สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

กิโลวัตต์มิเตอร์ดิจิตอลชนิด 1 เฟส

1 PHASE DIGITAL KILO-WATT HOUR METER

โดย

นางสาว วลัญช์พิมล พุ่มม่วง

นาย วัชระ เกียรติสุข

นาย เอกรัฐ รัตนศรัทธา

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.วิจิตร กิณเรศ

อ.เฉลิมชาติ มานพ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 55602
วัน,เดือน,ปี 20 พ.ค. 2548

ข้อความในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ล.....
ส.....
ร.....

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2547

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง กิโลวัตต์มิเตอร์แบบดิจิตอลชนิด 1 เฟส

1 PHASE DIGITAL KILOWATT-HOUR METER

ผู้จัดทำ

1.นางสาว วลัญช์พิมล พุ่มม่วง รหัสประจำตัว 43010380

2.นายวัชระ เกียรติสุข รหัสประจำตัว 43010385

3.นายเอกรัฐ รัตนศรัทธา รหัสประจำตัว 43010557

_____อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.วิจิตร กิณเรศ)

_____อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ.เฉลิมชาติ มานพ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิโลวัตต์มิเตอร์แบบดิจิตอลชนิด 1 เฟส

นางสาว วลัญช์พิมล พุ่มม่วง 43010380
นายวัชระ เกียรติสุข 43010385
นายเอกรัฐ รัตนศรัทธา 43010557
รศ.ดร.วิจิตร กิณเรศ อาจารย์ที่ปรึกษา
อ.เฉลิมชาติ มานพ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2546

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาและสร้างเครื่องต้นแบบของกิโลวัตต์มิเตอร์แบบดิจิตอลชนิด 1 เฟส เพื่อใช้วัดการใช้กำลังไฟฟ้าในบ้านเรือน แล้วแสดงผลออกมาเป็นจำนวนเงินบาท ซึ่งจะมีผลในด้านการจูงใจและสามารถวางแผนการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อการประหยัดค่าไฟฟ้าได้โดยดิจิตอลกิโลวัตต์เอาว์มิเตอร์ต้นแบบดังกล่าวจะมีการทำงานแบ่งออกเป็น ส่วนที่หนึ่ง การวัดค่าซึ่งเป็นรูปคลื่นของแรงดันและกระแส จากนั้นจะเป็นการหาค่ากำลังไฟฟ้าโดยวงจรคูณคูณสัญญาณแรงดันกับสัญญาณกระแส แล้วแปลงกำลังไฟฟ้าที่ได้ให้เป็นสัญญาณดิจิตอล เพื่อส่งต่อไปยังส่วนที่สองคือ ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการนับเวลาการใช้กำลังไฟฟ้าค่าต่างๆ ประมวลผลแล้วส่งผลไปยังจอแสดงผลเพื่อแสดงผลออกมาเป็นปริมาณการใช้ไฟฟ้าในหน่วยกิโลวัตต์เอาว์และค่าไฟฟ้าที่ใช้ไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Prototype of 1-Phase Digital Kilowatt-Hour Meter

Valunchpimon Pummuang
Watchara Kiettisook
Eakarat Rattanasattha
Assist.Prof.Dr.Vijit Kinnaret Advisor
Chalermchat Manop Advisor

ABSTRACT

This thesis is concerned with a study and to construction of a 1-Phase Digital Kilowatt-Hour Meter prototype which can measure the power and show the result in baht amount. The objective is to motivate the user to plan the use of power. The prototype 1-Phase Digital Kilowatt-Hour Meter will measure the waveform signal of voltage and current. Before calculating the power by using multiple circuit , power will be transformed into digital signal. Then digital signal will be sent to microcontroller which count the using time of power and compile it. Monitor will receive the result from microcontroller and show the result in power consumption term and baht term which the user use.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือและร่วมมือจากบุคคลที่เกี่ยวข้องหลายฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะมีส่วนสำคัญที่ทำให้ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ก็คือ รศ.ดร.วิจิตร กิณเรศ และอาจารย์เฉลิมชาติ มานพ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความเอาใจใส่ ให้คำปรึกษาแนะนำ และช่วยเหลือเสมอมา ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก รวมทั้งพี่นักศึกษาปริญญาโทของ รศ.ดร.วิจิตร กิณเรศ ทุกท่านที่ให้คำปรึกษาและเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ต่างๆ ในการทดลอง และที่ขาดไม่ได้คือ พี่โรจน์พี่ชายจาก ม. มหานครที่ให้คำแนะนำในการเขียนโปรแกรมเป็นอย่างดี

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมาในทุกๆด้านอันหาที่เปรียบไม่ได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

นางสาว วลัญช์พิมล พุ่มม่วง
นาย วัชระ เกียรติสุข
นาย เอกรัฐ รัตนศรัทธา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	V
สารบัญรูปภาพ	VI
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 วิธีดำเนินงานวิจัย	2
1.5 เนื้อหาปริญญานิพนธ์	3
บทที่ 2 ทฤษฎีการทำงานของเครื่องวัดกิโลวัตต์เอาว์มิเตอร์	4
2.1 เครื่องวัดพลังงานและกำลังไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ	4
2.2 วิธีการคำนวณค่ากำลังและพลังงานไฟฟ้า	6
2.3 การคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค	8
บทที่ 3 ทฤษฎีการสุ่มและการแปลงสัญญาณ	15
3.1 ทฤษฎีการสุ่มสัญญาณ	15
3.2 คุณสมบัติของวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลที่ใช้งาน	20
3.3 ทฤษฎีการใช้งานจอแสดงผล	24
บทที่ 4 ไมโครคอนโทรลเลอร์	30
4.1 ลักษณะทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้งาน	30
4.2 ลักษณะการต่อใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์	34
4.3 ขั้นตอนการทำงานของชุดคำสั่งในไมโครคอนโทรลเลอร์	36
4.4 คำสั่งหลักที่ใช้งาน	38
บทที่ 5 ส่วนประกอบของวงจรเครื่องวัดกิโลวัตต์เอาว์มิเตอร์	42
5.1 วงจรคูณสัญญาณ	42
5.2 สัญญาณแรงดัน	42
5.3 สัญญาณกระแส	43
5.4 วงจรคูณสัญญาณ	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่

5.5 วงจรยกระดับสัญญาณกำลังไฟฟ้า 45
5.6 วงจรที่ใช้ในการหาค่ากำลังไฟฟ้าโดยใช้วงจรแปลงสัญญาณ 46
5.7 วงจรที่ใช้ในการหาค่ากำลังไฟฟ้าและค่าใช้ไฟฟ้าทั้งหมด 47
บทที่ 6 ผลการทดลอง 49
6.1 การหากำลังไฟฟ้าเมื่อโหลดเป็นความต้านทาน และความต้าน-ทานกับตัวเหนี่ยวนำ 49
6.2 การทดลองเพื่อหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้จำนวนลูกคลื่นต่างกัน 55
6.3 การทดลองหาค่ากำลังไฟฟ้าจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ในกรณีใช้อัตราการสุ่มและจำนวนลูกคลื่นต่างกัน 57
6.4 การทดลองเก็บค่ากำลังไฟฟ้าในกรณีต่างๆจากอุปกรณ์ทดลอง 62
6.5 การทดลองโดยการเปรียบเทียบกับเครื่องวัดกิโลวัตต์เอาว์มิเตอร์แบบเหนี่ยวนำ 65
บทที่ 7 วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง 71
7.1 การหาค่ากำลังไฟฟ้าจากวงจรคูณสัญญาณ 71
7.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์และโปรแกรมประมวลผล 72
7.3 การทำงานของ 1 เฟส ดิจิตอล กิโลวัตต์เอาว์มิเตอร์ 73
7.4 แนวทางแก้ไขและพัฒนา 73
บรรณานุกรม 75
ภาคผนวก 76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้าที่
ตารางที่ 2.1 สมการที่ใช้ในการคำนวณของไมโครคอนโทรลเลอร์	10
ตารางที่ 6.1 ค่ากำลังไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าจากโหลด 500 วัตต์	63
ตารางที่ 6.2 ค่ากำลังไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าจากโหลดความต้านทาน	64
ตารางที่ 6.3 ค่ากำลังไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าจากโหลดความต้านทานและตัวเหนี่ยวนำ	64
ตารางที่ 6.4 แสดงการเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้า และค่าไฟฟ้าจากชุดทดลองกับกิโลวัตต์เอาว์มิเตอร์แบบเหนี่ยวนำ	68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้าที่

รูปที่ 2.1 การทำงานของเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ 5

รูปที่ 2.2 ตัวอย่างการคูณสัญญาณแรงดันกับกระแส 7

รูปที่ 3.1 แสดงการสุ่มสัญญาณ x(t) 16

รูปที่ 3.2 สัญญาณมอดดูเลทระหว่างระหว่าง x(t) กับ p(t) 16

รูปที่ 3.3 Fourier Transform ของสัญญาณ 17

รูปที่ 3.4 สเปกตรัมของสัญญาณที่มีค่า $f_s - f_M < f_M$ 18

รูปที่ 3.5 แสดงการสุ่มสัญญาณไซน์ด้วยความถี่ต่างๆกัน 19

รูปที่ 3.6 ไดอะแกรมวงจร Successive Approximation A/D Converter 21

รูปที่ 3.7. แสดงตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลแบบประมาณค่า 21

รูปที่ 3.8 บล็อกไดอะแกรมการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล 22

รูปที่ 3.9 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล (ADC) 24

รูปที่ 3.10 การต่อใช้งานของส่วนแสดงผล (LCD) 29

รูปที่3.11 จอแสดงผลที่ใช้งานในอุปกรณ์หาค่ากำลังไฟฟ้า 29

รูปที่ 4.1 ลักษณะขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ 34

รูปที่ 4.2 . การต่อใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์กับส่วนต่างๆ 35

รูปที่ 4.3 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมในการหาค่าไฟฟ้าทั้งหมด 36

รูปที่ 4.4 ขั้นตอนในการหาค่ากำลังไฟฟ้าในกรณีโหลดมีการเปลี่ยนแปลง 37

รูปที่ 4.5 ขั้นตอนในการหาค่ากำลังไฟฟ้าในกรณีที่โหลดมีค่าคงที่ 38

รูปที่ 5.1 แสดงการต่อส่วนอินพุตของวงจรคูณซึ่งเป็นสัญญาณแรงดัน 42

รูปที่ 5.2 แสดงการต่อส่วนอินพุตของวงจรคูณซึ่งเป็นสัญญาณกระแส 43

รูปที่ 5.3 แสดงการต่อใช้งานวงจรคูณสำหรับสัญญาณแบบอนาล็อก 44

รูปที่ 5.4 ลักษณะสัญญาณที่ได้จากวงจรคูณ 44

รูปที่ 5.5 แสดงการต่อวงจรยกระดับสัญญาณกำลังไฟฟ้า 45

รูปที่ 5.6 .การต่อวงจรแปลงสัญญาณกับไมโครคอนโทรลเลอร์ 46

รูปที่ 5.7 แสดง 1 เฟส ดิจิตอล กิโลวัตต์เอาว์มิเตอร์ที่เสร็จสมบูรณ์ 47

รูปที่ 5.8. การต่อใช้งานวงจรทั้งหมด 48

รูปที่ 6.1 การเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าของโหลด 100 วัตต์ 55

รูปที่ 6.2 การเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าของโหลด 500 วัตต์ 56

รูปที่ 6.3 การเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าของโหลด 145.6 วัตต์ 56

หน้าที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.4 การเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าของโหลด 535.2 วัตต์ 57
รูปที่ 6.5 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของกำลังไฟฟ้าที่ได้จากวงจรแปลงสัญญาณ 65
รูปที่ 6.6 แสดงการเก็บค่ากำลังไฟฟ้าจากอุปกรณ์ทดลอง 69
รูปที่ 6.7 แสดงการเก็บค่ากำลังไฟฟ้าจากกิโลวัตต์มิเตอร์แบบเหนี่ยวนำ 69
รูปที่ 6.8 แสดงการหาค่ากำลังไฟฟ้าเปรียบเทียบกัน 70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

เนื่องจากในสภาวะปัจจุบัน ได้มีการนำพลังงานในรูปแบบต่างๆมาใช้กันอย่างแพร่หลาย ทั้งพลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ หรือรูปแบบอื่นๆ แต่ก็คิดเป็นส่วนน้อยเมื่อเทียบกับพลังงานไฟฟ้า ซึ่งมีการผลิตขึ้นมาใช้กันนานแล้ว โดยในการผลิตพลังงานไฟฟ้านั้นจำเป็นต้องใช้วัตถุดิบต่างๆในการผลิต ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าไม่ว่าจะเป็น ถ่านหิน น้ำมัน แก๊สธรรมชาติ กำลังลดปริมาณลง ซึ่งในไม่นานอาจจะถึงสภาวะขาดแคลน ทำให้ในปัจจุบันหลายฝ่ายกำลังหันมาให้ความสนใจในเรื่องของการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า โดยมีการรณรงค์ให้ใช้วิธีต่างๆ เพื่อที่จะลดปริการใช้กำลังไฟฟ้าในส่วนที่ฟุ่มเฟือยลงซึ่งจะทำให้สามารถที่จะประหยัดรายจ่ายในส่วนนี้ได้ ถ้าเรามองในส่วนย่อย โดยมองในส่วนของที่พักอาศัย เป็นหลังคาเรือน ซึ่งประกอบไปด้วยเครื่องใช้ไฟฟ้าหลายชนิด แล้วแต่ฐานะของแต่ละหลังคาเรือน พฤติกรรมของการใช้ไฟฟ้าของแต่ละครัวเรือนก็จะแตกต่างกันออกไป การที่แต่ละครอบครัวจะทราบได้ว่าในแต่ละเดือนนั้นได้ใช้ไฟฟ้าไปเป็นจำนวนเงินเท่าไหร่แล้วก็ต้องรอจนกว่าพนักงานเก็บเงินค่าไฟฟ้าจะมาเรียกเก็บเงิน ทำให้เป็นการยากถ้าต้องการที่จะควบคุมค่าใช้จ่ายในส่วนค่าใช้ไฟฟ้านี้ เพราะถึงแม้จะช่วยประหยัดการใช้ไฟฟ้าอย่างไร ก็ไม่สามารถที่จะเห็นผลได้ทันที

ปัจจุบันมิเตอร์ที่ใช้ในการวัดการใช้กำลังไฟฟ้านั้นใช้หลักของการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้าโดยจะแสดงผลออกมาในหน่วยยูนิต ซึ่งทางการไฟฟ้าจะมาทำการจดการใช้กำลังไฟฟ้าไปเพื่อคำนวณออกมาเป็นจำนวนเงิน ซึ่งจะมีข้อยุ่งยาก

ดังนั้นโครงงานวิศวกรรมนี้จึงสนใจที่จะศึกษาและออกแบบสร้างมิเตอร์ที่ใช้ในการวัดการใช้กำลังไฟฟ้า หรือที่เรียกว่า กิโลวัตต์มิเตอร์ แล้วแสดงผลออกมาในหน่วยของจำนวนเงิน (บาท) โดยใช้การทำงานร่วมกันระหว่างวงจรคูณสัญญาณกับไมโครคอลโทรลเลอร์ ทำให้สามารถทราบได้ว่าในช่วงระยะเวลาหนึ่งๆ ได้มีการใช้กำลังไฟฟ้าไปเป็นจำนวนเงินเท่าไร ซึ่งจะทำให้สามารถควบคุมค่าใช้จ่ายและอาจมีผลทางจิตวิทยาต่อการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าได้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อออกแบบสร้างกิโลวัตต์เอาว์มิเตอร์ ที่สามารถแสดงปริมารการใช้ไฟฟ้าในรูปแบบจำนวนเงิน (บาท)
2. เพื่อช่วยในเรื่องของการจูงใจ ในการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า ในแง่ของการที่จะสามารถควบคุมค่าใช้ไฟฟ้าได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เพื่อให้เข้าใจในวิธีที่ใช้ในการนำการใช้กำลังไฟฟ้ามาคิดเป็นจำนวนเงิน
4. เพื่อให้นักศึกษาได้ใช้อุปกรณ์ต่างๆ และได้ฝึกการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

โครงงานเป็นการศึกษาและออกแบบสร้างกิโลวัตต์เอาว์มิเตอร์ (kW-h Meter) สำหรับใช้กับไฟฟ้าระบบ 1 เฟส 2 สาย ซึ่งมีแรงเคลื่อนไฟฟ้า 220 โวลต์ และมีพิกัดกระแสไม่เกิน 10 แอมแปร์ โดยจะมีระบบการประมวลผลแล้วโปรแกรมให้แสดงผลออกมาได้หลายฟังก์ชัน โดยจะแสดงผลออกมาในรูปแบบดิจิตอล ซึ่งระบบในการประมวลผลนั้นจะใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผล สำหรับฟังก์ชันที่สามารถแสดงได้มีดังนี้

1. ค่าใช้ไฟฟ้า (Bath)
2. kW-h (Unit)
3. กำลังไฟฟ้าที่ใช้ ณ. เวลานั้นๆ (Watt)
4. เวลาในการใช้กำลังไฟฟ้า (Minute)

โดยจะพิจารณาแรงเคลื่อนไฟฟ้าและกระแสที่มีลักษณะเป็นสัญญาณไซน์ (pure sine) โดยไม่พิจารณาผลของฮาโมนิค (Harmonic) และสามารถนำค่า kW-h (Unit) มาเปรียบเทียบกับมิเตอร์ของการไฟฟ้าได้

