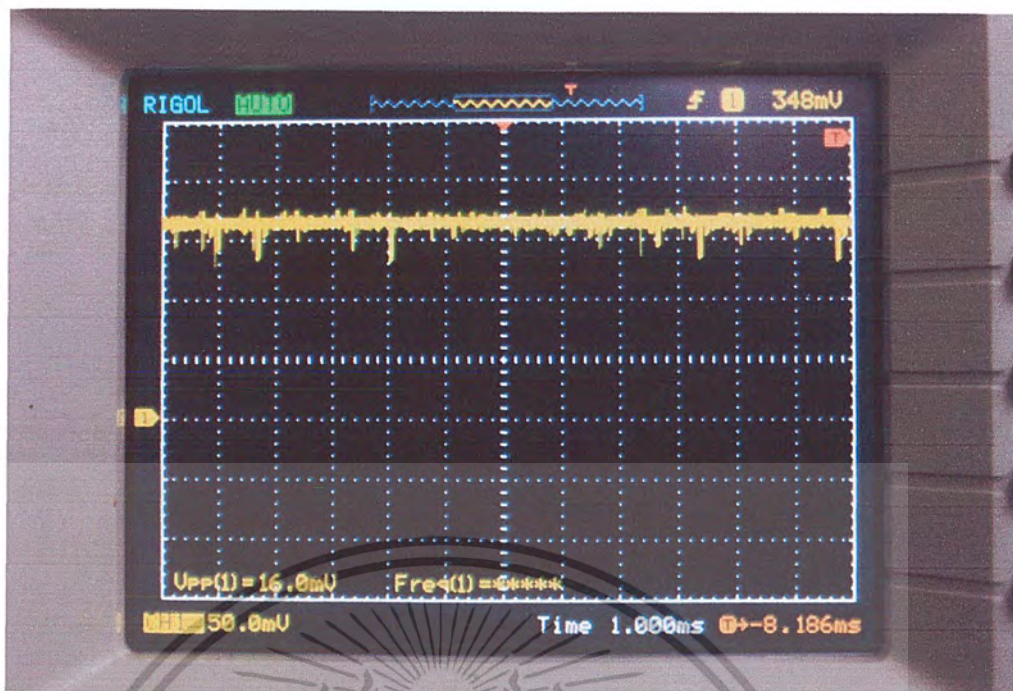


รูป 5.7 ถ่ายกระแส 60 ไมโครโอห์มกับความต้านทานโหลด 2K



รูป 5.8 ถ่ายกระแส 70 ไมโครโอห์มกับความต้านทานโหลด 2K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

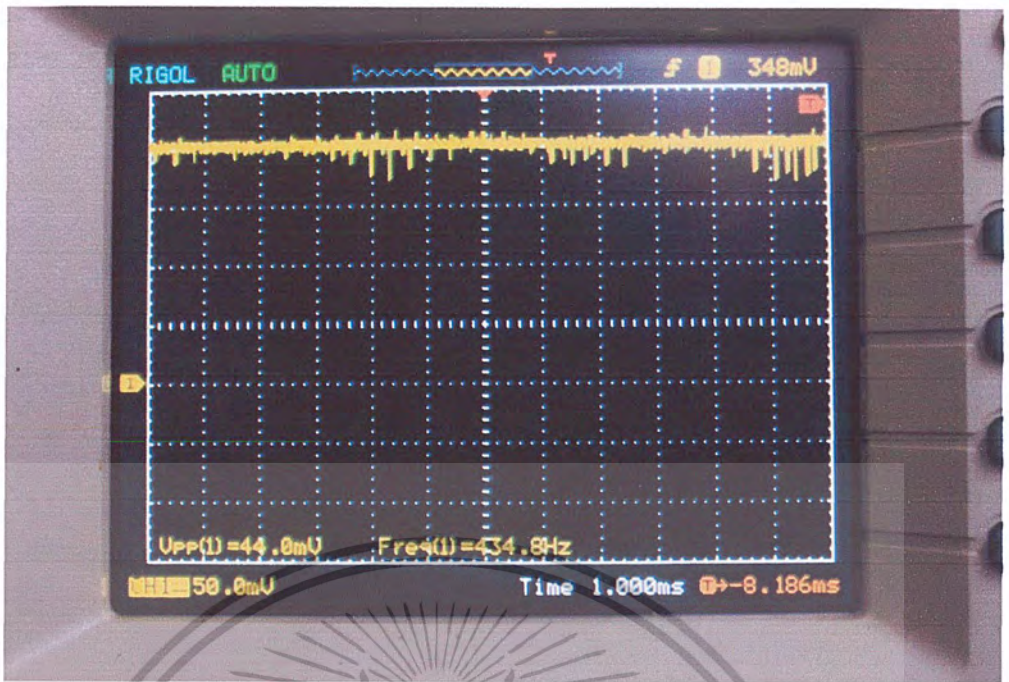


รูป 5.9 ถ่ายกระแส 80 ไมโครโอห์มกับความต้านทานโหลด 2K



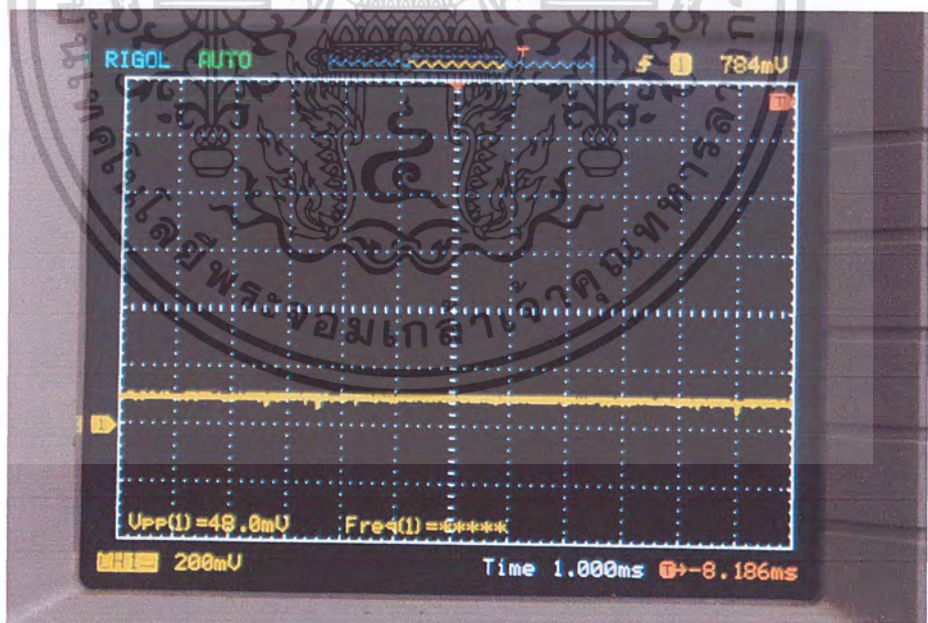
รูป 5.10 ถ่ายกระแส 90 ไมโครโอห์มกับความต้านทานโหลด 2K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