1.4 วิธีดำเนินงานวิจัย

ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ 7 เดือน (1 ก.ค. 46 – 15 มี.ค. 47) ประกอบด้วย

1. ขั้นตอนการศึกษาทฤษฎีและหลักการต่างๆที่เกี่ยวข้อง
2. ขั้นตอนการออกแบบและจัดหาวัสดุอุปกรณ์
3. ขั้นตอนการเขียนโปรแกรม
4. ขั้นตอนการประกอบสร้างชิ้นงาน
5. ขั้นตอนการการทดสอบ ประเมินผล แก้ไขข้อผิดพลาดและสรุปผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 เนื้อหาของปริญญานิพนธ์

บทที่ 2 เป็นการอธิบายถึง หลักการในการหาค่ากำลังไฟฟ้า หลักการทำงานของกิโลวัตต์เอาว์มิเตอร์ แบบเหนี่ยวนำ และวิธีในการคำนวณหาค่าไฟฟ้าทั้งของการไฟฟ้าเองและจากสมการที่จะใช้ในการเขียนโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์

บทที่ 3 จะแสดงถึงทฤษฎีและหลักการในการสุ่มสัญญาณอนาล็อก ทฤษฎีของวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลพร้อมวงจรที่ต่อใช้งาน และหลักการทำงานของส่วนแสดงผลพร้อมการต่อใช้งาน

บทที่ 4 แสดงถึงลักษณะของไมโครคอนโทรลเลอร์ คุณสมบัติทั่วไป การต่อเข้ากับส่วนแปลงสัญญาณและส่วนแสดงผล ทั้งยังแสดงในส่วนของขั้นตอนการทำงานของชุดคำสั่งในไมโครคอนโทรลเลอร์และมีโปรแกรมที่ใช้งานซึ่งเป็นภาษาซีแสดงไว้ด้วย

บทที่ 5 จะแสดงถึงวงจรที่ต่อใช้งานแยกออกมาเป็นส่วนๆ คือ ส่วนของสัญญาณแรงดัน ส่วนของสัญญาณกระแส ส่วนของวงจรคูณสัญญาณที่ต้องมีการยกระดับแรงดันเพื่อส่งเข้าในส่วนของวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล พร้อมทั้งวงจรที่ใช้งานทั้งหมดทุกส่วน

บทที่ 6 จะกล่าวถึงผลการเก็บค่าจากวงจรทดลองโดยในส่วนแรกจะแสดงถึงการหาค่ากำลังไฟฟ้าจากวงจรคูณสัญญาณโดยดูผลจากออสซิโลสโคปเปรียบเทียบกับการใช้สูตรคำนวณในส่วนต่อมาจะเป็นการหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลแล้วนำค่ามาคำนวณในไมโครคอนโทรลเลอร์โดยเปรียบเทียบที่จำนวนลูกคลื่นและอัตราการสุ่มที่ต่างกันเปรียบเทียบจากค่าวัตต์มิเตอร์ และในส่วนสุดท้ายจะเป็นการคำนวณหาค่าไฟฟ้าโดยไมโครคอนโทรลเลอร์เปรียบเทียบกับการคำนวณของการไฟฟ้า

บทที่ 7 บทวิจารณ์และสรุปผล ซึ่งแสดงถึงปัญหา แนวทางแก้ไข และแนวทางในการพัฒนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีการทำงานของเครื่องวัดกิโลวัตต์เอาว์มิเตอร์

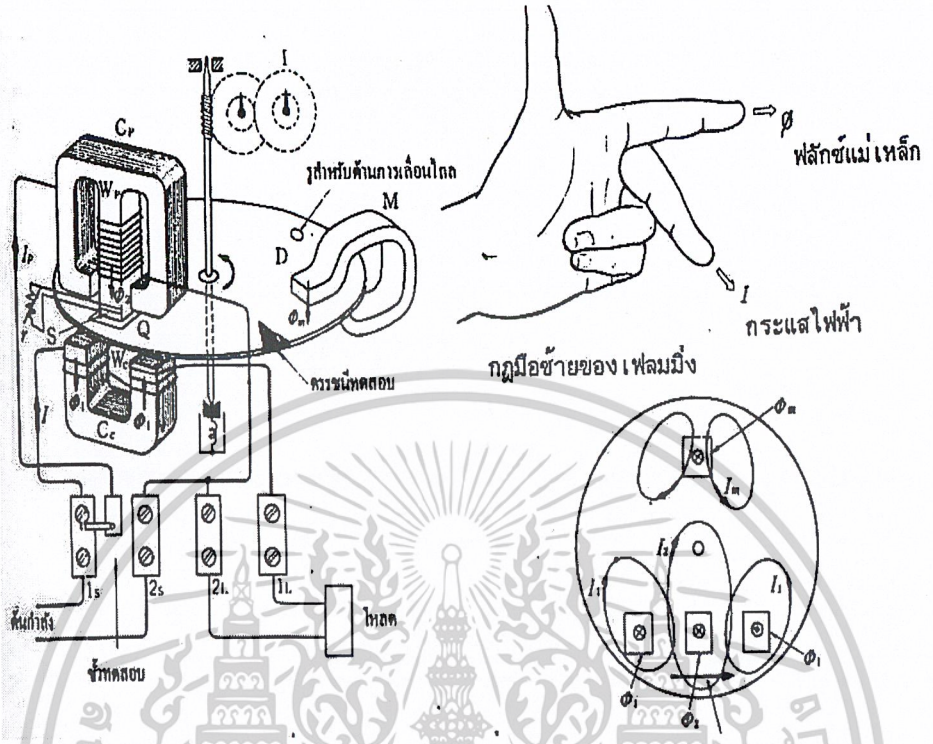
ในการคำนวณเกี่ยวกับกำลังไฟฟ้านั้น มีอยู่สิ่งหนึ่งที่เราไม่สามารถจะหลีกเลี่ยงได้ นั่นคือ การพิจารณาและการคำนวณเกี่ยวกับกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นภายในวงจร การพิจารณาและการคำนวณเกี่ยวกับกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นภายในวงจรในเรื่องวงจรไฟฟ้ากระแสตรงนั้น จะเห็นได้ว่าไม่ยุ่งยากและซับซ้อนเท่าใดนัก เพราะกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นวงจรไฟฟ้ากระแสตรงนั้นมีค่าเท่ากับผลคูณของแรงดันกับกระแสที่มีค่าคงที่และอินเฟสกันด้วย ซึ่งสามารถจะเขียนเป็นสูตรได้ว่า P = IE (ในที่นี้ P = กำลังไฟฟ้ามีหน่วยเป็นวัตต์ , I = กระแสไฟฟ้ามีหน่วยเป็นแอมแปร์ และ E = แรงดันไฟฟ้ามีหน่วยเป็นโวลล์) ส่วนกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ดูออกจะยุ่งยากและสลับซับซ้อนมากกว่าทั้งนี้เพราะ แรงดันกับกระแสของไฟสลับมีการเปลี่ยนแปลงขนาดอยู่ตลอดเวลา นอกจากนี้มุมเฟสของวงจรที่เกิดจากแรงดันกับกระแสยังมีการเปลี่ยนแปลงไปด้วยเมื่อใช้โหลดที่แตกต่างกัน ดังนั้นกำลังไฟฟ้าของไฟสลับที่เกิดขึ้น ณ เวลาในขณะนั้น ซึ่งเขียนเป็นสูตรได้ว่า p = ie (ในที่นี้ p, i และ e หมายถึงกำลังไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้าชั่วขณะใดๆของไฟสลับตามลำดับ)

2.1. เครื่องวัดพลังงานและกำลังไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ

หลักการ

เครื่องวัดกำลังงานไฟฟ้า (kW-h มิเตอร์) และเครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (ดีมานด์มิเตอร์) กระแสสลับชนิดจานหมุน การทำงานอาศัยหลักการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า เช่นเดียวกับอินดัคชั่นมอเตอร์ กล่าวคือเมื่อเส้นแรงแม่เหล็ก (Fluxs) ที่เกิดจากขดลวดแรงดัน (Voltage coils) และขดลวดกระแส (Current coils) ผ่านไปบนแผ่นโลหะตัวนำ เส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากไฟฟ้ากระแสสลับนี้จะเหนี่ยวนำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นบนแผ่นโลหะ ซึ่งทำให้เกิดกระแสวนเวียน (Eddy cerrent) ไหลวนอยู่ในแผ่นโลหะตัวนำนั้น จะเกิดแรงบิด (Driving torque) ขึ้น ซึ่งเป็นแรงทางแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างกระแสวนเวียนตัดกับสนามแม่เหล็กกระแสสลับ บนแผ่นโลหะตัว นำนั้น ทิศทางของแรงที่เกิดขึ้นจะเป็นไปตามกฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง ทำให้แผ่นโลหะตัวนำเกิดการเคลื่อนที่รอบแกนหมุน แรงบิด (T_d) ที่เกิดขึ้นจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับกำลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านมิเตอร์ไปยังโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 การทำงานของเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ

ในรูปข้างบน C_c เป็นแกนเหล็ก (Laminated iron core) สำหรับขดลวดกระแส W_c เป็นขดลวดกระแส ซึ่งพันรอบแกนเหล็กด้วยเส้นลวดขนาดใหญ่เคลือบฉนวนจำนวนรอบน้อย จนถือว่าค่าอินดัคแตนซ์ของขดลวดตัดทิ้งได้ C_p เป็นแกนเหล็กสำหรับขดลวดแรงดัน W_p เป็นขดลวดแรงดันซึ่งพันรอบแกนเหล็กด้วยเส้นลวดขนาดเล็กเคลือบฉนวนจำนวนรอบมากพอที่จะถือว่าเป็นอินดัคแตนซ์บริสุทธิ์ เมื่อกระแสโหลด I ไหลผ่าน W_c จะทำให้เกิดฟลักซ์แม่เหล็ก ϕ_1 มีค่าเป็นปฏิภาคโดยตรงกับ I และฟลักซ์แม่เหล็ก ϕ_1 ซึ่งเปลี่ยนแปลงตามรูปคลื่นไซน์เวฟจะเหนี่ยวนำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า V_1 บนจานโลหะตัวนำ ซึ่งจะเกิดกระแสวนเวียน I_1 มีค่าเป็นปฏิภาคโดยตรงกับ I และ V_1 ล้าหลัง I และ ϕ_1 อยู่ 90 องศา ทั้งนี้เนื่องจากแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดจากการเหนี่ยวนำ (Induced emf.) จะล้าหลังฟลักซ์ที่ทำให้มันเกิดอยู่ 90 องศา W_p ซึ่งมีจำนวนรอบมากจะมีค่าอิมพิแดนซ์สูง กระแสและฟลักซ์แม่เหล็ก ϕ_2 ที่เกิดจาก W_p จะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับแรงดันของโหลด V และล้าหลัง V อยู่ 90 องศา ฟลักซ์แม่เหล็ก ϕ_2 นี้จะเหนี่ยวนำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า V_2 ซึ่งทำให้เกิดกระแสวนเวียน I_2 ในแผ่นโลหะและล้าหลัง ϕ_2 อยู่ 90 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

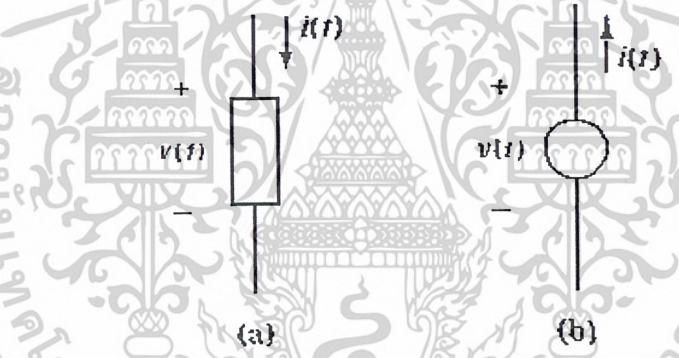
2.2.วิธีการคำนวณค่ากำลังและพลังงานไฟฟ้า

2.2.1 กำลังไฟฟ้าชั่วขณะ (Instantaneous Power)

กำลังไฟฟ้าชั่วขณะของอุปกรณ์ใดๆสามารถหาได้จากค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม และค่ากระแสที่ไหลผ่าน โดยค่ากำลังไฟฟ้าชั่วขณะหาได้จากสมการ

$$p(t) = v(t)i(t)$$

ความสัมพันธ์นี้ใช้ได้กับอุปกรณ์และวงจรทุกแบบ ค่ากำลังไฟฟ้าชั่วขณะโดยทั่วไปจะมีปริมาณแปรผันไปตามเวลา ถ้าสัญญาณที่เข้าเป็นดังรูป a อุปกรณ์จะมีค่ากำลังไฟฟ้าขึ้น ถ้า p(t) เป็นบวกที่เวลาใดๆ t และ อุปกรณ์จะจ่ายกำลังไฟฟ้า ถ้า p(t) เป็นลบ แหล่งจ่ายโดยส่วนใหญ่จะสมมุติให้ทิศทางของกระแสเป็นทิศทางเดียวกับกำลังที่จ่ายออกมา ดังรูป b ค่าบวก p(t) แสดงให้เห็นว่า แหล่งจ่าย ให้กำลังไฟฟ้าออกมา



2.2.2 พลังงาน (Energy)

พลังงาน หรือ งาน คือ การอินทิเกรตค่ากำลังไฟฟ้าชั่วขณะ จากสัญญาณปกติ, พลังงานจะเกิดจากการอินติเกตจากช่วงเวลา t_1 ถึง t_2

$$w = \int_{t_1}^{t_2} p(t)\,d(t)$$

ถ้า v(t) มีหน่วยเป็นโวลต์ และ i(t) มีหน่วยเป็นแอมแปร์ กำลังไฟฟ้าจะมีหน่วยเป็นวัตต์ และพลังงาน จะมีหน่วยเป็น จูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (Average Power)

ฟังก์ชั่นของแรงดัน และกระแสช่วงใดๆ จะทำให้เกิด ฟังก์ชั่นของกำลังไฟฟ้าชั่วขณะ ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยก็คือ ค่าเฉลี่ยเวลาของ p(t) ที่ หนึ่งช่วงเวลา หรือมากกว่า ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย P คำนวณได้จากสูตร

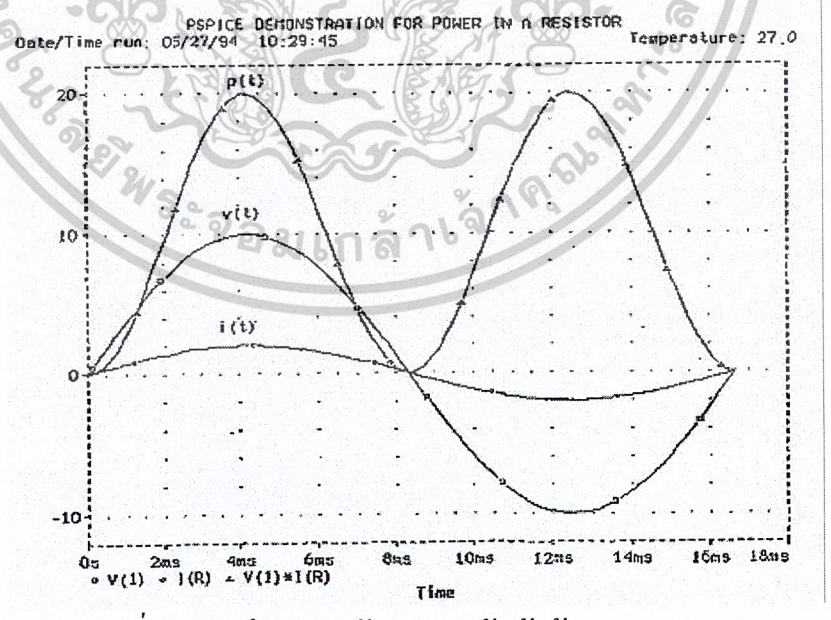
$$P(t) = \frac{1}{T}\int_{T} p(t)dt = \frac{1}{T}\int_{T} i(t) * e(t)dt$$

เมื่อ T คือ คาบเวลาของคลื่นกำลังไฟฟ้า และจากสมการ P(t) และ สมการ W กำลังไฟฟ้าสามารถ คำนวณได้จากพลังงานต่อคาบเวลา :

$$p = \frac{w}{T}$$

ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยบางครั้งจะเรียกว่า กำลังไฟฟ้าจริง หรือ กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจริง โดยเฉพาะในวงจร AC เวลาพูดถึงกำลังไฟฟ้า โดยปกติจะหมายถึง กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยทั้งหมดในวงจร จะมีค่าเท่ากับ ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยทั้งหมดที่ถูกจ่ายออกมา

ตัวอย่างการหาค่ากำลังไฟฟ้า โดยการคูณสัญญาณแรงดัน กับสัญญาณกระแส



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างการคูณสัญญาณแรงดัน กับสัญญาณกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

2.3.1 การคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

สำหรับการใช้ไฟฟ้าภายในบ้านเรือนที่อยู่อาศัย ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งวัด สำนักสงฆ์ และสถานประกอบการศาสนกิจของทุกศาสนา โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

1.1 อัตราปกติ		**ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/เดือน)**	**ค่าบริการ (บาท/เดือน)**
1.1.1	ใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน150หน่วยต่อเดือน		8.19
	5 หน่วยแรก (หน่วยที่ 0-5)	0	
	10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 6-15)	1.3576	
	10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 16-25)	1.5445	
	10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 26-35)	1.7968	
	65 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 36-100)	2.1800	
	50 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 101-150)	2.2734	
	250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151-400)	2.7781	
	เกิน 400 หน่วยขึ้นไป (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	2.9780	
1.1.2	ใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน150หน่วยต่อเดือน		40.90
	150 หน่วยแรก (หน่วยที่ 0-150)	1.8047	
	250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151-400)	2.7781	
	เกิน 400หน่วยขึ้นไป (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	2.9780	

1.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU)	**ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/เดือน)**		**ค่าบริการ (บาท/เดือน)**
	peak	**off peak**	
1.2.1 แรงดัน 22-33 กิโลโวลต์	3.6246	1.1914	228.17
1.2.2 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลต์	4.3093	1.2246	57.95

Peak : วันจันทร์-ศุกร์ 09.00 น. – 22.00 น.