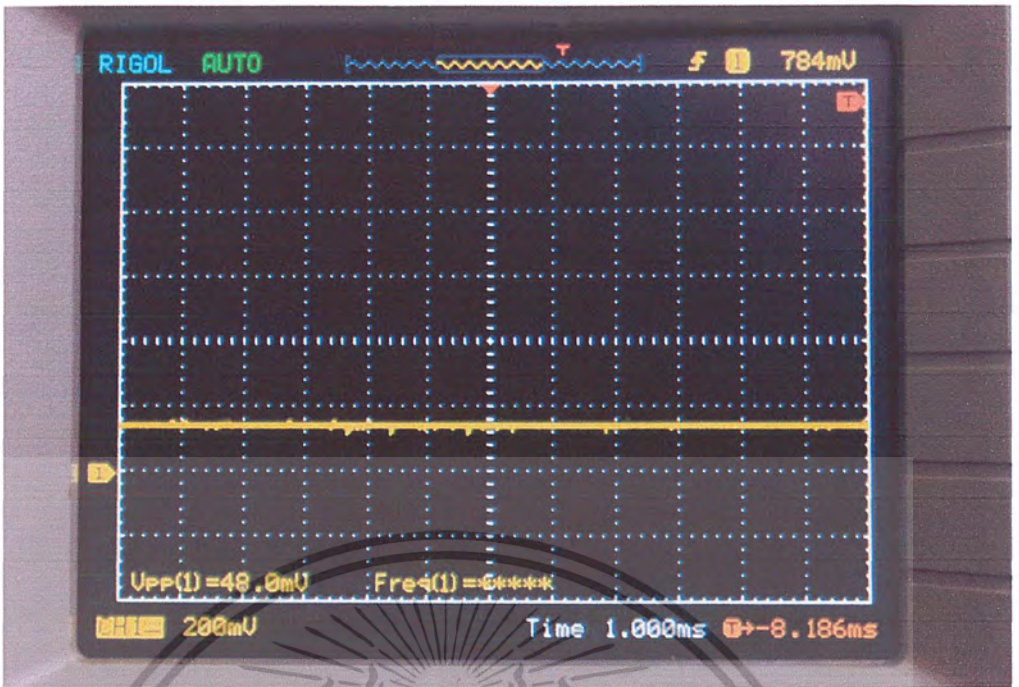
รูป 5.11 ถ่ายกระแส 100 ไมโครโหม้มกับความต้านทานโหลด 2K

กราฟจาก Oscilloscope ที่ได้จากการทำการทดลองโดยต่อกับความต้านทานโหลดขนาด 10K

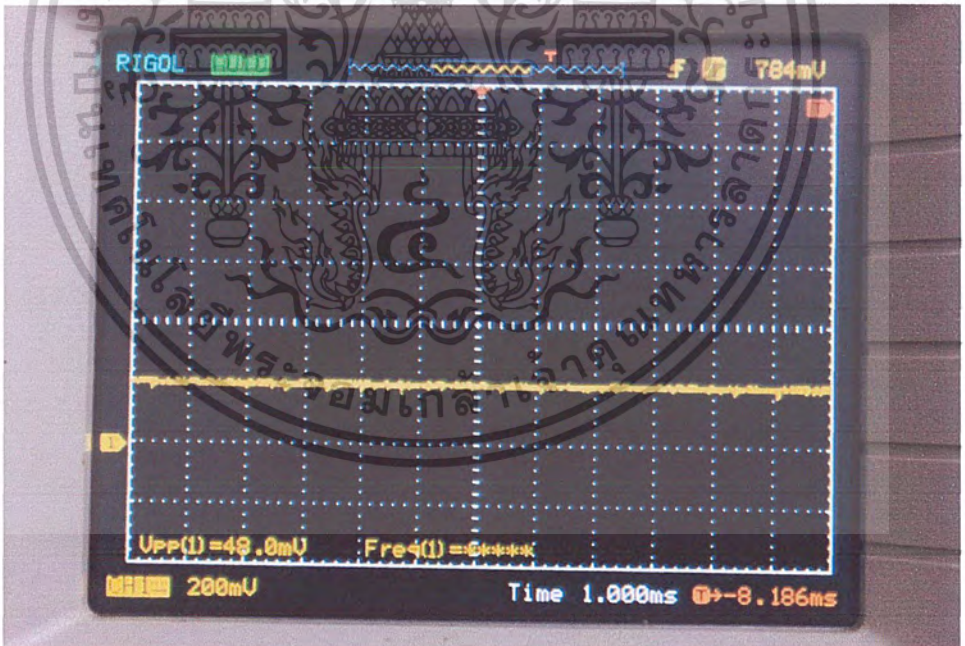


รูป 5.12 ถ่ายกระแส 10 ไมโครโหม้มกับความต้านทานโหลด 10K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

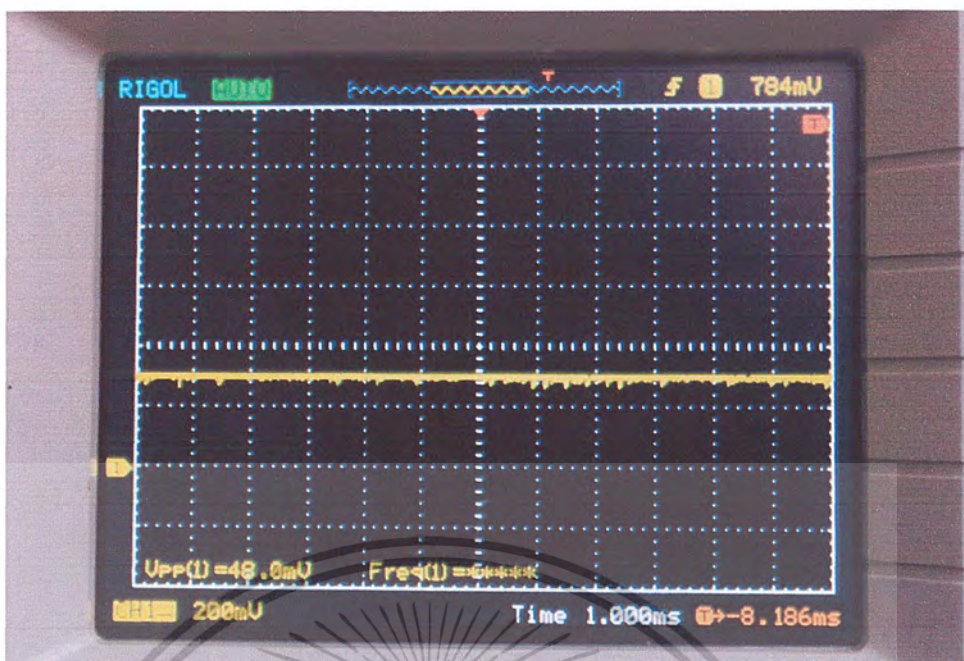


รูป 5.13 ถ่ายกระแส 15 ไมโครโหม้มกับความต้านทานโหลด 10K

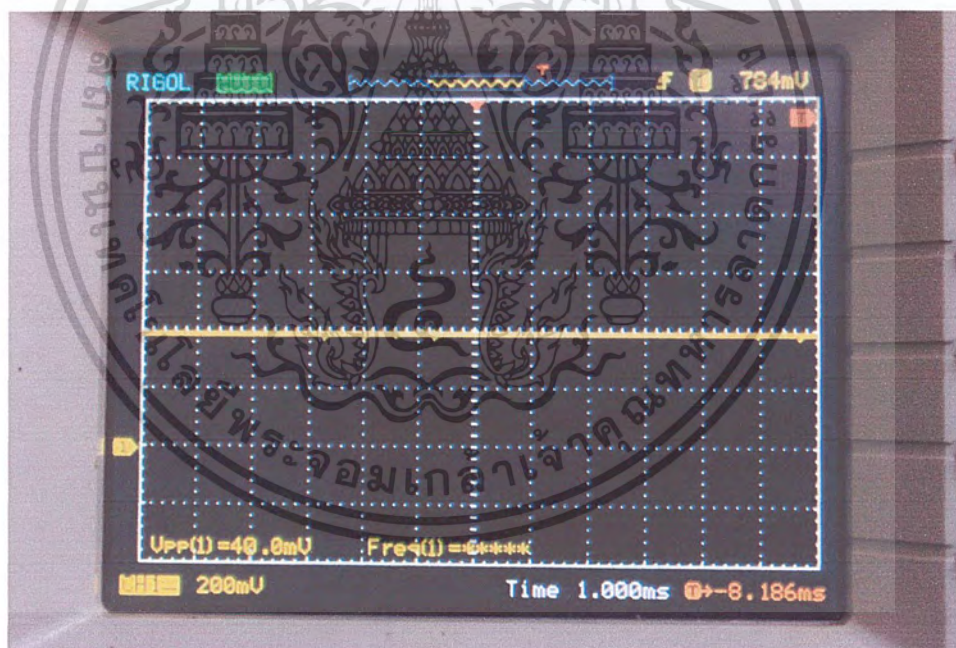


รูป 5.14 ถ่ายกระแส 20 ไมโครโหม้มกับความต้านทานโหลด 10K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 5.15 ถ่ายกระแส 30 ไมโครโอห์มกับความต้านทานโหลด 10K



รูป 5.16 ถ่ายกระแส 40 ไมโครโอห์มกับความต้านทานโหลด 10K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

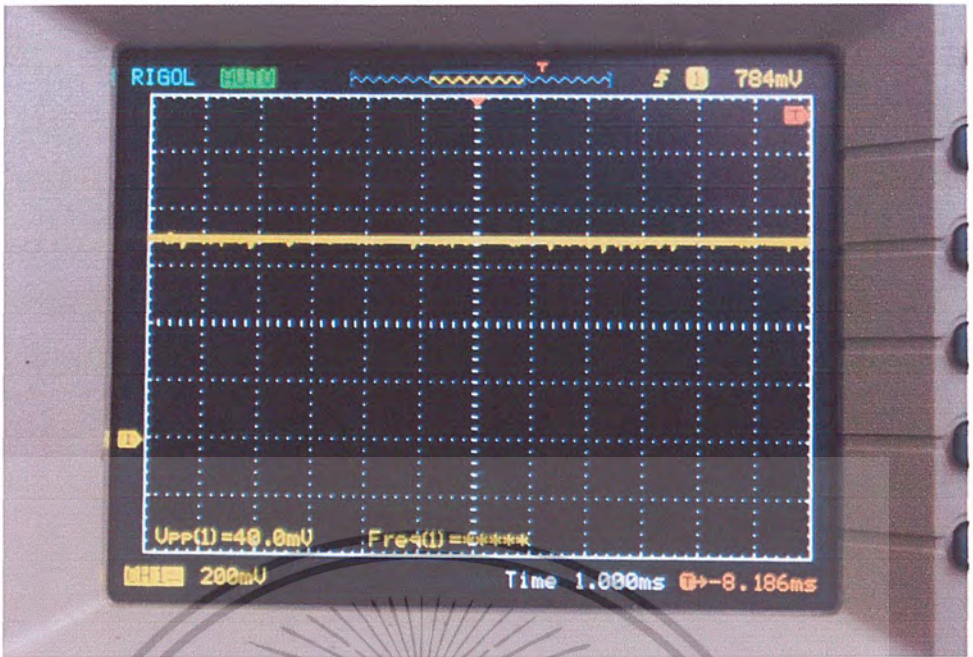


รูป 5.17 ถ่ายกระแส 50 ไมโครโอห์มกับความต้านทานโหลด 10K

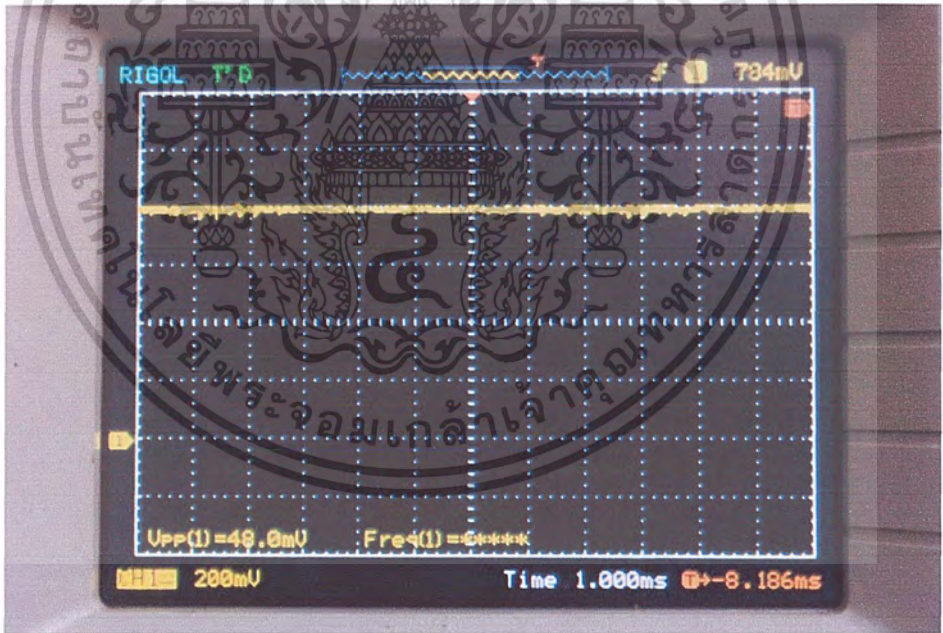


รูป 5.18 ถ่ายกระแส 60 ไมโครโอห์มกับความต้านทานโหลด 10K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