Off Peak : วันจันทร์- ศุกร์ 22.00 น.- 09.00 น. และวันเสาร์ วันอาทิตย์ วันหยุดราชการตามปกติ(ไม่รวมวันหยุดชดเชย) ทั้งวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ

1. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ติดตั้งเครื่องวัดไม่เกิน 5 แอมแปร์ 220 โวลต์ 1 เฟส 2 สาย จะจัดเข้าประเภทที่ 1.1.1 แต่หากมีการใช้ไฟฟ้าเกิน 150 หน่วยติดต่อกัน 3 เดือน ในเดือนถัดไปจะเข้าประเภทที่ 1.1.2 และเมื่อใดที่การใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยติดต่อกัน 3 เดือน ในเดือนถัดไปจะจัดเข้าประเภทที่ 1.1.1
2. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ติดตั้งเครื่องวัดเกิน 5 แอมแปร์ 220 โวลต์ 1 เฟส 2 สาย ให้ใช้อัตราประเภทที่ 1.1.2
3. ประเภทที่ 1.2 กรณีติดเครื่องวัดไฟฟ้าทางด้านแรงต่ำของหม้อแปลงซึ่งเป็นสมบัติของผู้ใช้ไฟฟ้า ให้คำนวณหน่วยคิดเงินเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 2 เพื่อครอบคลุมการสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้าซึ่งไม่ได้วัดรวมไว้ด้วย
4. ประเภทที่1.2 เป็นอัตราเลือก เมื่อใช้แล้วจะกลับไปใช้ประเภทที่1.1 ไม่ได้ ทั้งนี้ ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องชำระค่าเครื่องวัด TOU และหรือค่าใช้จ่ายอื่นตามที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 สมการที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์

บ้านอยู่อาศัย		
1.1อัตราปกติ		
1.1.1 ไม่เกิน 150 หน่วย / เดือน		
0-5	kWh.	8.19 + 0
6-15	kWh.	8.19 + 1.3576E – 6.7880
16-25	kWh.	8.19 + 1.5445E – 9.5915
26-35	kWh.	8.19 + 1.7968E – 15.8990
36-100	kWh.	8.19 + 2.1800E – 29.3110
101-150	kWh.	8.19 + 2.2734E – 38.6510
151-400	kWh.	8.19 + 2.7781E – 114.3560
เกิน 400	kWh.	8.19 + 2.9780E – 194.3160
1.1.2 เกิน 150 หน่วย / เดือน		
0-150	kWh.	40.90 + 1.8047E
151-400	kWh.	40.90 + 2.7781E – 146.01
เกิน 400	kWh.	40.90 + 2.9780E – 225.97
1.2 TOU		
22-33	KV.	228.17 + 3.6246Ep + 1.1914Eo
< 22	KV.	57.91 + 4.3093Ep + 1.2246Eo

เมื่อ E = หน่วยรวม

Ep = หน่วยช่วง Peak

Eo = หน่วยช่วง Off Peak

ตารางที่ 2.1 สมการที่ใช้ในการคำนวณของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณหาค่าไฟฟ้าเป็นจำนวนเงิน (บาท)

โดยจะยกตัวอย่างตามมาตรฐานของการไฟฟ้าเปรียบเทียบกับการคำนวณโดยโปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์

<u>กรณีที่ 1</u> ติดตั้งมิเตอร์ขนาดไม่เกิน 5 A (ใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน)

การคำนวณของการไฟฟ้า โดยสมมุติมีหน่วยการใช้ไฟฟ้า 100 หน่วยต่อเดือน

1. ค่าไฟฟ้า = กิจการผลิต + กิจการระบบส่ง + กิจการระบบจำหน่าย + ค่าบริการรายเดือน - อุดหนุนค่าไฟฟ้า

ค่าไฟฟ้าแยกคิดแต่ละกิจการไฟฟ้า

กิจการผลิต = จำนวนหน่วยฯ x อัตราค่าผลิตไฟฟ้า

= (5 x 1.5518) + (10 x 1.5518) + (10 x 1.5518) + (10 x 1.5518) + (65 x 1.5518)

= 155.1800 บาท

กิจการระบบส่ง = จำนวนหน่วยฯ x อัตราค่าบริการระบบขนส่ง

= (5 x 0.2818) + (10 x 0.2818) + (10 x 0.2818) + (10 x 0.2818) + (65 x 0.2818)

= 28.1800 บาท

กิจการระบบจำหน่าย = จำนวนหน่วยฯ x อัตราค่าบริการระบบจำหน่าย

= (5 x 0.4849) + (10 x 0.4849) + (10 x 0.4849) + (10 x 0.4849) + (65 x 0.4849)

= 48.49 บาท

ค่าบริการรายเดือน = 40.90 บาท

การอุดหนุนค่าไฟฟ้า = จำนวนหน่วยฯ x อัตราการอุดหนุนค่าไฟฟ้า

= (5 x 2.3185) + (10 x 0.9609) + (10 x 0.7740) + (10 x 0.5217) + (65 x 0.1385) + 32.71

= 75.8710 บาท

∴ ค่าไฟฟ้า = 155.18 + 28.18 + 48.49 + 40.90 - 75.8710

= 196.88 บาท

2. ค่า Ft = ค่า Ft กิจการผลิต + ค่า Ft กิจการระบบส่ง + ค่า Ft กิจการระบบจำหน่าย

ค่า Ft แยกคิดแต่ละกิจการไฟฟ้า

ค่า Ft กิจการผลิต = จำนวนหน่วยฯ x ค่า Ft กิจการผลิต

= 100 x 0.5000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

= 50.0000 บาท

ค่า Ft กิจการระบบส่ง = จำนวนหน่วยฯ x ค่า Ft กิจการระบบส่ง

= 100 x 0.1000

= 10.0000 บาท

ค่า Ft กิจการระบบจำหน่าย = จำนวนหน่วยฯ x ค่า Ft กิจการระบบจำหน่าย

= 100 x 0.0452

= 4.5200 บาท

∴ รวมค่า Ft = 50.0000 + 10.0000 + 4.5200

= 64.52 บาท

ค่าไฟฟ้า+ค่า Ft = 196.88 + 64.52

= 261.40 บาท

VAT = 261.40 x 7/100

= 18.30 บาท

∴ รวมเงินค่าไฟฟ้าที่ชำระ = 261.40 + 18.30

= 279.70 บาท

การคำนวณโดยโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยสมมุติมีหน่วยการใช้ไฟฟ้า 100 หน่วยต่อเดือน

ค่าไฟฟ้า = [8.19 + (2.1800 x 100) - 29.3110] + (100 x 0.6452) + VAT

= 279.70 บาท

<u>กรณีที่ 2</u> **ติดตั้งมิเตอร์ขนาด 5 A ขึ้นไป (ใช้ไฟฟ้าเกิน 150 หน่วยต่อเดือน)**

การคำนวณของการไฟฟ้า โดยสมมุติมีหน่วยการใช้ไฟฟ้า 500 หน่วยต่อเดือน

ค่าไฟฟ้าแยกคิดแต่ละกิจการไฟฟ้า

กิจการผลิต = (150 x 1.5518) + (250 x 0.2818) + (100 x 1.5518)

= 775.9000 บาท

กิจการระบบส่ง = (150 x 0.2818) + (250 x 0.2818) + (100 x 0.2818)

= 140.9000 บาท

กิจการระบบจำหน่าย = (150 x 0.4849) + (250 x 0.4849) + (100 x 0.4849)

= 242.4500 บาท

ค่าบริการรายเดือน = 40.90 บาท

การอุดหนุนค่าไฟฟ้า = (150 x 0.5138) + [250 x (-0.4596)] + [100 x (-0.6595)]

= -103.7800 บาท

∴ ค่าไฟฟ้า = 775.9000 + 140.9000 + 242.4500 + 40.90 - (-103.7800)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

= 1303.93 บาท

Ft = 0.6452 บาทต่อหน่วย

∴ รวมค่า Ft = 500 x 0.6452

= 322.60 บาท

ค่าไฟฟ้า+ค่า Ft = 1303.93 + 322.60

= 1626.53 บาท

VAT = 1626.53 x 7/100

= 113.86 บาท

∴ รวมเงินค่าไฟฟ้าที่ชำระ = 1626.53 + 113.86

= 1740.39 บาท

การคำนวณโดยโปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยสมมุติมีหน่วยการใช้ไฟฟ้า 500 หน่วยต่อเดือน

ค่าใช้ไฟฟ้า = [40.90 + (2.9480 x 500) - 225.97] + (500 x 0.6452) + VAT

= 1740.40 บาท

<u>กรณีที่ 3</u> ติดตั้งมิเตอร์แบบ **TOU** โดยใช้กับแรงดันต่ำกว่า **22 KV** ติดตั้งมิเตอร์ 5 แอมป์และมีการใช้ไฟ 3 เดือนที่ผ่านมาไม่เกิน 150 หน่วย/เดือน

การคำนวณของการไฟฟ้า โดยมีลักษณะการใช้ไฟฟ้าดังนี้ (หน่วยการใช้ไฟฟ้า)

P	=	**687**	หน่วย
OP (จ-ศ 22.00-09.00 น)	=	**543**	หน่วย
H (เสาร์,อาทิตย์,วันหยุดราชการ)	=	**298**	หน่วย
รวม	=	**1528**	หน่วย

ค่าไฟฟ้าแยกคิดแต่ละกิจการไฟฟ้า

กิจการผลิต = (687 x 2.0927) + [(543 + 298) x 1.2246]

= 2467.5735 บาท

กิจการระบบส่ง = 687 x 0.7481

= 513.9447 บาท

กิจการระบบจำหน่าย = 687 x 1.9384

= 1331.6808 บาท

ค่าบริการรายเดือน = 57.95 บาท

การอุดหนุนค่าไฟฟ้า = 687 x 0.4699

= 322.8213 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

∴ ค่าไฟฟ้า	=	2467.5737 + 513.9447 + 1331.6808 - 322.8213 + 57.95	
	=	4048.33 บาท	
Ft	=	0.6452	บาทต่อหน่วย
∴ รวมค่า Ft	=	1528 x 0.6452	
	=	985.87	บาท
ค่าไฟฟ้า+ค่า Ft	=	4048.33 + 985.87	
	=	5034.20 บาท	
VAT	=	5034.20 x 7/100	
	=	352.39	บาท
∴ รวมเงินค่าไฟฟ้าที่ชำระ	=	5034.20 + 352.39	
	=	5386.59 บาท	

การคำนวณโดยโปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีลักษณะการใช้ไฟฟ้าดังนี้

Peak	=	687	หน่วย
Off peak	=	543	หน่วย
วันหยุดราชการ	=	298	หน่วย
∴ ค่าใช้ไฟฟ้า	=	[57.91 + (4.3093 x 687) + (1.2246 x (543 + 298))] + (1,528 x 0.6452) + VAT 7%	
	=	5386.54	บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ทฤษฎีการสุ่มและการแปลงสัญญาณ

3.1 ทฤษฎีการสุ่มสัญญาณ

ในการประมวลผลหรือวิเคราะห์สัญญาณไฟฟ้าแบบดิจิตอล หัวใจสำคัญชุดแรกก็คือวงจรการแปลงสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล ค่าของสัญญาณดิจิตอลแต่ละค่า จะได้มาจากการแปลงสัญญาณของวงจรเอทูดี ซึ่งเปรียบเสมือนเป็นการสุ่มสัญญาณอนาล็อก ณ ที่เวลาใดเวลาหนึ่ง ที่วงจรเอทูดีเริ่มต้นทำการแปลงสัญญาณ อัตราการสุ่มนี้จะมีผลต่อความถูกต้องระหว่างสัญญาณอนาล็อกและสัญญาณดิจิตอล ถ้าอัตราการสุ่มสัญญาณมีค่าสูง จะทำให้สัญญาณดิจิตอลที่ได้มีค่าผิดเพี้ยนจากค่าจริงน้อย แต่ถ้าอัตราการสุ่มของสัญญาณมีค่าต่ำ ก็จะทำให้สัญญาณดิจิตอลที่ได้มีความผิดเพี้ยนมาก ทำให้การประมวลผลหรือวิเคราะห์สัญญาณไฟฟ้าได้ไม่ถูกต้องตามความจริง

3.1.1. อัตราการสุ่มสัญญาณของไนควิสท์

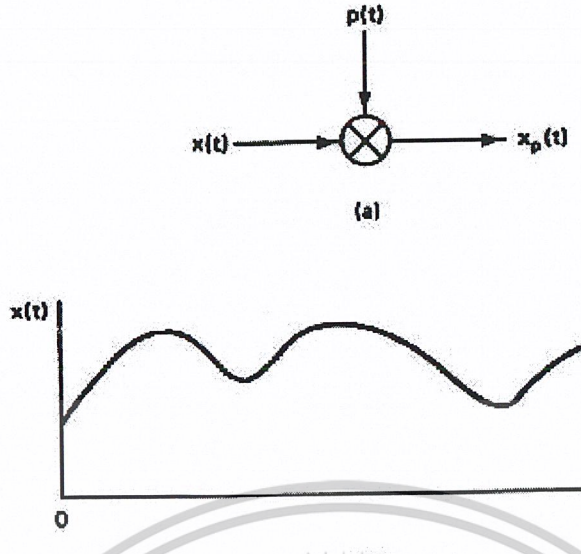
โดยปกติสัญญาณไฟฟ้าจะมีค่าเปลี่ยนไปตามเวลา คือ เป็นฟังก์ชั่นของเวลา สัญญาณไฟฟ้าสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ

1.สัญญาณต่อเนื่อง คือ สัญญาณที่มีค่าต่อเนื่องตลอดเวลาโดยที่ สัญญาณนี้จะถูกเรียกว่าสัญญาณ อนาล็อก

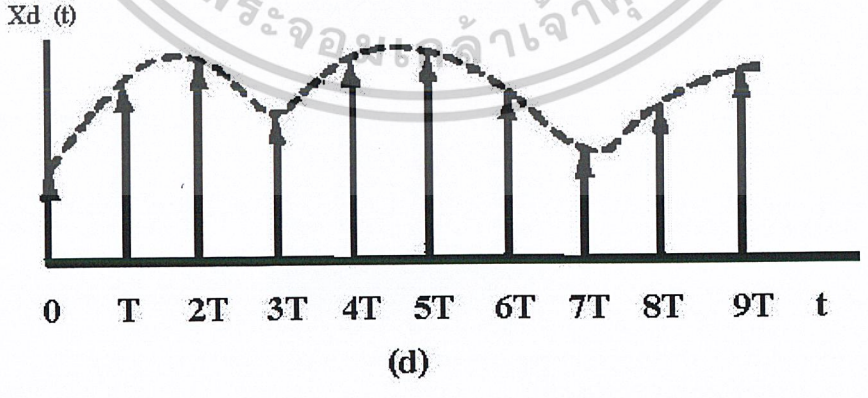
2.สัญญาณไม่ต่อเนื่อง คือสัญญาณที่มีค่าเป็นช่วงๆ สัญญาณจะมีค่าเฉพาะบางช่วงเวลาเท่านั้น โดยเวลาจะมีค่าไม่ต่อเนื่อง ปกติแล้วสัญญาณ Discrete จะอยู่ในรูปของลำดับของตัวเลข

ลักษณะของการสุ่มสัญญาณแสดงดังรูปที่ 3.1 สัญญาณ x(t) จะเป็นสัญญาณอนาล็อกทั่วไป สัญญาณ p(t) เป็นสัญญาณอินพัลส์ เป็นช่วงเปรียบเสมือนสัญญาณพาหะ มีช่วงเวลาระหว่างอินพัลส์ เท่ากับ T ถ้านำสัญญาณทั้งสองมามอดูเลตกัน โดยให้ขนาดของสัญญาณถูกจำกัดด้วยขนาดของสัญญาณ x(t) จะได้สัญญาณ $x_p(t)$ ตามรูปที่ 3.2 สัญญาณอินพัลส์ ที่ได้ใหม่นี้จะมีขนาดตาม สัญญาณอนาล็อก x(t) เป็นการพิจารณาในโดเมนของเวลา สัญญาณที่กล่าวมานี้ ถ้าพิจารณาในโดเมนของความถี่โดยวิธี Fourier Transform จะได้สัญญาณตามรูปที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