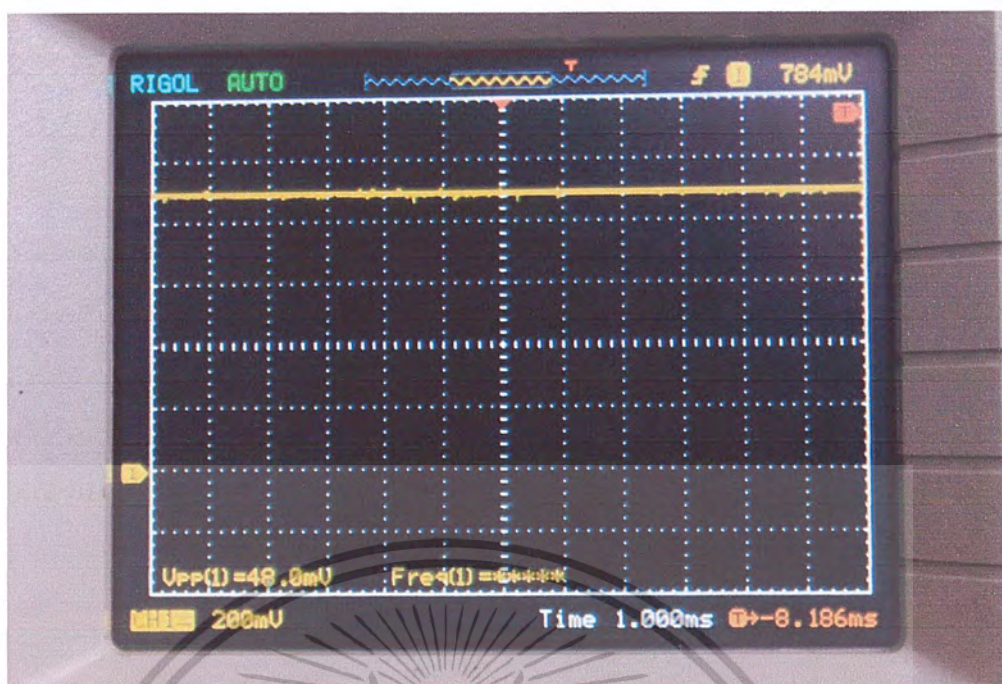


รูป 5.19 ถ่ายกระแส 70 ไมโครโอห์มกับความต้านทานโหลด 10K

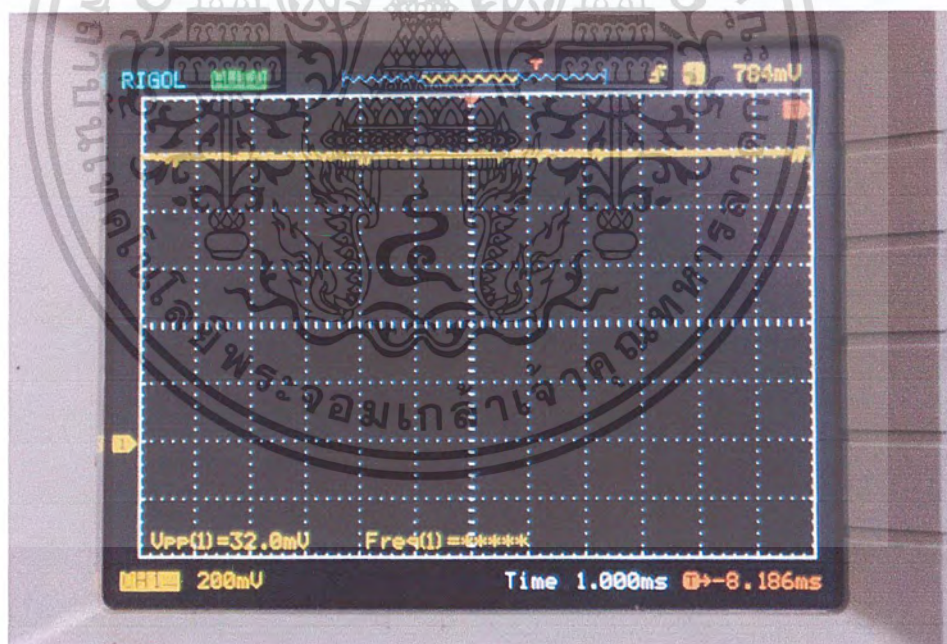


รูป 5.20 ถ่ายกระแส 80 ไมโครโอห์มกับความต้านทานโหลด 10K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 5.21 ถ่ายกระแส 90 ไมโครโอห์มกับความต้านทานโหลด 10K



รูป 5.22 ถ่ายกระแส 100 ไมโครโอห์มกับความต้านทานโหลด 10K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 ผลการทดลอง โดยการจ่ายกระแสให้กับโหลด 2K

ค่าจาก Keypad	Vout (mV)	Iout(uA)
010	20	10
015	30	15
020	40	20
030	60	30
040	80	40
050	100	50
060	120	60
070	140	70
080	160	80
090	180	90
100	200	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 ผลการทดลอง โดยการจ่ายกระแสให้กับโหลด 10K

ค่าจาก Keypad	Vout (mV)	Iout(uA)
010	100	10
015	150	15
020	200	20
030	300	30
040	400	40
050	500	50
060	600	60
070	700	70
080	800	80
090	900	90
100	1000	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1 การทดลองเพิ่มเติม

สืบเนื่องจากการทดลองจากเครื่องกระตุ้นเซลล์ด้วยกระแสไฟฟ้าระดับต่ำ โดยใช้ DAC และ Microcontroller นั้น แม้จะได้ค่าเอาต์พุตเป็นที่น่าพอใจแล้วนั้น แต่ความต้องการกระแสเอาต์พุตเพื่อใช้ในการกระตุ้นนั้นมีค่าต่ำมากจนถึงระดับไมโครแอมป์ ส่งผลให้มีสัญญาณรบกวนตามมาเป็นปัญหาข้อใหญ่ ในกรณีนี้ หลังจากที่รับคำปรึกษาจากอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ โดยคำแนะนำที่รับ เป็นการเลือกใช้ โปรแกรม Lab view ร่วมกับ Data acquisition system: DAQ รวมทั้ง Microcontroller และวงจร Current Source ที่ใช้ CA3140 เช่นเดิม

ระบบคาน้ำแอกควิชิจั้น (Data acquisition system: DAQ)

ระบบคาน้ำแอกควิชิจั้น เป็นการเก็บรวบรวมวิเคราะห์ข้อมูลจริง ในงานทดลองทางวิทยาศาสตร์ ผ่านคอมพิวเตอร์ โดยจะต่างจากการใช้งานคอมพิวเตอร์ทั่วไปโดย มีตัวตรวจรับรู้ (Sensor) ทำหน้าที่แปลงสัญญาณทางกายภาพให้เป็นปริมาณทางไฟฟ้า แล้วแปลงสัญญาณนั้นให้อยู่ในรูปของสัญญาณดิจิทัล เข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์และผ่านซอฟต์แวร์ประยุกต์ในลักษณะเวลาจริง (Real time)

องค์ประกอบของระบบคาน้ำแอกควิชิจั้น มีดังต่อไปนี้

1. ส่วนการตรวจวัดสัญญาณทางกายภาพ (Transducer/Sensor/Detector)
2. วงจรปรับสภาพสัญญาณ (Signal conditioning)
3. ส่วนควบคุมการเก็บข้อมูล และการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ (Interface board)
4. ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูล (Application software)

ส่วนการตรวจวัดสัญญาณทางกายภาพ

ในที่นี้จะใช้ตัวตรวจจับ(Detector) ตัวรับรู้ (Sensor) หรือ ตัวแปลงปริมาณ (Transducer) เพื่อแปลงปริมาณทางกายภาพให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า

ส่วนปรับสภาพสัญญาณ

ในส่วนนี้จะเป็นการปรับปรุงคุณภาพของสัญญาณไฟฟ้า ที่มาจากส่วนการตรวจวัดสัญญาณทางกายภาพ การที่จะส่งสัญญาณต่อไปยัง ส่วนควบคุมการเก็บข้อมูล และการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

โดยหน้าที่เด่นของส่วนนี้ คือ การขยายขนาดสัญญาณ เนื่องจากสัญญาณส่วนใหญ่ที่ได้จากส่วนการตรวจวัดสัญญาณทางกายภาพจะมีขนาดสัญญาณที่ต่ำมาก (ประมาณ มิลลิโวลต์) และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มักมีสัญญาณรบกวนจากแหล่งจ่ายไฟ ทำให้ค่าสัญญาณที่วัดได้ไม่ถูกต้องและไม่เที่ยงตรง

นอกจากนั้นวงจรปรับสภาพสัญญาณยังใช้ในการแปลงสัญญาณไฟฟ้า ที่ไม่ได้อยู่ในรูปของความต่างศักย์ไฟฟ้า ให้มาอยู่ในรูปของความต่างศักย์ไฟฟ้าเพื่อทำการแปลงสัญญาณนั้นให้เป็นสัญญาณดิจิทัล เช่น การแปลงค่ากระแสไฟฟ้า 4-20 mA จากตัวตรวจรับรู้ให้เป็นความต่างศักย์กระแสตรง 0-5 V เป็นต้น

ส่วนควบคุมการเก็บข้อมูล และการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

ส่วนการควบคุมการเก็บข้อมูล และการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์นี้จะมีอยู่ 2 แบบ คือแบบการ์ดเสียบ และแบบเชื่อมต่อภายนอก โดยที่แบบการ์ดเสียบจะติดตั้งบนสล็อตขยายของเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งติดต่อผ่านบัส PCI ส่วนการเชื่อมต่อภายนอกจะใช้พอร์ตสื่อสารมาตรฐาน ได้แก่ พอร์ตอนุกรม RS-232 ,พอร์ตนานา IEEE 1284(พอร์ตเครื่องพิมพ์) ,พอร์ตนานา IEEE 488 หรือบัส GPIB รวมถึงบัสแบบ VXI

ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูล

ส่วนนี้จะขึ้นกับการพัฒนาซอฟต์แวร์ เพื่อใช้ในจุดประสงค์ใด โดยในการพัฒนาซอฟต์แวร์จะพิจารณาข้อจำกัด 3 ประการคือ

1. ระบบปฏิบัติการที่ใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ว่าเอื้อความสะดวกในการพัฒนาซอฟต์แวร์มากน้อยเพียงใด
2. ความเชี่ยวชาญในการเขียน โปรแกรม และการใช้ซอฟต์แวร์
3. ความสามารถเข้ากันได้ระหว่างซอฟต์แวร์ และฮาร์ดแวร์

ลักษณะสัญญาณในระบบคาน้ำแอกควิซชัน

เพื่อให้ง่ายในการทำความเข้าใจ จะเปรียบเทียบระบบคาน้ำแอกควิซชันเป็นเหมือนบล็อกการคำนวณทางฟิสิกส์ หรือโมเดลทางคณิตศาสตร์ที่เมื่อมีอินพุตใดๆส่งเข้ามาที่บล็อกนี้ จะได้ข้อมูลเอาต์พุต 5 ลักษณะคือ ค่าสถานะดิจิทัล(State), อัตราส่วน (Rate), ระดับสัญญาณ (Level) , รูปร่าง(Shape) และความถี่ (Frequency content)

การวัดสัญญาณในระบบค้ำแอกควิซิชัน

1. ดิฟเฟอเรนเชียล (Differential)
2. ซิงเกิล-เอนด์แบบเทียบกราวด์ (Reference single-ended : RSE)
3. ซิงเกิล-เอนด์แบบไม่เทียบกราวด์ (No reference single-ended : NRSE)

โดยปกติส่วนปรับสภาพสัญญาณ และการควบคุมการเก็บข้อมูลมักจะประกอบด้วย วงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์ และวงจรขยายสัญญาณ เพื่อรองรับสัญญาณและล็อกอินพุตที่มีมากกว่า 1 สัญญาณ โดยถ้าหากเป็นการจัดวงจรพื้นฐานมักใช้อินพุตเทียบกราวด์ เพื่อให้ได้จำนวนช่องสูงสุด ตัวอย่างเช่นถ้าวงจรแปลงสัญญาณมีสัญญาณแอนะล็อกอินพุต 16 ช่องเมื่อใช้กราวด์ร่วมกัน จะสามารถแบ่งช่องสัญญาณเป็น 8 คู่สัญญาณ คือช่องอินพุตบวก และอินพุตลบคั้งรูปที่ 4 ซึ่งการเชื่อมต่อในลักษณะนี้จะลดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ เนื่องจากสัญญาณอินพุตแต่ละช่องไม่มีจุดสัญญาณร่วมกันเลย

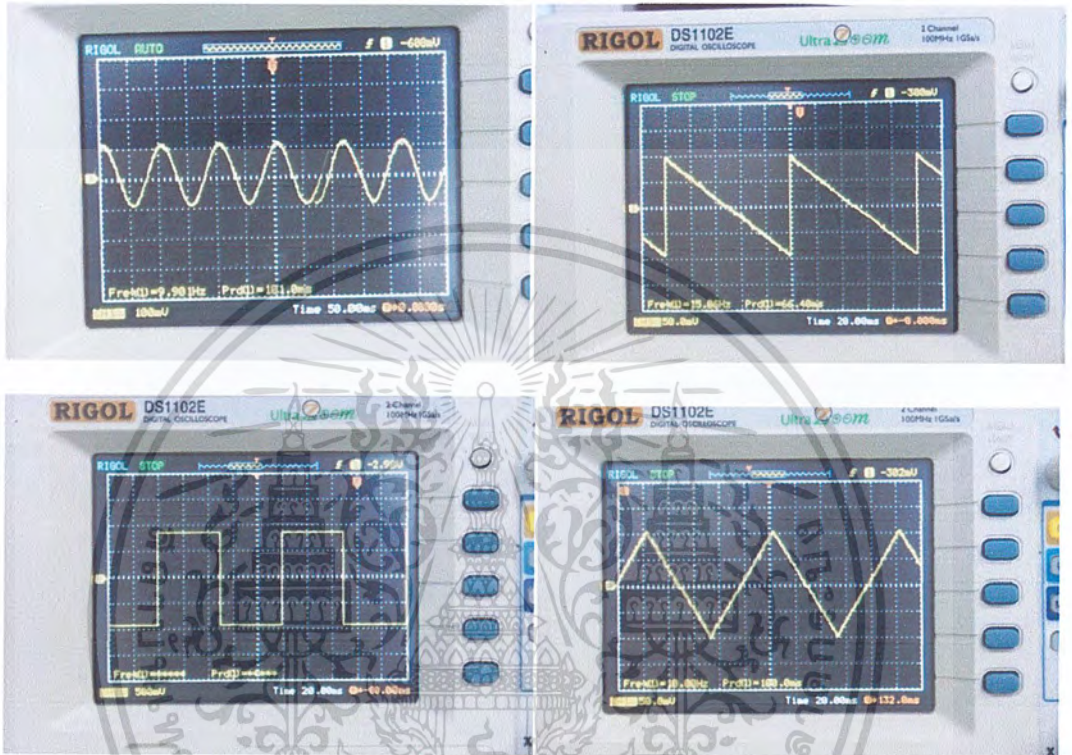


รูป 5.23 DAQ 6259 ที่ใช้ในการทำโครงการเพิ่มเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

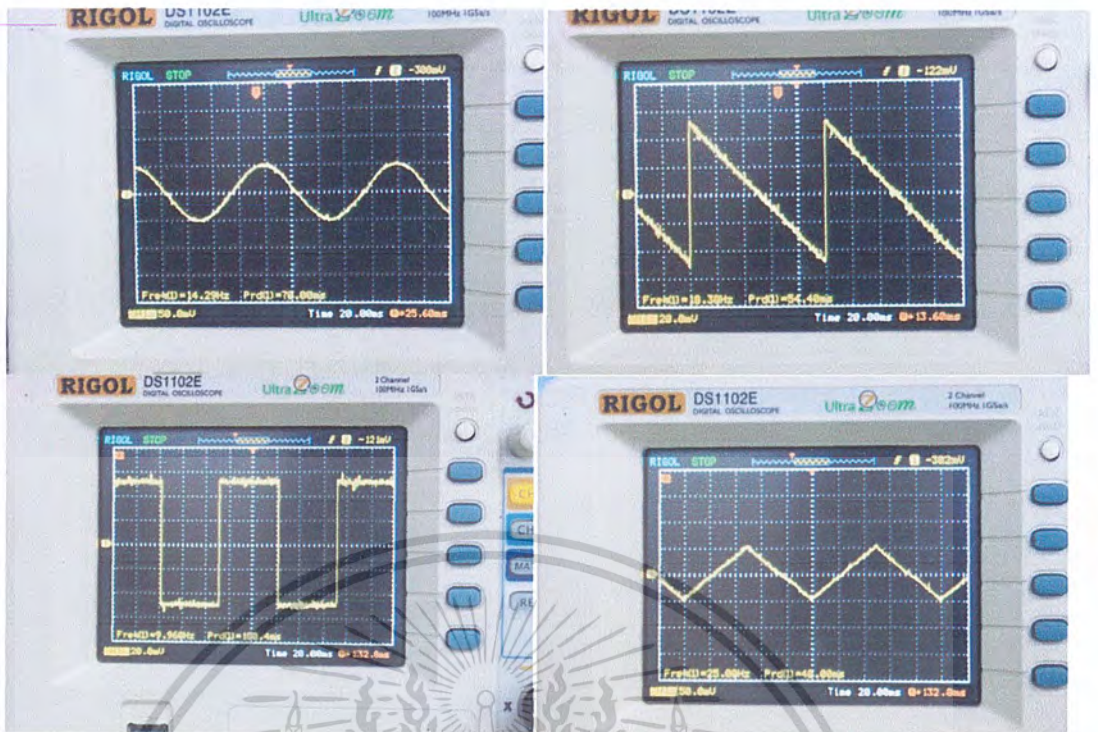
5.2 ผลการทดลองเพิ่มเติม

หลังจากที่ทำการทดลองเพิ่มเติม โดยใช้วงจรใหม่ร่วมกับ DAQ และ Lab view ได้ผลการทดลองจากการวัดค่า และ Oscilloscope ดังต่อไปนี้