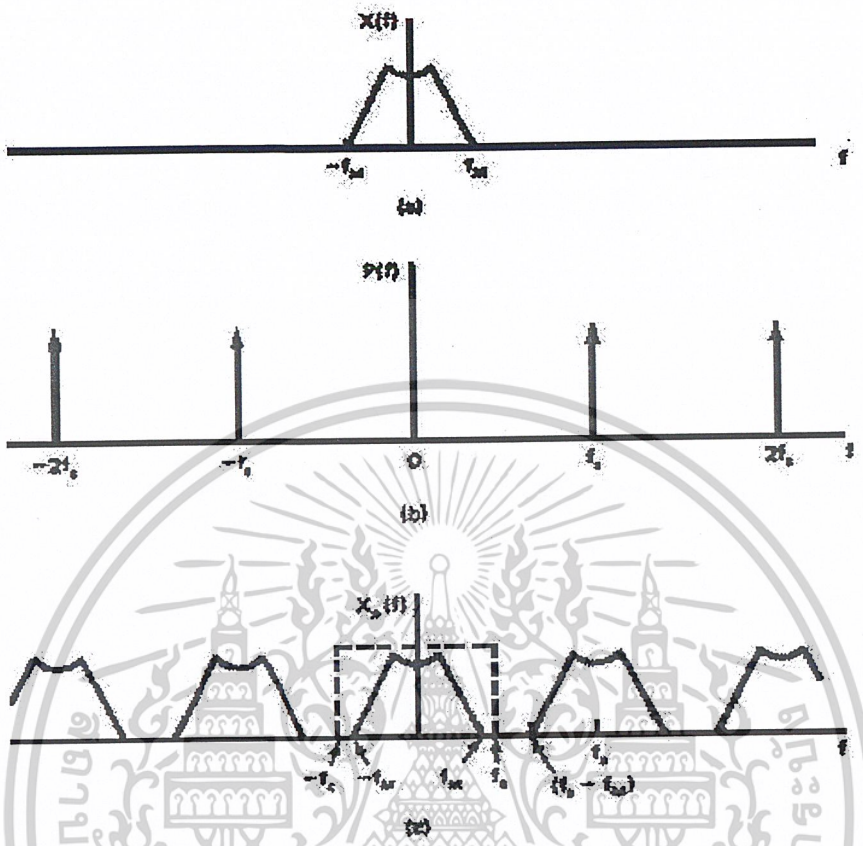
รูปที่ 3.1 แสดงการสุ่มสัญญาณ x(t)



รูปที่ 3.2 สัญญาณมอดูเลตระหว่าง x(t) กับ p(t)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 3.3 Fourier Transform ของสัญญาณ

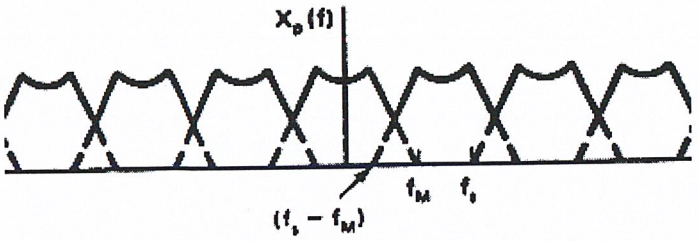
สัญญาณ X(f) จะแทนสเปกตรัมความถี่ของสัญญาณอนาล็อก x(t) จะเห็นได้ว่า X(f) = 0 ที่ความถี่สูงกว่าความถี่ f_M นั่นคือสัญญาณ x(t) จะไม่มีส่วนประกอบของสัญญาณที่มีความถี่สูงกว่าความถี่ f_M สัญญาณ p(f) จะแทนสเปกตรัมของสัญญาณอินพัลส์ p(t) โดยมีระยะห่างเท่ากับความถี่ของสัญญาณอินพัลส์ p(t) ซึ่งความถี่ของสัญญาณอินพัลส์ก็คือความถี่ในการสุ่มสัญญาณนั่นเอง ใช้สัญลักษณ์ f_s (Sampling frequency) สัญญาณ $X_p(f)$ แทนสเปกตรัมของสัญญาณที่ได้มอดดูเลตแล้ว $x_p(t)$ โดยจะมีรูปร่างเหมือนกับสัญญาณ X(f) แต่จะมีจำนวนหลาย ๆ รูปตามจำนวนของสัญญาณอินพัลส์โดยมีระยะห่างเท่ากับความถี่ในการสุ่มสัญญาณ (f_s)

การรวบรวมค่าสเปกตรัมทั้งหมดในโดเมนความถี่ คือการคืนสภาพของสัญญาณอนาลอก x(t) จากสัญญาณที่ได้สุ่มมา เพื่อที่จะให้ได้สัญญาณคืนสภาพกลับมาได้อย่างถูกต้อง ความถี่คัทออฟของวงจรกรองความถี่ต่ำแสดงเป็นเส้นประในรูปที่ 3.3 จะต้องมีค่ามากกว่าความถี่ f_M เพื่อที่จะไม่ให้สเปกตรัมของสัญญาณเหลื่อมล้ำกัน ความถี่ในการสุ่มสัญญาณ f_s จะต้องมีค่า

$$f_s - f_M >= f_M \text{ หรือ } f_s >= 2f_M$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

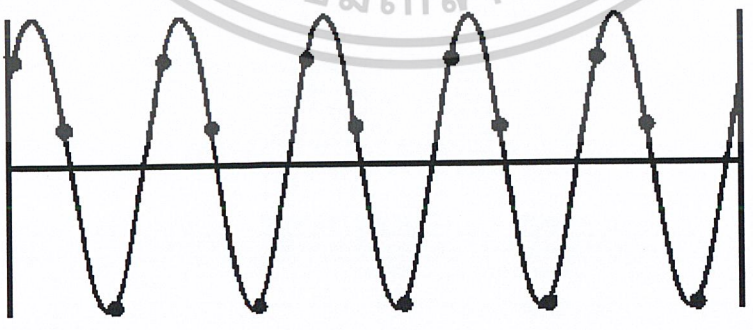
55602



รูปที่ 3.4 สเปกตรัมของสัญญาณที่มีค่า $f_s - f_M < f_M$

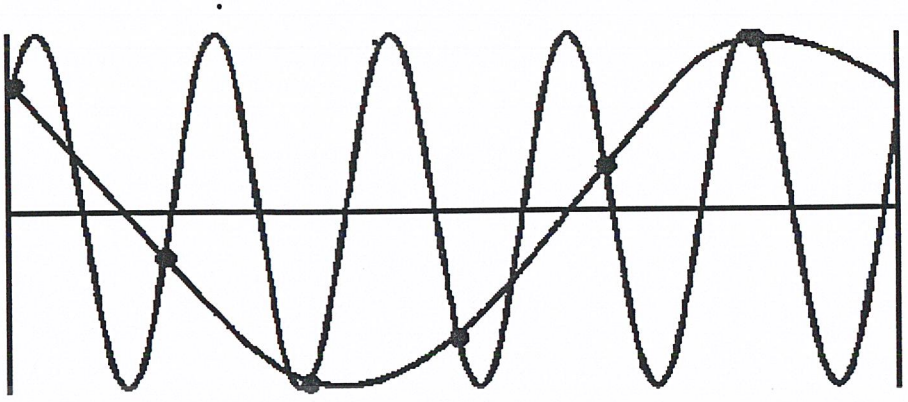
เมื่ออัตราการสุ่มสัญญาณมีความถี่น้อยกว่า 2 เท่าของสัญญาณที่จะวัด ($f_s < 2f_M$) แสดงว่า $f_s < f_M$ มีค่าน้อยกว่า f_M สเปกตรัมของสัญญาณจะเกิดการเหลื่อมล้ำกัน แสดงดังรูปที่ 3.4 ทำให้การคืนสภาพของสัญญาณอนาล็อก x(t) จากสัญญาณที่ได้สุ่มมานั้นมีค่าผิดพลาดขึ้น ค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นเนื่องจากอัตราการสุ่มสัญญาณมีความถี่น้อยกว่า 2 เท่าของสัญญาณที่ต้องการวัดนี้ เรียกว่า Aliasing หรือ Frequency Aliasing ลักษณะของการเกิด Aliasing สามารถแสดงให้เห็นได้ดังรูปที่ 3.5

ก) ความถี่การสุ่มสัญญาณเท่ากับ 6 เท่าของสัญญาณไซน์



ข) ความถี่การสุ่มสัญญาณเท่ากับ 3 เท่าของสัญญาณไซน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ค) ความถี่การสุ่มสัญญาณเท่ากับ 1.2 เท่าของสัญญาณไซน์

รูปที่ 3.5 แสดงการสุ่มสัญญาณไซน์ด้วยความถี่ค่าต่างๆกัน

จากรูป ความถี่ในการสุ่มสัญญาณที่มีค่ามากกว่า 2 เท่า ของสัญญาณความถี่ไซน์ จะทำให้สัญญาณที่ได้จากการสุ่มนี่มีความถี่เท่าเดิม และถ้าความถี่ในการสุ่มสัญญาณยิ่งมีค่ามาก ความผิดเพี้ยนของสัญญาณยิ่งมีค่าน้อยลง จากรูปที่ 3.5 ค ความถี่ในการสุ่มสัญญาณมีค่า 1.2 เท่าของสัญญาณไซน์ (น้อยกว่า 2 เท่า) มีผลทำให้เกิด Aliasing $f_s = 2f_M$ เรียกความถี่นี้ว่า ความถี่ไนควิสท์ (Nyquist frequency) หรืออัตราการสุ่มของ
ไนควิสท์ (Nyquist Sampling Rated) ในการป้องกันไม่ให้คอมพิวเตอร์ประมวลผลสัญญาณผิดพลาดอันเนื่องมาจาก Aliasing จึงมีการต่อวงจรกรองความถี่ต่ำให้กับสัญญาณที่ต้องการจะวัด เรียกวงจรนี้ว่า Anti-Aliasing Filter โดยให้มีจุดคัทออฟต่ำกว่าครึ่งหนึ่งของความถี่ที่ใช้ในการสุ่มสัญญาณ โดยสรุปแล้วทฤษฎีในการสุ่มสัญญาณจะต้องมีการจำกัดแถบความถี่ของสัญญาณ และความถี่ในการสุ่มสัญญาณจะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 2 เท่าของความถี่ของสัญญาณที่ต้องการวัด

3.1.2.การสุ่มสัญญาณแบบสม่ำเสมอ

หลักการส่วนใหญ่ทางคณิตศาสตร์ของทฤษฎีประมวลผลสัญญาณดิจิตอล จะสมมติให้อัตราการสุ่มสัญญาณมีค่าสม่ำเสมอ (Uniformly Sampling or Periodic Sampling) โดยกำหนดให้มีค่าเท่ากับ T ในทางปฏิบัติการแปลงสัญญาณ Continuous-Time ให้เป็น Discrete-Time จะใช้ไอซีเอทูดี (Analog to Digital Converter) ทำหน้าที่แปลงสัญญาณซึ่งจะได้กล่าวในหัวข้อต่อไป จากรูปที่ 3.1 สัญญาณ p(t) คือสัญญาณที่ใช้ในการควบคุมให้เอทูดีเริ่มต้นแปลงสัญญาณ หรือสัญญาณ Start of Conversion ของเอทูดีนั่นเอง สัญญาณ p(t) ได้มาจากระบบคอมพิวเตอร์เป็นตัวสั่ง เนื่องจากคอมพิวเตอร์มีการทำงานเป็นแบบวนลูป ดังนั้นช่วงเวลาในการสุ่ม T จึงมีค่าเท่ากันตลอด ทำให้สามารถประมวลสัญญาณได้ตามหลักการประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณดิจิตอลทั่วไป แต่ในกรณีที่ค่า T มีค่าไม่เท่ากันตลอดเนื่องมาจากการเขียนโปรแกรมควบคุมไม่ดี จะทำให้การสุ่มสัญญาณเป็นแบบไม่สม่ำเสมอ (Nonuniformly Sampled Signal) ลำดับข้อมูลดิจิตอลที่ได้จึงไม่สามารถนำมาคำนวณตามหลักการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลทั่วไป หรือ Fourier Transform ได้

3.2. คุณสมบัติของวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลที่ใช้งาน

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่า ระบบไมโครโปรเซสเซอร์หรือคอมพิวเตอร์มีการทำงานในรูปแบบของสัญญาณดิจิตอล ซึ่งสัญญาณไฟฟ้าโดยทั่วๆไปจะเป็นสัญญาณอนาล็อก เช่น แรงดัน กระแส อุณหภูมิ ความดัน และอื่นๆอีกมากมาย ดังนั้นการนำระบบคอมพิวเตอร์มาวิเคราะห์สัญญาณอนาล็อกจึงต้องมีการแปลงรูปสัญญาณให้อยู่ในรูปสัญญาณดิจิตอลเสียก่อน วงจรที่ทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณนี้เรียกว่า วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล (Analog to Digital Converter) หรือวงจรเอทูดี วงจรดังกล่าวถูกผลิตขึ้นมาเป็นชิพไอซีเรียกว่า ไอซีเอทูดี (A/D Integrated Circuit)

3.2.1. ลักษณะทั่วๆไปของวงจรเอทูดี

หลักการของวงจรเอทูดี แบ่งเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ดังนี้

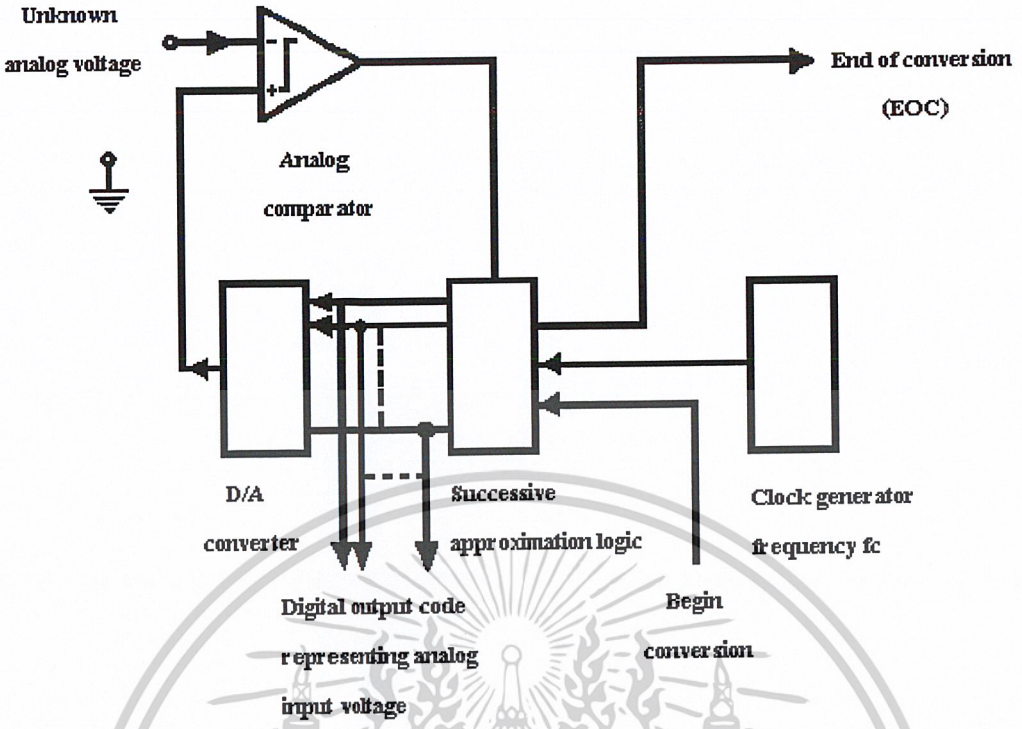
- Integrating A/D Converter
- Successive Approximation A/D Converter
- Flash A/D Converter

วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลที่เลือกนำมาใช้ ในการแปลงสัญญาณในการหาค่ากำลังไฟฟ้านี้คือเป็นแบบ Successive Approximation A/D Converter เบอร์ 0820 ซึ่งได้รับความนิยมมากในการนำมาทำเป็นวงจร แปลงสัญญาณในการแปลงข้อมูลขนาด 8 ถึง 16 บิต โดยจะมีหลักการทำงานดังนี้

Successive Approximation A/D Converter

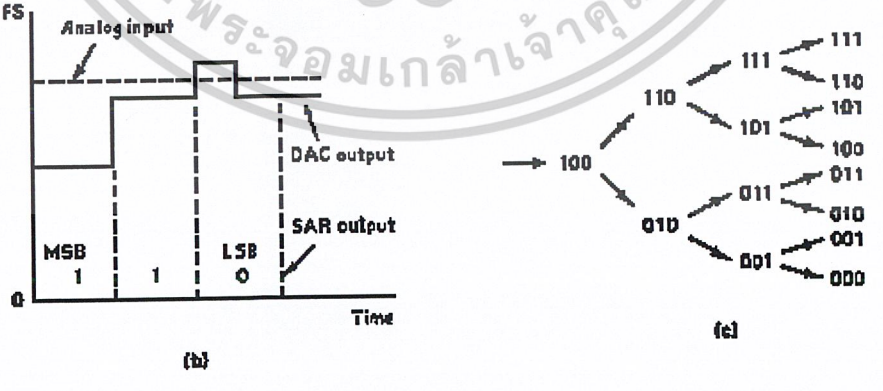
เป็นวิธีการซึ่งใช้เวลาในการแปลงสัญญาณคงที่ เวลาในการแปลงสัญญาณไม่ขึ้นอยู่กับแรงดันอินพุท หัวใจสำคัญของการทำงานอยู่ที่ชุด Successive Approximation Register (SAR) หรือ Successive Approximation Logic (SAL) ชุด SAR นี้ จะทำหน้าที่กำหนดค่าแรงดันอินพุทเป็นดิจิตอล แล้วส่งค่าให้ D/A Converter เพื่อแปลงสัญญาณกลับเป็นอนาล็อกนำไปเปรียบเทียบกับแรงดันอินพุท แล้วนำผลการเปรียบเทียบที่ได้ส่งกลับมาให้ SAR เพื่อกำหนดค่าดิจิตอลใหม่ต่อไป ดังรูปที่ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 ไดอะแกรมวงจร Successive Approximation A/D Converter

โดยประกอบด้วยวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก ซึ่งจะแปลงค่าแรงดันเปรียบเทียบ มาเปรียบเทียบกับสัญญาณอินพุท โดยค่าที่เปรียบเทียบแต่ละครั้งจะเป็นเอาท์พุทของค่าดิจิตอลแต่ละบิต จากบิตสูงไปบิตต่ำ โดยจะมีพัลส์จากสัญญาณนาฬิกาคอยสั่งให้เปรียบเทียบทีละบิต ถ้าตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลมี 8 บิต ก็จะต้องการพัลส์ 8 ลูก เพื่อทำการเปรียบเทียบค่านั้นๆ



รูปที่ 3.7. แสดงตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลแบบประมาณค่า

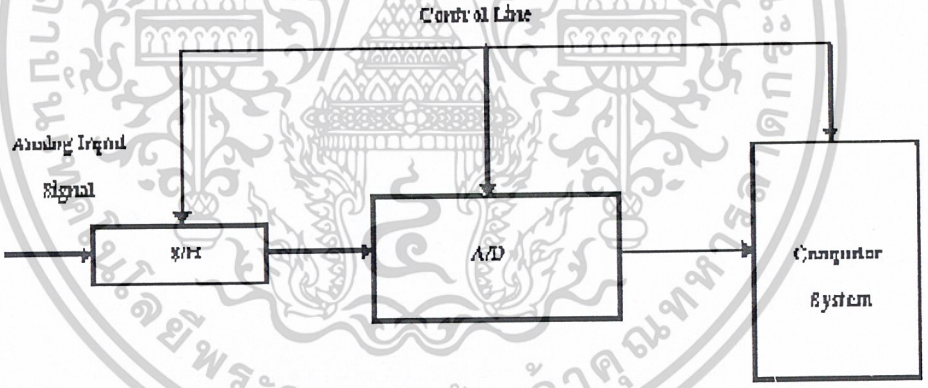
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.7 แสดงตัวอย่างการทำงานของตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลขนาด 3 บิต โดยที่พัลส์ลูกแรก ค่าจากตัวแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก จะมีค่าเท่ากับค่ากลางของแรงดันอ้างอิง (Voltage Reference คือ 100) ซึ่งน้อยกว่าอินพุท ค่าในรีจิสเตอร์ภายในจึงเป็น “1” เมื่อมีพัลส์ลูกที่ 2 ตัวแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก จะเพิ่มค่าขึ้นเป็น 110 ซึ่งน้อยกว่าอินพุทอยู่อีก ค่าบิตที่ 2 จึงเป็น “1” เมื่อมีพัลส์ลูกที่ 3 ตัวแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก จะเพิ่มค่าเป็น 111 มากกว่าอินพุท ค่าบิตที่ 3 จึงเป็น “0” สังเกตว่า ความจริงสัญญาณอินพุทจะมีค่ามากกว่า 110 แต่น้อยกว่า 111 ซึ่ง ตัวแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก A ขนาด 3 บิต มีความละเอียดไม่พอที่จะเปรียบเทียบได้ ต้องทำการเพิ่มขนาดบิตของตัวแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก จึงจะได้เอาท์พุทที่มีค่าใกล้เคียงอินพุทขึ้น

ข้อดีของวงจรแบบนี้คือ ความละเอียดของวงจรขึ้นกับบิต ถ้าต้องการให้เอาท์พุทละเอียดมากก็เพิ่มขนาดของตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล และเวลาที่ใช้ในการแปลงคงที่ ทุกๆค่า

3.2.2.ความเร็วในการแปลงสัญญาณ

อัตราการสุ่มสัญญาณแต่ละครั้ง สามารถคำนวณได้จากส่วนกลับของเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการแปลงสัญญาณต่อหนึ่งครั้ง องค์ประกอบหลักของด้านฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในการแปลงสัญญาณ อนาล็อกเป็นดิจิตอลให้กับคอมพิวเตอร์แสดงดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 บล็อกไดอะแกรมการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล

ขั้นตอนในการสุ่มสัญญาณแต่ละครั้งจะประกอบด้วย

1.คอมพิวเตอร์จะส่งคำสั่งให้กับวงจร Sample & Hold เพื่อทำหน้าที่คงค่าสัญญาณให้กับเอทูดี และส่งคำสั่งเริ่มต้นแปลงสัญญาณให้กับเอทูดี

2.เมื่อเอทูดีแปลงสัญญาณเรียบร้อยแล้ว จะส่งสัญญาณไปขัดจังหวะคอมพิวเตอร์เพื่อแจ้งให้รู้ว่ามีข้อมูลใหม่มาแล้ว

3.คอมพิวเตอร์ทำการอ่านและเก็บข้อมูลที่ได้จากเอทูดีไว้ในหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขั้นตอนที่ 2 ถ้าใช้วิธีอินเทอร์รัพท์ ผู้เขียนโปรแกรมต้องเขียนโปรแกรมใน Interrupt Service Routine ให้คอมพิวเตอร์อ่านข้อมูลจากเอทูดี แต่ถ้าใช้แบบหน่วงเวลาก็ไม่ต้องใช้สัญญาณอินเทอร์รัพท์ ผู้เขียนโปรแกรมต้องเขียนโปแกรมหน่วงเวลาเพื่อรอให้เอทูดีแปลงสัญญาณเสร็จเรียบร้อยเสียก่อน จึงจะไปอ่านข้อมูลจากเอทูดีได้ มิฉะนั้นแล้วข้อมูลที่อ่านได้จะผิดพลาดจากความเป็นจริง จากขั้นตอนในการสุ่มสัญญาณ จะเห็นว่าเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการแปลงสัญญาณหนึ่งครั้งนั้น จะประกอบด้วยเวลาที่วงจร Sample & Hold คงค่าสัญญาณอินพุท แบ่งเป็นช่วง Acquisition Time กับช่วง Setting Time เวลาที่ใช้ในการแปลงสัญญาณของวงจรเอทูดี และเวลาที่คอมพิวเตอร์ทำคำสั่ง OUT เพื่อควบคุมวงจร Sample & Hold และเอทูดีให้ทำคำสั่ง IN เพื่ออ่านข้อมูล แล้วเก็บค่าในหน่วยความจำ ตลอดจนคำสั่งที่เกี่ยวข้องด้วย

สมมติให้ค่าเวลาต่างๆ ที่ใช้ในการแปลงสัญญาณมีค่าดังต่อไปนี้

S/H Acquisition Time..... 6

S/H Output Setting Time..... 1

A/D Converter Time..... 110

คำสั่ง IN,OUT และคำสั่งอื่นๆที่เกี่ยวข้อง..... 40

เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการแปลงสัญญาณต่อหนึ่งครั้งคือ 6+1+110+40 = 157เพราะฉะนั้น อัตราการสุ่มสัญญาณสูงที่สุดที่สามรถทำได้คือ 6369 ครั้ง/วินาที

จะเห็นว่าอัตราการสุ่มสัญญาณนั้นขึ้นอยู่กับเวลาในการแปลงสัญญาณของเอทูดี และความเร็วในการทำงานของคอมพิวเตอร์เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นการที่จะเพิ่มอัตราการสุ่มสัญญาณ จึงสามารถกระทำได้ 2 วิธีด้วยกันคือ ลดค่าเวลาในการแปลงสัญญาณของเอทูดี ซึ่งเป็นการเพิ่มความเร็วในการแปลงสัญญาณนั่นเอง วิธีที่ 2 คือ เลือกคอมพิวเตอร์ที่มีความเร็วในการทำงานสูง วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้กล่าวถึงวิธีแรกเท่านั้น โดยเลือกใช้ไอซีเอทูดีแบบ Successive Approximation Converter ขนาด 8 บิต เบอร์ AD7574 มีค่า Conversion Time ต่ำสุด 15 ไมโครเซค จากหัวข้อ 3.1 ค่า Conversion Time ของเอทูดีประเภทนี้ขึ้นอยู่กับคาบเวลาของสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ และจำนวนบิตของเอทูดี

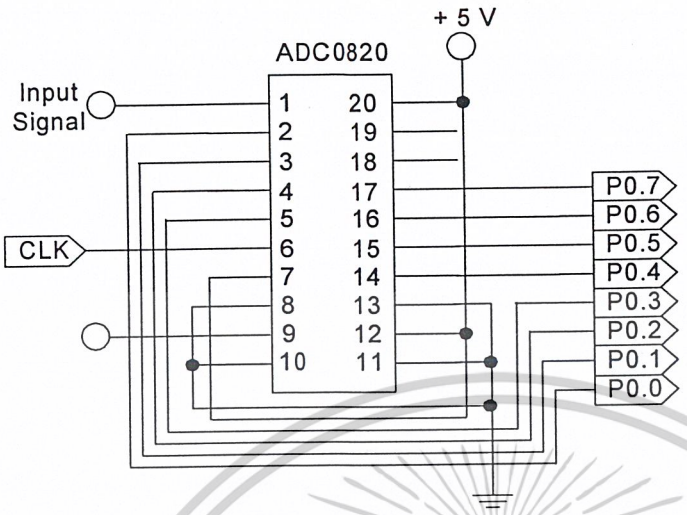
$$T_C = n \times \frac{1}{f_{CLK}}$$

ดังนั้น ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาสูงสุดที่ใช้กับเอทูดีขนาด 8 บิต ความเร็ว 15 ไมโครเซค จะมีค่าสูงสุดไม่เกิน 533.33 kHz

3.2.3. การต่อใช้งานของวงจรแปลงสัญญาณ

ในส่วนวงจร ADC นี้จะทำการแปลงสัญญาณอนาล็อก (กำลังไฟฟ้า) ที่เข้ามาด้านอินพุตให้เป็นสัญญาณดิจิตอลเพื่อส่งเข้าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป โดยวงจรนี้ได้ใช้ IC ADC0820 (8-bit High speed A/D converter) ซึ่งเป็น ADC ชนิด Successive approximation แบบ 8 บิต ที่มีการใช้เวลาในการแปลงสัญญาณ (conversion time) 2.5 ไมโครเซค การต่อวงจร ADC นี้แสดงไว้ในรูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล (ADC)

3.3 ทฤษฎีการใช้งานจอแสดงผล

3.3.1 การแสดงผลทางหน้าจอแสดงผลแบบผลึกเหลว (LCD)

รายละเอียดเกี่ยวกับ LCD โดยในตัว LCD จะมีส่วนประกอบหลักๆ 3 ส่วน ดังนี้

ตัวแสดงผล (Display) ภายในเป็นผลึกเหลวที่สามารถแสดงผลให้เห็นโดยอาศัยแสงจากภายนอก ดังนั้นจึงต้องอาศัยมุมในการมองข้อมูลที่แสดงผลบนจอ LCD

ตัวควบคุม (Controller) เป็นตัวรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกมาควบคุมการทำงานของ LCD เช่น ลบจอภาพ แสดงตัวอักษร หรือเลื่อนเคอร์เซอร์ เป็นต้น ตัวควบคุมนี้ใช้ชิพควบคุมโดยเฉพาะ ชิพที่นิยมใช้ คือ เบอร์ HD44780 และ HD61830 โดย HD44780 จะใช้ควบคุม LCD แบบอักขระ ส่วน HD61830 ใช้ควบคุม LCD แบบกราฟิก

ตัวขับ (Driver) เป็นตัวรับสัญญาณจากตัวควบคุมมาขับให้ตัวแสดงผลแสดงข้อมูลตามที่กำหนด ชิพที่ใช้ทำหน้าที่เป็นตัวขับนี้ ได้แก่ เบอร์ HD44100H และ MSM5259 เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 โครงสร้างภายในของตัวควบคุม LCD

ในการใช้งาน LCD จำเป็นต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างและคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมให้ดีเสียก่อน โดยส่วนต่างๆ ภายในของชิพควบคุม LCD ที่ใช้ใน LCD แบบอักขระ ประกอบด้วย

บัฟเฟอร์อินพุตเอาต์พุต เป็นส่วนที่ใช้ในการติดต่อรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ภายนอก เพื่อที่จะถ่ายทอดข้อมูลเข้าออกภายในตัวควบคุม

รีจิสเตอร์คำสั่ง (Instruction register : IR) เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้รับข้อมูลคำสั่งจากอุปกรณ์ภายนอก เพื่อนำไปควบคุมการแสดงผล

รีจิสเตอร์ข้อมูล (Data register : DR) เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้รับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอก เพื่อถ่ายทอดต่อไปยังหน่วยความจำที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลแสดงผล หรือนำข้อมูลไปสร้างตัวอักษรเพิ่มเติมในแรมเก็บตัวอักษร

แรมเก็บข้อมูลแสดงผล (Display data RAM : DDRAM) เป็นหน่วยความจำแรมที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่มาจากรีจิสเตอร์ DR โดยตัวควบคุมจะนำข้อมูลใน DDRAM นี้ไปเปิดตาราง (Look-up table) ของตัวอักษรที่เก็บไว้ในหน่วยความจำรอมและแรมเก็บตัวอักษรเพื่อนำไปแสดงที่ตัวแสดงผล

รอมเก็บตัวอักษร (Character generator ROM : CGROM) เป็นหน่วยความจำรอมที่ใช้เก็บข้อมูลตัวอักษรหรือสัญลักษณ์ที่สามารถอ่านออกไปแสดงที่ตัวแสดงผลได้ มีขนาด 7200 บิต โดยจะถูกอ่านด้วยค่าของข้อมูลใน DDRAM

แรมเก็บตัวอักษร (Character generator RAM : CGRAM) เป็นหน่วยความจำแรมที่ใช้เก็บตัวอักษรที่มีการสร้างเพิ่มเติมขึ้นใหม่ ในกรณีที่ตัวอักษรใน CGROM ไม่เพียงพอ มีขนาด 512 บิต การเขียนและอ่านค่าไปใช้นั้นทำได้เช่นเดียวกับ CGROM คือ เขียนข้อมูลลงใน DDRAM แล้วตัวควบคุมจะมาอ่านค่าจาก CGRAM เอง

แฟลก BUSY เป็นส่วนที่ทำหน้าที่แจ้งสถานะการทำงานของตัวควบคุมให้อุปกรณ์ภายนอกทราบว่า ตัวควบคุมพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือคำสั่งหรือไม่ ดังนั้นก่อนการส่งข้อมูลหรือคำสั่งมายังตัวควบคุมจะต้องตรวจสอบสถานะของแฟลก BUSY นี้เสียก่อน

3.3.3 การทำงานของขาต่างๆ ของ LCD ขนาด 16 ตัวอักษร 1 บรรทัด (LCD 16x2)

LCD 16 x2 มีขาต่อใช้งานทั้งสิ้น 14 ขา โดยรายละเอียดการทำงานของแต่ละขามีดังนี้

V_{ss} (ขา 1) : ต่อกราวด์

V_{DD} (ขา 2) : ต่อไฟเลี้ยง + 5 โวลต์

V_O (ขา 3) : เป็นขาอินพุตรับแรงดันเพื่อปรับความเข้มของการแสดงผล

RS (ขา 4) : เป็นขาอินพุตใช้ในการแยกชนิดของข้อมูลที่ทำการประมวลผลในขณะนั้นว่าเป็นคำสั่งสำหรับรีจิสเตอร์ IR หรือเป็นข้อมูลสำหรับรีจิสเตอร์ DR โดยถ้าขานี้เป็น " 0 " ข้อมูลที่ส่งมาจะเป็นคำสั่ง แต่ถ้าขานี้เป็น " 1 " ข้อมูลที่ส่งมาจะเป็นข้อมูลสำหรับการแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R/W (ขา 5) : เป็นขาที่ใช้เลือกการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับ LCD ถ้าเป็น " 0 " เป็นการกำหนดให้เขียนข้อมูล แต่ถ้าเป็น " 1 " จะเป็นการอ่านข้อมูล

E (ขา 6) : เป็นขาอีนาเบิลให้ LCD ทำงาน

D0 – D7 (ขา 7 – 14) : เป็นขาที่ใช้เป็นทางผ่านของข้อมูลระหว่าง LCD กับอุปกรณ์ภายนอกขนาด 8 บิต

3.3.4 คำสั่งสำหรับควบคุม LCD

คำสั่งควบคุม LCD ของชิพควบคุม ที่สำคัญมี 10 คำสั่งดังนี้

• คำสั่งเคลียร์ตัวแสดงผล (Clear display) มีข้อมูลคำสั่งเป็น 01H เป็นคำสั่งที่ใช้เขียนข้อมูลช่องว่างเข้าไปใน DDRAM ทั้งหมด

• คำสั่ง Return home ต้องกำหนดให้บิต 1 ของข้อมูลเป็น " 1 " เป็นคำสั่งให้เคอร์เซอร์เคลื่อนที่กลับไปยังตำแหน่งซ้ายสุดของจอแสดงผลแต่ข้อมูลบนจอแสดงผลไม่เปลี่ยนแปลง นั่นคือข้อมูลคำสั่งนี้จะเป็น 02H หรือ 03H ก็ได้

• คำสั่งเลือกโหมดการป้อนข้อมูล (Entry mode set) มีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังรูป

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
0	0	0	0	0	1	I/D	S

รูปแสดงรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งเลือกโหมดการป้อนข้อมูล