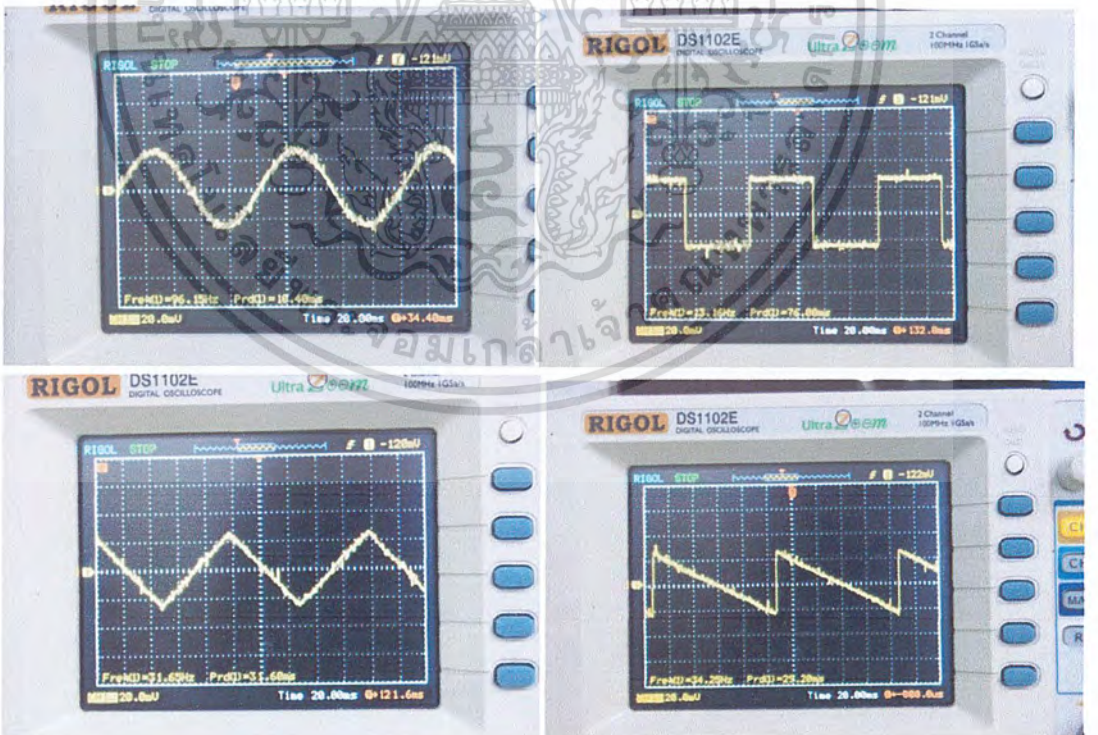


รูป 5.24 กราฟ V ใช้ความต่างศักย์ 4 Volt ที่ความต้านทานโหลด 1K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