บิต S เป็นบิตที่ใช้ในการกำหนดลักษณะของการแสดงผล เมื่อมีการป้อนข้อมูล ถ้าหากบิต S เป็น " 1 " เมื่อเกิดข้อมูลใหม่บนจอแสดงผล ตัวเคอร์เซอร์จะอยู่กับที่ แต่อักษรข้อมูลเดิมจะถูกดันไปทางซ้าย แต่หากบิตนี้เป็น " 0 " เมื่อเกิดข้อมูลใหม่ตัวเคอร์เซอร์จะเลื่อนไปทางขวามือ

บิต I/D เป็นบิตที่ใช้ในการกำหนดว่า เมื่อเขียนหรืออ่านข้อมูลแล้ว ทำให้แอดเดรสของ DDRAM เพิ่มขึ้นหรือลดลงหนึ่งแอดเดรส โดยถ้าบิตนี้เป็น " 1 " แอดเดรสของ DDRAM จะเพิ่มขึ้นแต่ถ้าเป็น " 0 " แอดเดรสของ DDRAM จะลดลง

• คำสั่งควบคุมการแสดงผล มีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังรูป

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
0	0	0	0	1	D	C	B

รูปแสดงรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งควบคุมการแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต D ใช้ควบคุมการเปิดปิดจอแสดงผล ถ้าบิตนี้เป็น " 1 " จะเป็นการเปิดจอแสดงผล ถ้าเป็น " 0 " จะเป็นการปิดจอแสดงผล

บิต C ใช้ควบคุมการแสดงตัวเคอร์เซอร์บนจอแสดงผล ถ้าต้องการให้มีเคอร์เซอร์แสดงผลบนจอแสดงผล ต้องกำหนดให้บิตนี้เป็น " 1 " ถ้ากำหนดให้เป็น " 0 " จะเป็นการปิดเคอร์เซอร์ หรือไม่แสดงเคอร์เซอร์

บิต B ใช้ควบคุมการกระพริบของเคอร์เซอร์ ถ้าบิตนี้เป็น " 1 " เคอร์เซอร์จะกระพริบ

- คำสั่งควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์และข้อมูลตัวอักษร มีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังรูป

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
0	0	0	1	S/C	R/L	*	*

รูปแสดงรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์และข้อมูลตัวอักษร

การควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์และตัวอักษรบนจอแสดงผลขึ้นอยู่กับการกำหนดบิต S/C และ R/L ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

ถ้า S/C เป็น " 0 " และ R/L เป็น " 0 " จะเป็นการเลื่อนเคอร์เซอร์ไปทางซ้าย

ถ้า S/C เป็น " 0 " และ R/L เป็น " 1 " จะเป็นการเลื่อนเคอร์เซอร์ไปทางขวา

ถ้า S/C เป็น " 1 " และ R/L เป็น " 0 " จะเป็นการเลื่อนตัวอักษรใหม่ไปทางซ้าย

ถ้า S/C เป็น " 1 " และ R/L เป็น " 1 " จะเป็นการเลื่อนตัวอักษรใหม่ไปทางขวา

- คำสั่งกำหนดฟังก์ชั่นการทำงาน มีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังรูป

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
0	0	1	DL	N	F	*	*

รูปแสดงรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งกำหนดฟังก์ชั่นการทำงาน

บิต DL ใช้กำหนดจำนวนบิตที่ใช้ติดต่อส่งผ่านข้อมูล ถ้าบิตนี้เป็น " 0 " จะเป็นการติดต่อแบบ 4 บิต แต่ถ้าบิตนี้เป็น " 1 " จะเป็นแบบ 8 บิต

บิต N ใช้กำหนดจำนวนบรรทัดของการแสดงผล ถ้าเป็น " 0 " จะแสดงผล 1 บรรทัด แต่ถ้าเป็น " 1 " จะแสดงผล 2 บรรทัด ในกรณีที่จอแสดงผลสามารถแสดงผลได้มากกว่า 2 บรรทัด และต้องการให้แสดงผลมากกว่า 2 บรรทัด ก็ให้กำหนดบิต N นี้เป็น " 1 "

บิต F ใช้เลือกความละเอียดของตัวอักษรในการแสดงผล ถ้าบิตนี้เป็น " 0 " จะเป็นการแสดงผลแบบ 5x7 จุด และถ้าเป็น " 1 " จะเป็นการแสดงผลแบบ 5x10 จุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

• คำสั่งเลือกแอดเดรสของ CGRAM เมื่อต้องการกำหนดแอดเดรสของ CGRAM ต้องกำหนดให้บิต 7 เป็น " 0 " บิต 6 เป็น " 1 " ส่วนอีก 6 บิตที่เหลือจะแทนด้วยค่าแอดเดรสของ CGRAM โดยจะต้องทำการกำหนดแอดเดรสด้วยคำสั่งนี้ก่อนที่จะทำการอ่านหรือเขียนข้อมูลให้ CGRAM โดยแอดเดรสของ CGRAM อยู่ที่ 00H-3FH

• คำสั่งเลือกแอดเดรสของ DDRAM ใช้ในการเลือกแอดเดรสของ DDRAM ก่อนที่จะทำการอ่านหรือเขียนข้อมูล โดยบิต 7 ต้องเป็น " 1 " และข้อมูลอีก 7 บิตที่เหลือจะเป็นค่าแอดเดรสของ DDRAM ซึ่งแอดเดรสของ DDRAM จะอยู่ระหว่าง 80H – 0FFH

• คำสั่งอ่านแฟลก BUSY และแอดเดรส มีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังรูป

รูปแสดงรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งอ่านแฟลก BUSY และแอดเดรส

เป็นคำสั่งที่ใช้อ่านแฟลก BUSY (BF) โดยแฟลกนี้จะเป็นตัวบอกสถานะของตัวควบคุม LCD ว่าพร้อมจะรับข้อมูลอยู่หรือไม่ ถ้าหากบิต BF เป็น " 0 " แสดงว่าตัวควบคุม LCD พร้อมที่จะรับข้อมูลหรือคำสั่ง แต่ถ้าเป็น " 1 " แสดงว่าขณะนี้ตัวควบคุม LCD ยังอยู่ในกระบวนการทำงานยังไม่พร้อมที่จะรับข้อมูล

3.3.5 การเขียนคำสั่งและข้อมูลให้แก่ LCD

ในการเขียนข้อมูลเพื่อควบคุม LCD ให้แสดงผลตามที่ผู้ใช้งานต้องการ ต้องส่งคำสั่ง (Instruction) แล้วกำหนดโหมดการทำงานให้แก่ LCD ก่อน จากนั้นจึงค่อยส่งข้อมูล (Data) ที่ต้องการแสดงผล เนื่องจากบัสข้อมูลของ LCD มี 8 เส้น คือ D0 – D7 และใช้เป็นทางผ่านของทั้งคำสั่งและข้อมูล ดังนั้นในการส่งคำสั่งและข้อมูลจึงต้องอาศัยการกำหนดสัญญาณลอจิกที่ขา RS

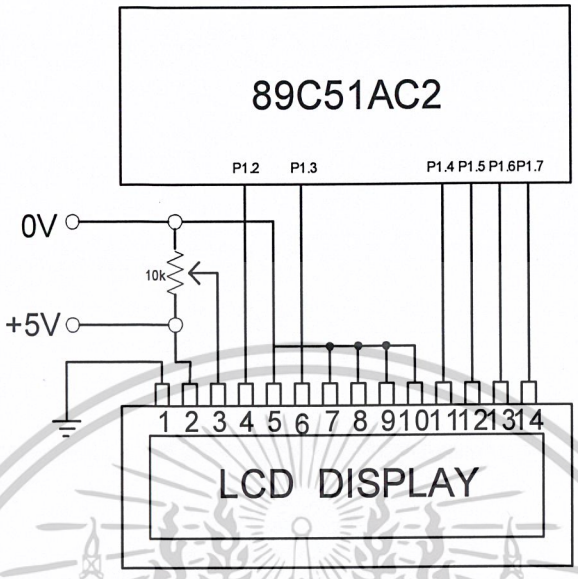
เมื่อต้องการเขียนหรืออ่านข้อมูลใน CGRAM และ DDRAM เริ่มต้นต้องกำหนดแอดเดรสที่ต้องการอ่านหรือเขียนก่อน โดยใช้คำสั่งเลือกแอดเดรส จากนั้นกำหนดให้ขา RS เป็น " 1 " เพื่อแจ้งให้ตัวควบคุมทราบว่าข้อมูลที่ปรากฏต่อไปนี้จะเป็นข้อมูลปกติไม่ใช่ข้อมูลคำสั่ง ในกรณีที่ต้องการอ่านข้อมูลจะต้องกำหนดให้ขา R/W เป็น " 1 " ข้อมูลขนาด 8 บิต ก็จะปรากฏบนบัสข้อมูล โดยข้อมูลที่อ่านออกมาได้จะเป็นข้อมูลจากแอดเดรสของ CGRAM หรือ DDRAM ตามที่ต้องการ

3.3.6 การต่อใช้งานของ LCD

ในที่จะใช้ส่วนแสดงผลของค่าใช้ไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าที่ใช้ไปนั้น จะใช้การแสดงผลออกทางจอ LCD 2 บรรทัดแบบ 16 ขา โดยบรรทัดบนจะแสดงค่าของกำลังไฟฟ้าที่ใช้ไปในหน่วยกิโลวัตต์- ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และบรรทัดล่างจะแสดงค่าใช้ไฟฟ้าซึ่งรวมภาษีมูลค่าเพิ่มแล้วโดยจะแสดงออกมาในหน่วยบาท โดยจอ LCD จะถูกตั้งให้รับข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์เพียง 4 บิต ซึ่งมีลักษณะในการต่อใช้งานดังนี้



รูปที่ 3.10 การต่อใช้งานของส่วนแสดงผล (LCD)

รูปที่3.11 จอแสดงผลที่ใช้งานในอุปกรณ์หาค่ากำลังไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ไมโครคอนโทรลเลอร์

4.1 ลักษณะทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้งาน

คำอธิบาย

T89C51AC2 เป็นชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งมีประสิทธิภาพและสมรรถนะสูง ในรูปแบบของไมโครคอนโทรลเลอร์ 80C51 ชิพเดี่ยว 8 บิท ประกอบด้วยหน่วยความจำ (Flash Memory) 32 กิโลไบท์ สำหรับตัวโปรแกรมและสำหรับเก็บข้อมูลข้อมูล

หน่วยความจำ (Flash Memory) 16

กิโลไบท์ หรือ 32 กิโลไบท์ สามารถโปรแกรมได้ทั้งในโหมดขนาน และอนุกรม ด้วยพอร์ตภายนอกหรือด้วยซอฟแวร์ การโปรแกรมแรงดันถูกจ่ายจากขาไฟเลี้ยงมาตรฐานภายใน

T89C51AC2 เก็บคุณลักษณะทั้งหมดของไมโครคอนโทรลเลอร์ 80C52 ด้วย หน่วยความจำภายใน 256 ไบท์ , 7 แหล่งจ่าย 4 ระดับ ตัวคอนโทรลการขัดจังหวะ และ ตัวจับเวลา/ตัวนับ 3 ตัว ในส่วนเพิ่มเติมT89C51AC2 มีวงจรแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล ขนาด 10 บิต , หน่วยความจำที่ข้าถึงได้โดยตรง 2 กิโลไบท์ , หน่วยเก็บความจำพิเศษ 2 กิโลไบท์ สำหรับข้อมูล , สามารถโปรแกรมลำดับการนับได้ , สามารถต่อกับหน่วยความจำภายนอกได้ 1024 ไบท์ , ตัวฟ้องการจับเวลา และช่องการทำงานอีกหลายอย่าง ที่มีการติดต่อส่วนอื่นๆ อย่างง่าย (EUART)

การออกแบบ T89C51AC2 ยอมให้ลดการสิ้นเปลืองของระบบไฟฟ้า โดยการลดความถี่การจับเวลาลงที่ค่าใดๆ ,แม้แต่ในระบบ กระแสตรง , โดยปราศจากการสูญเสียของข้อมูล

T89C51AC2 มีโหมดซอฟแวร์ให้เลือก 2 โหมด สำหรับการลดทอน และตัวจับเวลา 8 บิต ก่อนการวัด สำหรับการลดทอนล่วงหน้า ในการสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าในโหมดปกติส่วนประมวลผล จะคงสภาวะไว้ ขณะที่ระบบรอบนอกและระบบการขัดจังหวะจะยังคงทำงานอยู่ ในโหมดที่กำลังไฟฟ้าตกลง หน่วยความจำจะถูกเก็บไว้ และฟังก์ชั่นอื่นๆทั้งหมดจะไม่ทำงาน

คุณลักษณะเพิ่มเติมของ T89C51AC2 ทำให้มีความสามารถเพิ่มขึ้น เพื่อประยุกต์สำหรับผู้ต้องการใช้วงจรแปลงสัญญาณ, สัญญาณ PWM , การต่อใช้งานที่มีความเร็วสูง และสามารถนับได้ เช่น ในการควบคุมทางอุตสาหกรรม , สินค้าบริโภค , สัญญาณเตือน , การควบคุมมอเตอร์ , ...

ขณะที่ยังเข้ากันได้กับ 80C51 มันจะเสนอ โหมดการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบมาตรฐานนี้ ในโหมด X2 การนับเวลาภายนอกสูงสุดมีขนาด 20 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณลักษณะ

โครงสร้างหลักของชิพไมโครคอนโทรลเลอร์ 80C51

- 256 ไบท์ on-chip RAM
- 1 กิโลไบท์ on-chip XRAM
- 32 กิโลไบท์ on-chip Flash Memory
- 2 กิโลไบท์ on-chip Flash สำหรับ Bootloader
- 2 กิโลไบท์ on-chip EEPROM
- 14 แหล่งจ่าย 4 ระดับ การขัดจังหวะ
- ตัวจับเวลา/ตัวนับ 16 บิต 3 ตัว
- ความถี่สูงสุด 40 MHz ในโหมด X2 , 20 MHz (แกน CPU, 40 MHz)
- 5 พอร์ท : 32 + 2 Digital I/O lines
- 5 ช่องสัญญาณ PCA 16 บิต ประกอบด้วย :
  - PWM 8 บิต
  - เอาท์พุทความเร็วสูง
  - ตัวจับเวลา และ edge capture
- Double Data Pointer
- ตัวฟ้องการจับเวลา 21 บิต (รวมด้วย 7 บิต ที่สามารถโปรแกรมได้)
- 10 บิต Analog to Digital Converter (ADC) ด้วย 8 อินพุท Multiplex
  - เวลาในการแปลง 20 ไมโครเซค
  - ตัวแปลง 2 โหมด
- On-chip Emulation Logic (enhanced Hook system)
  - Idle mode
  - Power down mode
- Power Supply : 5V +/- 10% (หรือ 3V** +/- 10%)
- ขอบเขตอุณหภูมิ : ในระบบโรงงานอุตสาหกรรม (-40 ถึง 85 องศาเซลเซียส)
- Package : TQFP44 , PLCC44

คำอธิบายขาต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์

ชื่อขา	ชนิด	คำอธิบาย
VSS	GND	ขั้วกราวด์ของวงจร
VCC		แหล่งจ่ายแรงดัน ระหว่างการปฏิบัติการแบบปกติ , แบบ Idle , แบบ Power down
VAREF		แรงดันอ้างอิงสำหรับวงจรแปลงสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

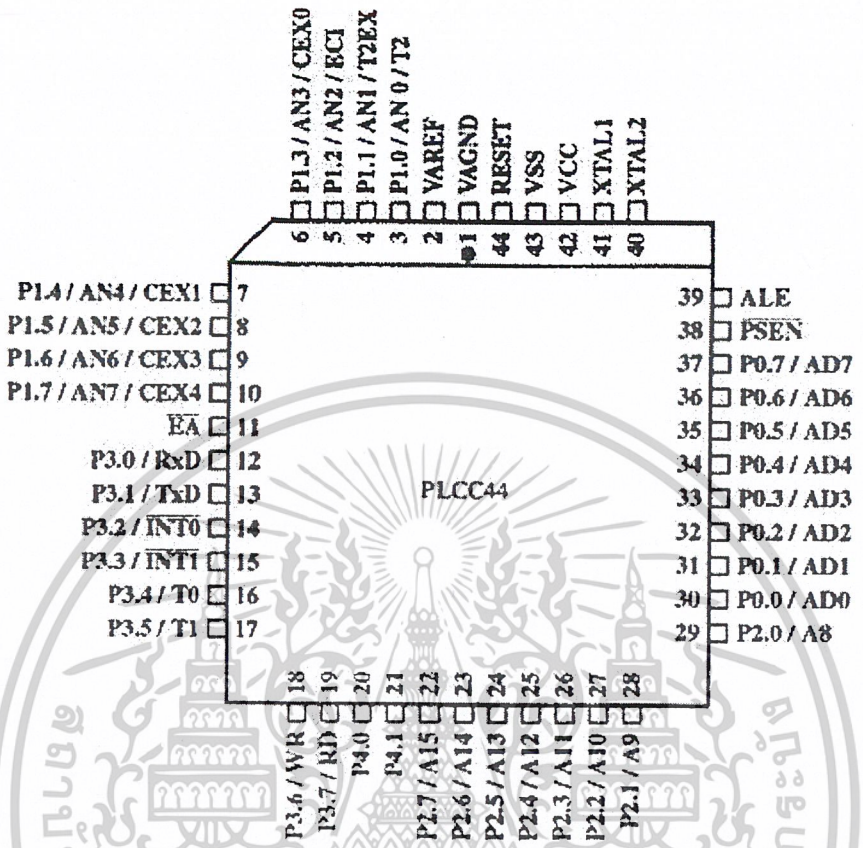
ชื่อขา	ชนิด	คำอธิบาย
VAGND		กราวด์อ้างอิงสำหรับ ADC
P0.0:7	I/O	พอร์ต 0 คือ พอร์ทอินพุตเอาท์พุต 8 บิต เปิดช่องระบาย 2 ทาง ขาของพอร์ท 0 นั้นมี การเขียนโปรแกรมถึงมันแบบอิสระ และในสภาวะนี้สามารถใช้อินพุทแบบความต้านทานสูง พอร์ท 0 นั้นประกอบด้วยตำแหน่งของข้อมูล และ ส่วนเชื่อมต่อระหว่างการเข้าถึงโปรแกรมภายนอก และหน่วยความจำข้อมูล ในการใช้ประโยชน์นี้จะใช้การดึงอย่างแรงภายใน เมื่อมีการปล่อยข้อมูลจากการเขียนโปรแกรม
P1.0:7	I/O	พอร์ต 1 คือ พอร์ทอินพุตและเอาท์พุต 8 บิต 2 ช่องทาง ด้วยการดึงภายในขาของ พอร์ท 1 สามารถใช้สำหรับสัญญาณอนาล็อกหรือสัญญาณดิจิตอลสำหรับวงจรแปลงสัญญาณ พอร์ท 1 นั้นมีการเขียนโปรแกรมถึงตัวมัน ถูกดึงสูงโดย ทรานซิสเตอร์ภายใน และสามารถใช้เป็นอินพุทในสภาวะนี้ ในภาวะอินพุท, ขาของพอร์ท 1 ที่ถูกดึงต่ำจากภายนอก จะเป็นแหล่งจ่ายกระแสเนื่องจากการดึงภายใน พอร์ท 1 ถูกกำหนดให้ใช้เป็นอนาล็อกอินพุทโดยผ่าน ตำแหน่งข้อมูลของวงจรแปลงสัญญาณ
P2.0:7	I/O	พอร์ต 2 คือ พอร์ทอินพุตและเอาท์พุต 8 บิต 2 ช่องทาง ด้วยการดึงภายในขาของพอร์ท 2 นั้นมี การโปรแกรมถึงตัวมัน ที่ถูกดึงสูงโดยการดึงภายใน และสามารถใช้เป็นอินพุทในสภาวะนี้ ในฐานะที่เป็นอินพุท พอร์ท 2 ที่ถูกดึงต่ำจากภายนอก จะเป็นแหล่งจ่ายกระแส เนื่องจากการดึงภายใน พอร์ท 2 ปล่อยไบท์ตำแหน่งคำสั่งสูง ระหว่างการเข้าถึง หน่วยความจำโปรแกรมภายนอก และระหว่างการเข้าถึงหน่วยความจำข้อมูลภายนอกนั้นใช้ ตำแหน่ง 16 บิต (MOVX@DPTR) ตามคำกล่าวนี้ มันใช้การดึงอย่างแรงภายในเมื่อมีการปล่อยของ 1's ระหว่างการเข้าถึงหน่วยความจำข้อมูลภายนอกนั้นใช้ตำแหน่ง 8 บิต (MOVX@Ri) , พอร์ท 2 ส่งส่วนประกอบของ ส่วนเก็บข้อมูลพิเศษ
P3.0:7	I/O	พอร์ต 3 คือ พอร์ทอินพุตและเอาท์พุต 8 บิต 2 ช่องทาง ด้วยการดึงภายในขาของพอร์ท 3 นั้นสามารถมีการโปรแกรมถึงตัวมัน ที่ถูกดึงในสภาวะสูงโดยทรานซิสเตอร์ดึงจากภายในและสามารถใช้เป็นอินพุตได้ในสภาวะนี้ ในฐานะที่เป็นอินพุต พอร์ต 3 จะถูกดึงในสภาวะต่ำจากภายนอกและจะเป็นแหล่งจ่ายจากการดึงภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อขา	ชนิด	คำอธิบาย
P4.0:7	I/O	พอร์ต 4 คือ พอร์ทอินพุตและเอาท์พุต 2 บิต 2 ช่องทาง ด้วยการดึงภายในขาของพอร์ท 3 นั้นสามารถมีการโปรแกรมถึงตัวมัน ที่ถูกดึงในสภาวะสูงโดยการดึงจากภายในและสามารถใช้เป็นอินพุตได้ในสภาวะนี้ ในฐานะที่เป็นอินพุต พอร์ต 3 จะถูกดึงในสภาวะต่ำจากภายนอกและจะเป็นแหล่งจ่ายกระแสเนื่องมีจากทรานซิสเตอร์ในการดึงจากภายใน
RESET	I/O	จะเป็นสัญญาณระดับสูงระหว่าง 2 แมชชีนไซเคิลขณะที่วงจรกำลังรีเซต อุปกรณ์ จะลดความต้านทานภายในลง และขณะทำงานจะใช้ตัวเก็บประจุภายนอก
ALE	O	เป็นตำแหน่งที่กำหนดได้ของเอาท์พุตสำหรับกำหนดตำแหน่งต่ำๆ ระหว่างการเข้าถึงหน่วยความจำภายนอก ALE จะถูกกระตุ้นทุกๆ 1 ใน 6 ของสัญญาณนาฬิกา ยกเว้นการเข้าถึงหน่วยความจำข้อมูลภายนอก เมื่อคำสั่งถูกกำหนดจากพอร์ตภายใน และสามารถยกเลิกด้วยคำสั่งจากโปรแกรม
PSEN	O	เป็นพอร์ตเอาท์พุตที่ควบคุมได้ด้วยสัญญาณจากภายนอก โดยจะถูกกระตุ้น 2 ครั้งใน 1 แมชชีนไซเคิล สำหรับการรับข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก และ PSEN จะไม่ถูกกระตุ้นถ้าเป็นการรับข้อมูลจากหน่วยความจำภายใน
EA	I	จะเป็นพอร์ตกำหนดสถานะเมื่อมีการเข้าถึงจากภายนอกที่อยู่ในระดับสูงคำสั่งจะถูกนำออกจากหน่วยความจำเมื่อโปรแกรมนับมีตำแหน่งน้อยกว่า 8000 H
XTAL1	I	จะเป็นพอร์ตอินพุตของสัญญาณนาฬิกาจากภายนอก
XTAL2	O	จะเป็นพอร์ตเอาท์พุตของวงจรขยายสัญญาณภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะขาของไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 4.1 ลักษณะขาของไมโครคอนโทรลเลอร์

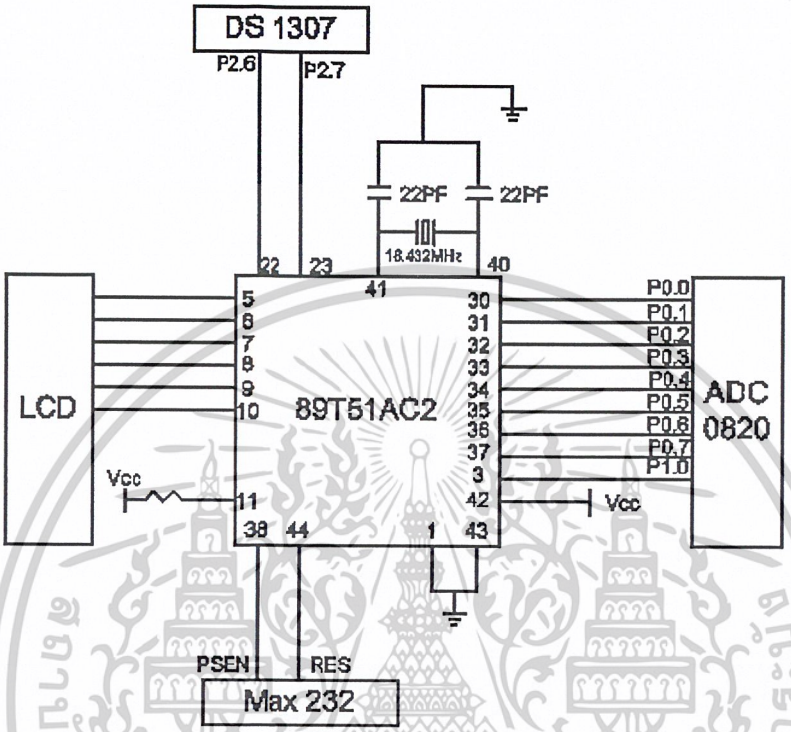
4.2 ลักษณะการต่อใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์

สำหรับการต่อใช้งานของไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องมีการต่อส่วนประกอบอื่นๆ เข้าไปด้วย เพื่อจะได้มีการนำสัญญาณจากส่วนต่างๆ มาประมวลผลหรือแสดงผลดังนี้

- ตัวนับเวลา (REAL TIME CLOCK) จะเป็นตัวนับเวลาในการใช้โหลดค่าต่างๆ แล้วอ่านข้อมูลมายังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อนำมาคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ไป
- ชิพสำหรับการโปรแกรมข้อมูลลงไมโครคอนโทรลเลอร์ (MAX 232) จะเป็นอุปกรณ์ส่วนที่เสริมเข้ามาในวงจร เพื่อให้สามารถโปรแกรมข้อมูลให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยตรง โดยไม่ต้องใช้เครื่องโปรแกรม
- คริสตอล (18.432 MHz) เพื่อเป็นตัวกำหนดสัญญาณนาฬิกาให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์
- จอแสดงผล (LCD) เพื่อแสดงผลจำนวนกำลังไฟฟ้าที่ใช้และค่าไฟฟ้าออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

• วงจรแปลงสัญญาณเพื่อแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์



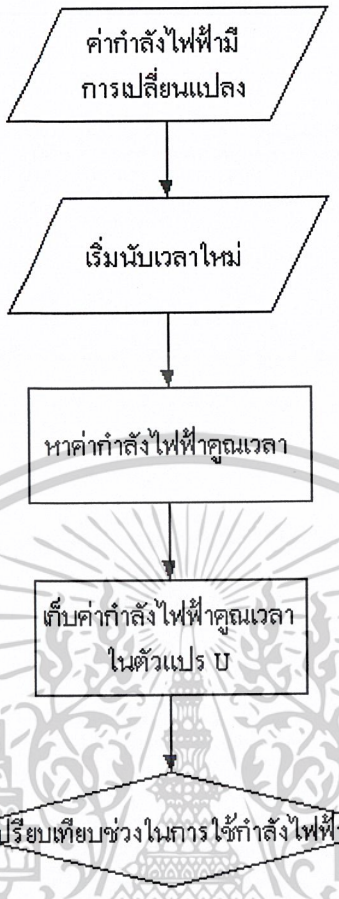
รูปที่ 4.2 . การต่อใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์กับส่วนต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ขั้นตอนการทำงานของชุดคำสั่งในไมโครคอนโทรลเลอร์

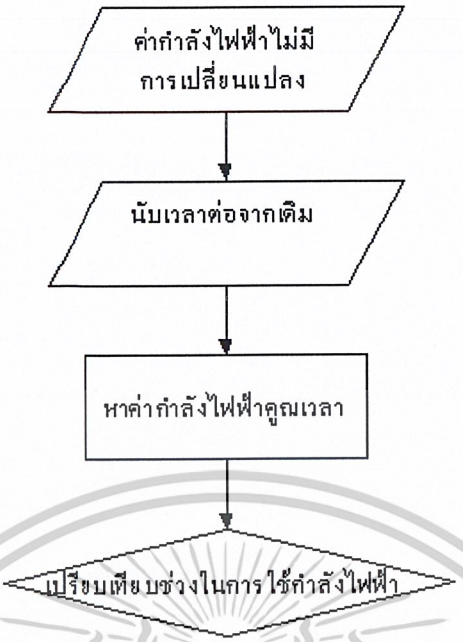
รูปที่ 4.3 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมในการหาค่าไฟฟ้าทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ขั้นตอนในการหาค่ากำลังไฟฟ้าในกรณีโหลดมีการเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ขั้นตอนในการหาค่ากำลังไฟฟ้าในกรณีที่โหลดมีค่าคงที่

4.4 คำสั่งหลักที่ใช้งาน

สำหรับคำสั่งที่ใช้โปรแกรมให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น จะเขียนขึ้นโดยใช้ภาษาซีสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยจะนำมาแสดงให้ดูเฉพาะในส่วนของการหาค่าเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้าจากข้อมูลของวงจรแปลงสัญญาณ การหาจำนวนกิโลวัตต์ชั่วโมงของการใช้โหลดค่าต่างๆ และในส่วนของการนำค่ากำลังไฟฟ้ามาคำนวณเป็นจำนวนเงินที่ใช้ไป

โปรแกรมในส่วนของการหาค่าเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้า

```
watto = wattn;
  d = 0;
for(x=0;x<500;x++){
  in = read_adc();
  d = d + in;
}
 d = d/500;
  wattn  = (d * Vst)  -  0.5;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
wattn = wattn * 440;
```

จากโปรแกรมด้านบนในส่วนแรกจะเป็นการกำหนดค่าเริ่มต้น และสั่งให้โปรแกรมวนรับค่าตามที่ต้องการ โดยจากโปรแกรมคือให้วนรับค่า 500 ค่า แล้วให้นำค่าที่รับเข้ามาใหม่ไปบวกทบกับข้อมูลเก่าไปเรื่อยๆ หลังจากนั้นก็จะนำจำนวนข้อมูลทั้งหมดมาหารด้วยจำนวนข้อมูลที่รับเข้ามาคือ หารด้วย 500 เพื่อเป็นการหาค่าเฉลี่ยแล้วจึงนำมาคูณกับค่าคงที่ซึ่งใช้ในการลดระดับแรงดันและกระแส คือ 220 และ 2 ตามลำดับเพราะฉะนั้นจะได้ค่าที่นำมาคูณคือ 440 จะได้เป็นค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้จริงออกมาเพื่อส่งไปคำนวณในส่วนต่อไป

การหาจำนวนกิโลวัตต์ชั่วโมงของการใช้โหลดค่าต่างๆ

```
if((watto-17) > wattn || (watto+17) < wattn || ((wattn>-10) &&(wattn<10))){
write_rtc();
read_rtc();
dates = RTC.date & 0x30; dates >>= 4;
dates = (dates*10) + (RTC.date & 0x0F);
hours = (RTC.hour & 0x30); hours >>= 4;
hours = (hours*10)+(RTC.hour & 0x0F);
mins = (RTC.min & 0x70);mins >>= 4;
mins = (mins*10) +(RTC.min & 0x0F);
secs = (RTC.sec & 0x70);secs >>= 4;
secs = (secs*10) +(RTC.sec & 0x0F);
write_rtc();
M = (dates * 86400)+(hours * 3600)+(mins * 60)+secs;

kwh = (wattn * M)/3600
KWH = KWH + kwh;
U = KWH;
} else{
read_rtc();
dates = RTC.date & 0x30; dates >>= 4;
dates = (dates*10) + (RTC.date & 0x0F);
hours = (RTC.hour & 0x30); hours >>= 4;
hours = (hours*10)+(RTC.hour & 0x0F);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
mins = (RTC.min & 0x70);mins >>= 4;
mins = (mins*10) +(RTC.min & 0x0F);
secs = (RTC.sec & 0x70);secs >>= 4;
secs = (secs*10) +(RTC.sec & 0x0F);
M = (dates * 86400)+(hours * 3600)+(mins * 60)+secs;
KWH = KWH + ((wattn * M)/360000);
KWH = KWH + U;
```

โดยจากโปรแกรมในส่วนแรกจะเป็นการเปรียบเทียบค่าการใช้กำลังไฟฟ้าค่าหนึ่งๆ ว่าคงที่หรือไม่ ถ้าใช้กำลังไฟฟ้าคงที่ก็จะนับเวลาต่อไปเรื่อยจนกว่าจะมีการเปลี่ยนไปของค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ก็จะเริ่มนับเวลาใหม่โดยค่ากิโลวัตต์ชั่วโมงก็จะนำมาบวกกันทุกๆ ครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้กำลังไฟฟ้า

โปรแกรมในส่วนของการนำค่ากำลังไฟฟ้ามาคำนวณเป็นจำนวนเงิน

```
if((KWH >= 0) && (KWH <= 5)){
 B = 8.19 *1.07;
 printf("1Price: %5.2f B.\n\r  ",B);
}else if((KWH > 5) && (KWH <= 15)){
 B = (8.19 + (1.3576 * KWH) - 6.7880) * 1.07;
 printf("2Price: %5.2f B.\n\r  ",B);
}else if((KWH > 15) && (KWH <= 25)){
 B = (8.19 + (1.5445 * KWH) - 9.5915) * 1.07;
 printf("3Price: %5.2f B.\n\r  ",B);
}else if((KWH > 25) && (KWH <= 35)){
 B = (8.19 + (1.7968 * KWH) - 15.8990) * 1.07;
 printf("4Price: %5.2f B.\n\r  ",B);
}else if((KWH > 35) && (KWH <= 100)){
 B = (8.19 + (2.1800 * KWH) - 29.3110) * 1.07;
 printf("5Price: %5.2f B.\n\r  ",B);
}else if((KWH > 100) && (KWH <= 150)){
 B = (8.19 + (2.2734 * KWH) - 38.6510) * 1.07;
 printf("6Price: %5.2f B.\n\r  ",B);
}else if((KWH > 150) && (KWH <= 400)){
 B = (8.19 + (2.7781 * KWH) - 114.3560) * 1.07;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 printf("7Price: %5.2f B.\n\r  ",B);
}else if(KWH > 400){
 B = (8.19 + (2.9780 * KWH) - 194.3160) * 1.07;
 printf("8Price: %5.2f B.\n\r  ",B);
```