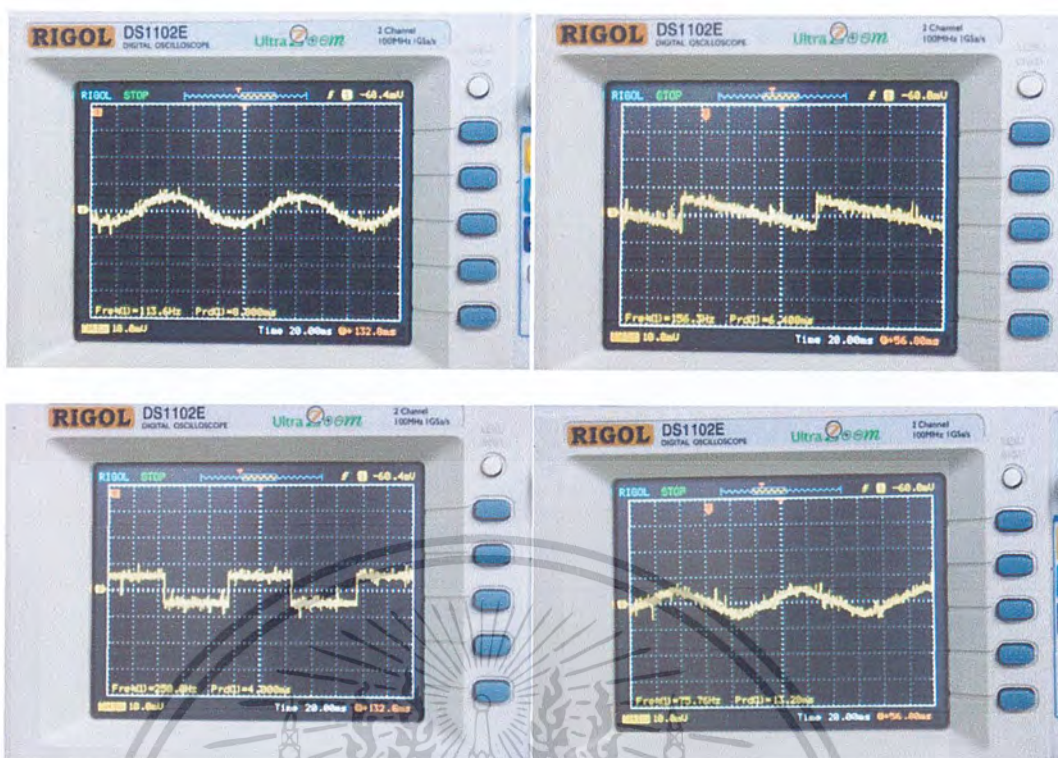


รูป 5.25 กราฟ V ใช้ความต่างศักย์ 2 Volt ที่ความต้านทานโหลด 1K

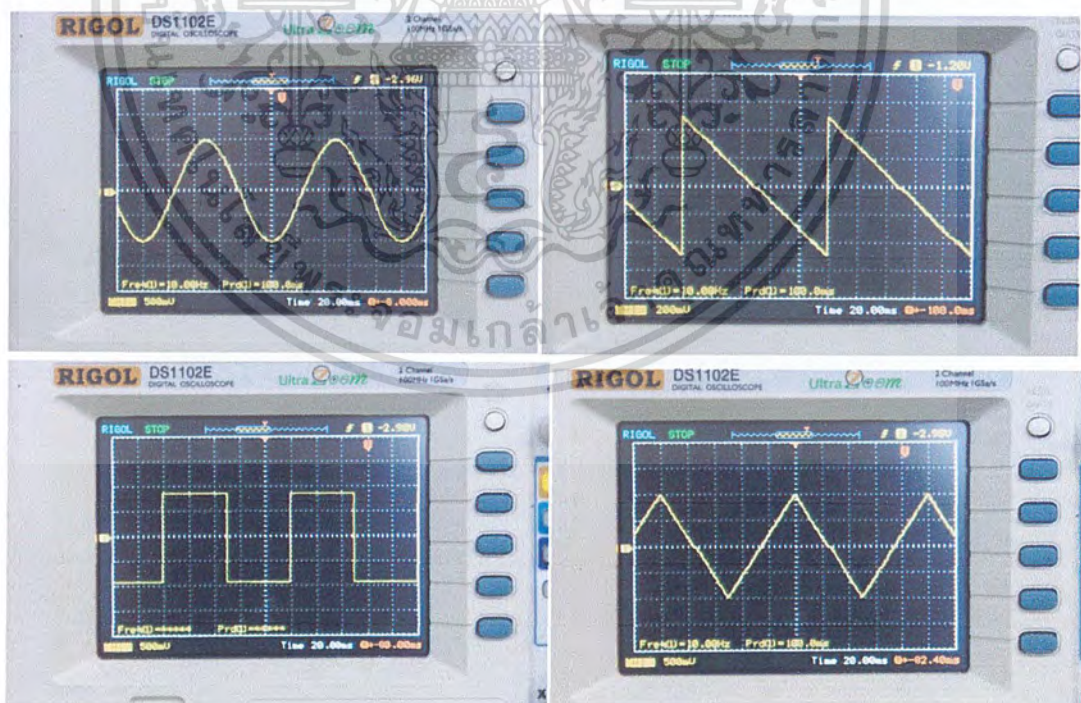


รูป 5.26 กราฟ V ใช้ความต่างศักย์ 1 Volt ที่ความต้านทานโหลด 1K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

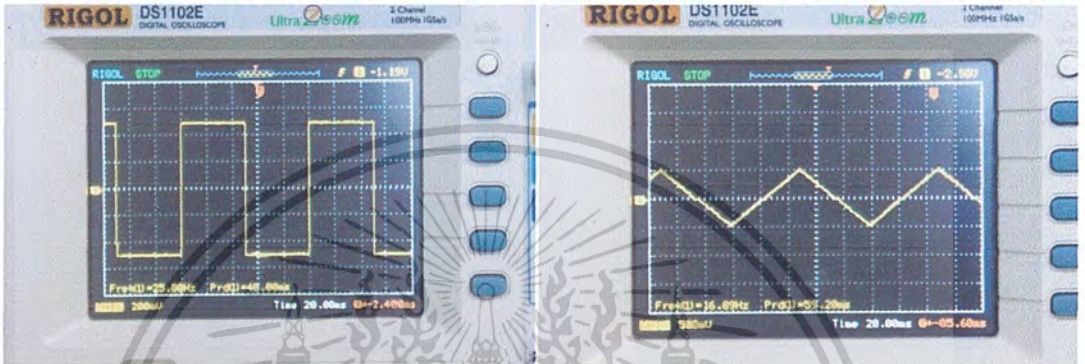
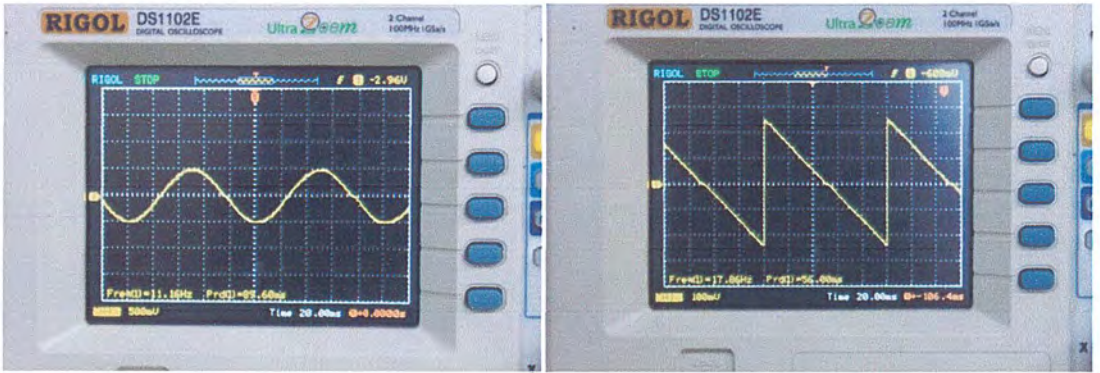


รูป 5.27 กราฟ V ใช้ความต่างศักย์ 0.2 Volt ที่ความต้านทานโหลด 1K

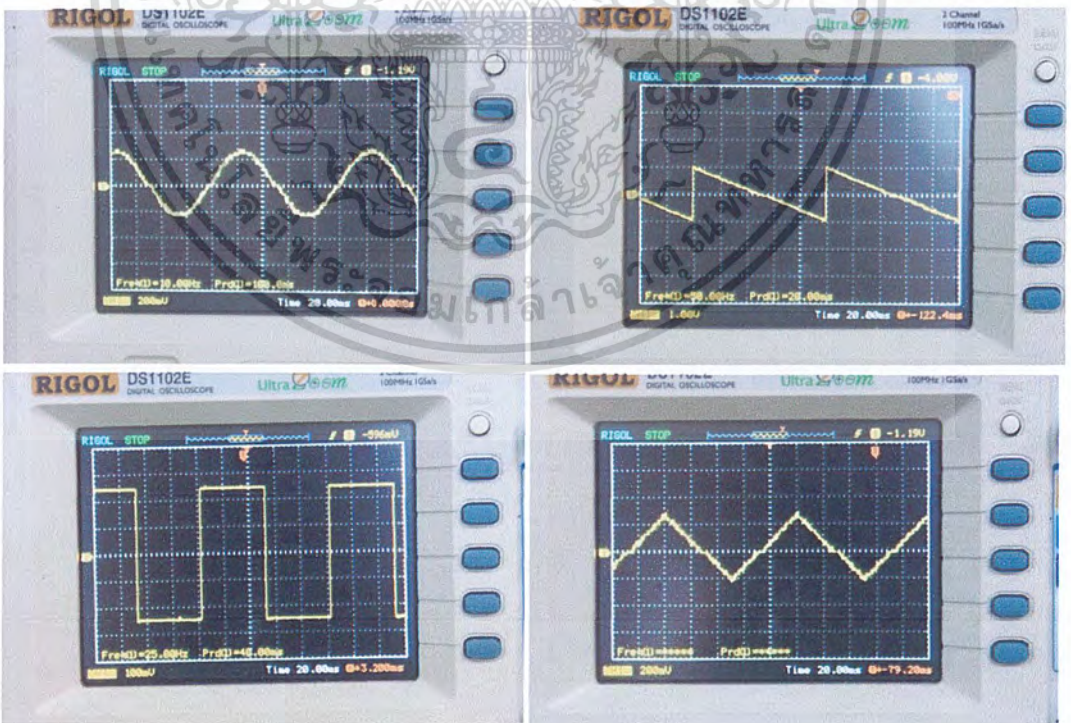


รูป 5.28 กราฟ V ใช้ความต่างศักย์ 4 Volt ที่ความต้านทานโหลด 10K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

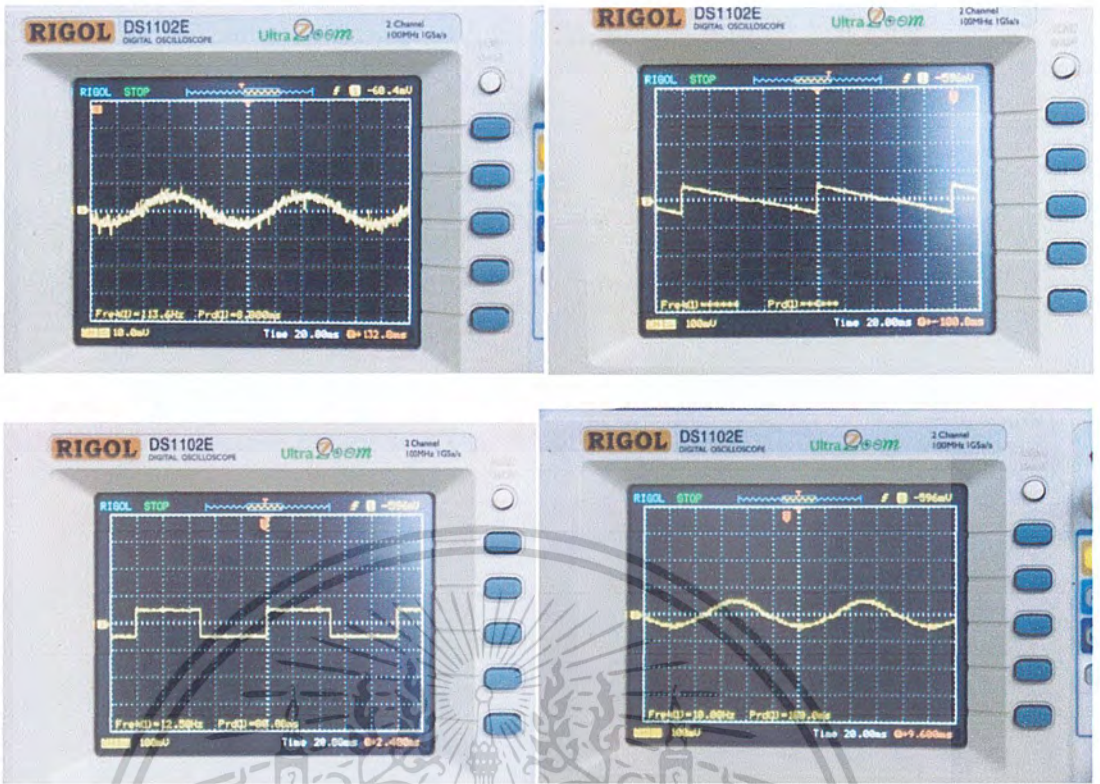


รูป 5.29 กราฟ V ใช้ความต่างศักย์ 2 Volt ที่ความต้านทานโหลด 10K



รูป 5.30 กราฟ V ใช้ความต่างศักย์ 1 Volt ที่ความต้านทานโหลด 10K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 5.31 กราฟ V ใช้ความต่างศักย์ 0.2 Volt ที่ความต้านทานโหลด 10K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาและทำการทดลองโครงการเรื่อง “เครื่องกระตุ้นกระแสไฟฟ้าระดับต่ำ” (Low current stimulator) โครงการนี้มีจุดประสงค์หลักคือ ต้องการจ่ายกระแสที่มีค่าต่ำมากๆ ในระดับ 10uA ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นและพบบ่อยสำหรับการใช้สัญญาณระดับต่ำคือ จะพบสัญญาณรบกวน ทำให้ผลการทดลองในค่ากระแสเกิดความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย แต่ยังอยู่ในช่วงที่พอรับได้

จากผลการทดลองข้างต้นพบว่า ในระดับความต้านทานโหลดต่ำ ค่ากระแส Output ที่ได้จากการคำนวณจาก แรงดัน output จะไม่แสดงความคลาดเคลื่อนมากนัก แต่เมื่อใช้ความต้านทานโหลดค่าสูงขึ้น ค่ากระแสoutput ที่ได้จากการคำนวณจาก แรงดันoutput ที่ได้กลับมีความคลาดเคลื่อนสูงมาก ซึ่งจากความต้องการนำไปใช้จริง คือ ต้องนำวงจรเครื่องกระตุ้นกระแสไฟฟ้าระดับต่ำ ไปใช้ในการกระตุ้นเส้นประสาท ซึ่งค่าความต้านทานของเส้นประสาทนั้นมีค่าความต้านทานสูง แต่ไม่มากนักทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนสูง

ข้อสรุปของการทำชิ้นงานเครื่องกระตุ้นเซลล์ด้วยกระแสระดับต่ำโดยใช้ Microcontroller และเครื่องกระตุ้นเซลล์ด้วยกระแสระดับต่ำโดยใช้ โปรแกรม Lab view นั้น สามารถสรุปข้อแตกต่างได้ โดยดังต่อไปนี้

ตารางที่ 6.1 สรุปชิ้นงาน เครื่องกระตุ้นเซลล์ด้วยกระแสไฟฟ้าระดับต่ำทั้งสองแบบ

เครื่องกระตุ้นเซลล์ด้วยกระแสระดับต่ำโดยใช้ Microcontroller	เครื่องกระตุ้นเซลล์ด้วยกระแสระดับต่ำโดยใช้ โปรแกรม Lab view
<p>สามารถจ่ายกระแสในระดัับ 5 ไมโครแอมป์ จนถึง 100 ไมโครแอมป์ได้ โดยการต่อกับความต้านทาน(โดยสมมติว่าเป็นเส้นประสาท) ขนาดไม่เกิน 20 กิโลโอห์ม</p> <p>เนื่องจากกระแสที่เราต้องการเป็น Output อยู่ในระดับที่ต่ำมากๆ จึงทำให้เกิดสัญญาณรบกวน อาจมีผลกระทบต่อการใช้งานไปใช้จริง</p> <p>ต้นทุนของการทำเครื่องกระตุ้นนี้ มีต้นทุนไม่สูงมาก (ประมาณ 3 พันบาทไทย) ตรงตามความต้องการที่ต้องการเครื่องในราคาต่ำ</p>	<p>สามารถจ่ายกระแสได้ในระดับไมโครแอมป์ได้ตามความต้องการ เช่นเดียวกับแบบ Microcontroller สามารถควบคุมรูปแบบของการจ่ายกระแสได้</p> <p>กระแส Output ที่จ่ายได้สามารถควบคุมโดยใช้โปรแกรม Lab view จึงสามารถควบคุมความถี่และตัวแปรอื่นๆของ Output ได้ จึงทำให้สามารถลดสัญญาณรบกวนไปได้ง่ายกว่า</p> <p>ต้นทุนของการทำเครื่องนี้ มีต้นทุนค่อนข้างสูง (ประมาณเกือบถึง 1 หมื่นบาทไทย ยังไม่รวม PC หรือ Notebook ที่ต้องใช้โปรแกรม Lab view)</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ทีมงานสมาร์ตเลิร์นนิ่ง เรียนรู้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ด้วยภาษา C พร้อมโครงการงาน (1 BK./1 CD-ROM).
- [2] <http://advan.physiology.org/content/31/2/223.full>
- [3] <http://www.alldatasheet.com/?gclid=CNex3qPqzqcCFUd76wodsWRYDw>
- [4] <http://mechanic-top.blogspot.com/2010/09/daq-gpib-and-serial-communication.html>
- [5] <http://mathworld.wolfram.com/Convolution.html>
- [6] ชีรบุลย์ หล่อวิเชียรรุ่ง , อรรถพล บุญยะโกศา และชัชวัฒน์ ถิ่นพรจิตรวิไล, เรียนรู้และปฏิบัติการระบบดาต้าแอกควิชชันอย่างง่าย, บริษัท อิน โนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด , กรุงเทพฯ[7] http://www.toggle.com/iv/group/view/kl36218/Cool_Edit_Pro.htm