เมื่อได้ค่าการใช้กำลังไฟฟ้ามาแล้ว ก็จะนำมาเปรียบเทียบว่าจะต้องใช้สมการไหน ในการคิดค่าใช้ไฟฟ้าเมื่อได้สมการแล้วก็จะทำการคำนวณโดยจะบวกในส่วนของภาษีมูลค่าเพิ่มแล้วจึงจะส่งออกไปแสดงยังจอ LCD

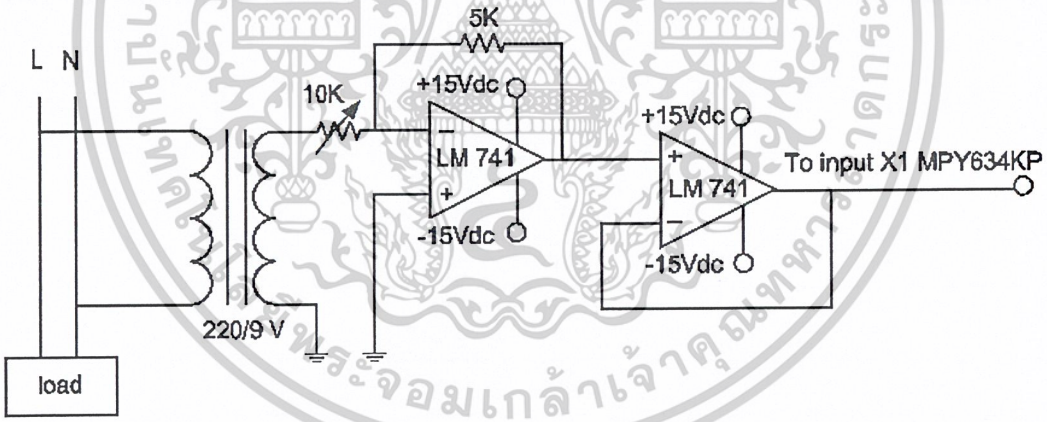
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ส่วนประกอบของวงจรเครื่องวัดกิโลวัตต์เอาว์มิเตอร์

5.1 วงจรคูณสัญญาณ (MPY634KP)

โดยในส่วนของวงจรที่ใช้ในการทดลองนี้จะมีส่วนที่สำคัญคือวงจรคูณสัญญาณ โดยจะเป็นส่วนที่ใช้หาค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ไป ซึ่งจะเป็นการนำสัญญาณแรงดันปกติ 220 โวลต์ มาผ่านหม้อแปลง เพื่อ ทำการลดแรงดันไฟฟ้าลงมาเป็น 9 แล้วจะนำแรงดันไฟฟ้าที่ได้ไปผ่านวงจรลดระดับแรงดัน เป็น 1.0 V(ค่า RMS)โดยใช้ออปแอมป์ เพื่อเป็นค่าอ้างอิงที่เหมาะสมสำหรับวงจรคูณ แล้วนำไปเป็นค่าอินพุตหนึ่งของวงจรคูณ ส่วนค่าอินพุตอีกค่าหนึ่งจะเป็นค่าสัญญาณกระแส ซึ่งจะอยู่ในรูปของสัญญาณแรงดันโดยสัญญาณกระแสนี้จะได้มาจาก ทรานสดิวเซอร์กระแส (LEM) โดยจะนำมาผ่านวงจรปรับค่าการยกระดับแรงดัน และปรับค่าแอมปลิจูด แล้วนำสัญญาณอินพุตทั้งสองค่า ซึ่งมีลักษณะเป็นกราฟไซน์ มาเข้าวงจรคูณสัญญาณ เพื่อหาค่ากำลังไฟฟ้า แล้วนำไปแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล เพื่อนำไปคำนวณในโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป

5.2 สัญญาณแรงดัน



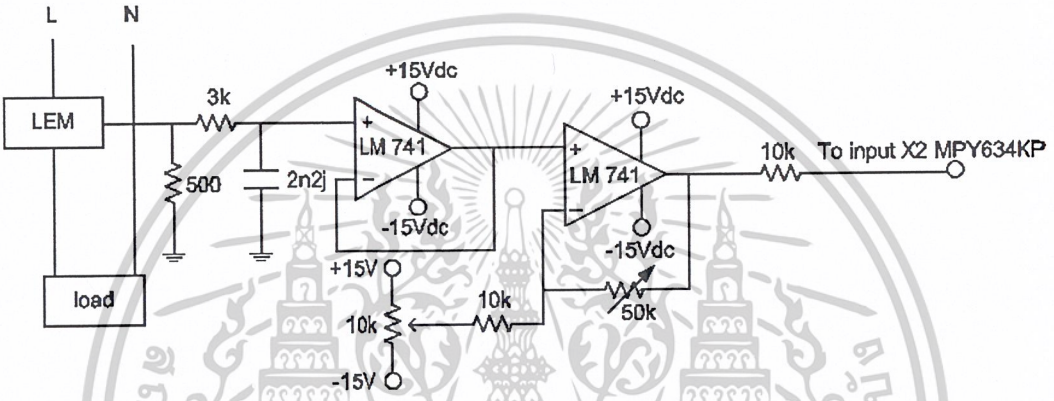
รูปที่ 5.1 แสดงการต่อส่วนอินพุตของวงจรคูณซึ่งเป็นสัญญาณแรงดัน

จากรูปที่ 5.1 เป็นวงจรของสัญญาณแรงดันอินพุตซึ่งมีค่า 1 V โดยจะนำหม้อแปลงพิกัด 220/9 V ไปต่อขนานเข้ากับสายไฟ ก่อนที่จะเข้าโหลด ซึ่งโดยปกติแล้วแรงดันไฟฟ้า 1 ϕ ที่ใช้ในบ้านเรือนจะมีค่า 220 V เมื่อทำการลดระดับแรงดันลงมาเป็น 9 V แล้วนำมาผ่านวงจรลดระดับแรงดันโดยใช้ออปแอมป์ (LM 741) ที่สามารถปรับค่าแอมปลิจูดของสัญญาณได้ โดยปรับที่ค่าความต้านทานปรับค่าได้ 10 กิโลโอห์ม เพื่อลดระดับแรงดันอีกครั้งลงมาเป็น 1.0 V เพราะเนื่องจากระบบไฟฟ้าในประเทศไทยจะเป็นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันไฟฟ้าคงที่(Constant Voltage) คือ ค่าแรงดันที่ตกคร่อมโหลดแต่ละชนิดจะมีค่าเท่ากัน แต่กระแสที่ไหลผ่านโหลดจะไม่เท่ากัน ด้วยเหตุนี้จึงกำหนดให้สัญญาณแรงดันที่จะส่งเข้าวงจรคูณมีค่าคงที่ และเหตุที่กำหนดให้สัญญาณแรงดันมีค่าเพียง 1.0 V หรือประมาณ 2.2 เปอร์เซ็นต์ของระดับสัญญาณแรงดันปกติ ก็เพราะว่าถ้านำสัญญาณแรงดันไปคูณกับสัญญาณกระแสซึ่งมีค่ามากๆแล้วจะทำให้สัญญาณเอาท์พุท (กำลังไฟฟ้า) ที่ได้ออกมาจากวงจรคูณเกินค่าไฟเลี้ยงของวงจรคูณ ทำให้เกิดการขลิบของสัญญาณ ซึ่งจะทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้ไม่ถูกต้อง

5.3 สัญญาณกระแส



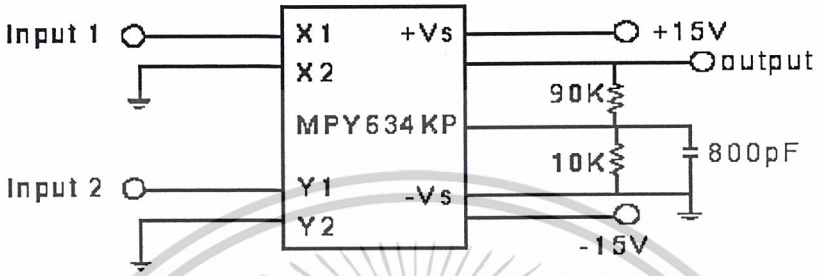
รูปที่ 5.2 แสดงการต่อส่วนอินพุตของวงจรคูณซึ่งเป็นสัญญาณกระแส

จากรูปที่ 5.2 เป็นวงจรของสัญญาณกระแสอินพุต ซึ่งจะมีค่าไม่คงที่แล้วแต่ชนิดของโหลด โดยสัญญาณที่ได้ออกมาจะอยู่ในรูปของสัญญาณกระแส โดยจะนำมาผ่านวงจรยกระดับแรงดันด้วยแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (offset) ซึ่งสามารถที่จะปรับค่าได้ตามต้องการ โดยปรับที่ความต้านทานปรับค่าได้ 10 กิโลโอห์ม และในส่วนนี้ก็ยังสามารถที่จะปรับค่าแอมปลิจูดของสัญญาณกระแส เพื่อป้องกันการขลิบของสัญญาณเอาท์พุต โดยปรับที่ค่าความต้านทานปรับค่าได้ 50 กิโลโอห์ม โดยในส่วนของค่าแอมปลิจูดนั้นจะปรับให้มีค่าลดลงครึ่งหนึ่งเป็นค่าที่ 50 % ของกระแสที่จ่ายโหลดจริง โดยสัญญาณกระแสที่ได้จะมีค่าคงที่ที่ใช้ในการแปลงค่ากระแสจากกระแสที่จ่ายโหลดจริง และในวงจรนี้จะใช้ค่าคงที่นี้เท่ากับ 2 คือขนาดกระแสที่จ่ายโหลดมีขนาดเท่าใดค่าของกระแสที่ดึงออกมาจาก LEM ก็มีค่าเป็นครึ่งหนึ่งเสมอ โดยถ้าในกรณีที่โหลดไม่ใช่โหลดที่เป็นโหลดที่เป็นความต้านทาน (โหลด R) คือ เป็นโหลด RC หรือ RL สัญญาณกระแสที่ได้ออกมาก็จะมีมุมเฟสที่ชิพออกไปจากสัญญาณของแรงดันซึ่งเมื่อนำสัญญาณกระแสนี้คูณกับสัญญาณแรงดันก็จะมีผลของกำลังไฟฟ้าที่เก็บสะสมอยู่ในรูปสนามแม่เหล็กหรือสนามไฟฟ้า (VAR) ปรากฏออกมาด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

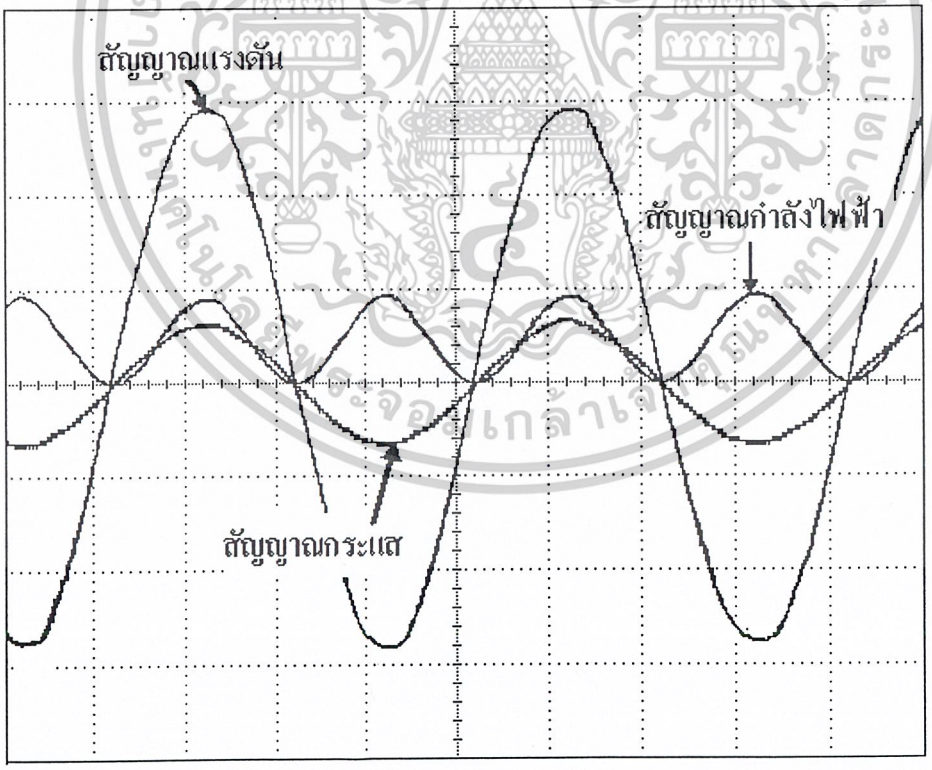
5.4 วงจรคูณสัญญาณ

วงจรคูณสัญญาณที่เลือกใช้จะเป็น IC เบอร์ MPY 634 KP ซึ่งจะเป็น IC ที่ใช้ในการคูณสัญญาณแบบอนาลอกโดยจะมีรูปการต่อใช้งานตามรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 แสดงการต่อใช้งานวงจรคูณสำหรับสัญญาณแบบอนาล็อก

ลักษณะสัญญาณที่ได้จากวงจรคูณสัญญาณ



รูปที่ 5.4 ลักษณะสัญญาณที่ได้จากวงจรคูณ

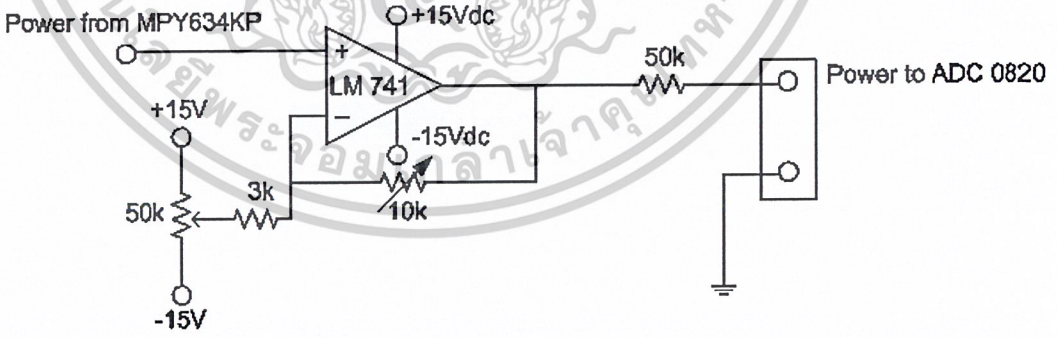
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับวงจรที่ใช้ในการทดลองนี้จะเป็นวงจรที่นำสัญญาณอินพุท ทั้งสัญญาณกระแสและแรงดันมาต่อเข้ากับวงจรคูณ ซึ่งมีค่าเอาท์พุท ที่ได้จากวงจรคูณนี้คือ ค่ากำลังไฟฟ้า ซึ่งจะอยู่ในรูปสัญญาณไซน์ แต่จะไม่ใช่ค่ากำลังไฟฟ้าจริงที่เกิดขึ้นที่โหลดนั้นๆ เพราะถึงแม้ค่ากระแสที่เป็นอินพุท ของวงจรคูณจะเป็นกระแสที่จ่ายโหลดจริงๆแต่แรงดันจะเป็น ค่าแรงดันที่ผ่านวงจรลดระดับแรงดันมาแล้ว ซึ่งค่ากำลังไฟฟ้าจริงที่เกิดขึ้นที่โหลด ก็จะมีการนำค่าคงที่ ที่ใช้ในวงจรลดระดับแรงดันมาคูณในส่วนคำนวณในไมโครคอนโทรเลอร์ เพื่อให้ได้ค่ากำลังไฟฟ้าจริงที่เกิดขึ้นที่โหลดอย่างถูกต้องเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณค่าไฟฟ้า

5.5 วงจรยกระดับสัญญาณกำลังไฟฟ้า

โดยเมื่อได้ค่าเอาท์พุตจากวงจรคูณสัญญาณซึ่งเป็นค่ากำลังไฟฟ้าที่มีความถี่เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าจากสัญญาณกระแสและสัญญาณแรงดันคือค่ากำลังไฟฟ้าจะมีความถี่ 100 Hz หรือมีคาบเวลาเท่ากับ 10 ms ก็จะนำค่ากำลังไฟฟ้านี้ส่งเข้าไปเพื่อนับเวลาในการใช้โหลดที่คงที่ค่าหนึ่งๆ ในไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไปเพื่อคำนวณค่าไฟฟ้าออกมา

แต่เนื่องจากสัญญาณที่ได้จากวงจรคูณ จะได้เป็นสัญญาณแบบอนาล็อก แต่ในส่วนของไมโครคอนโทรเลอร์จะรับรู้สัญญาณที่มีลักษณะเป็นดิจิตอลเท่านั้น จึงจำเป็นที่จะต้องมีการแปลงสัญญาณกำลังไฟฟ้าที่ได้จากวงจรคูณซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อก ให้เป็นสัญญาณดิจิตอลโดยใช้วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลซึ่งเป็นไอซีชิพเดี่ยวขนาด 14 ขา เบอร์ 0820 ซึ่งมีขีดจำกัดในการแปลงสัญญาณอยู่ในช่วง 0-5 V จึงจำเป็นที่ต้องทำวงจรยกระดับด้วยแรงดันไฟกระแสตรง (offset) ขึ้นมา เพื่อสามารถแปลงสัญญาณอนาล็อกจากวงจรคูณสัญญาณเป็นสัญญาณดิจิตอลเพื่อส่งเข้าไมโครคอนโทรเลอร์ได้



รูปที่ 5.5 แสดงการต่อวงจรยกระดับสัญญาณกำลังไฟฟ้า

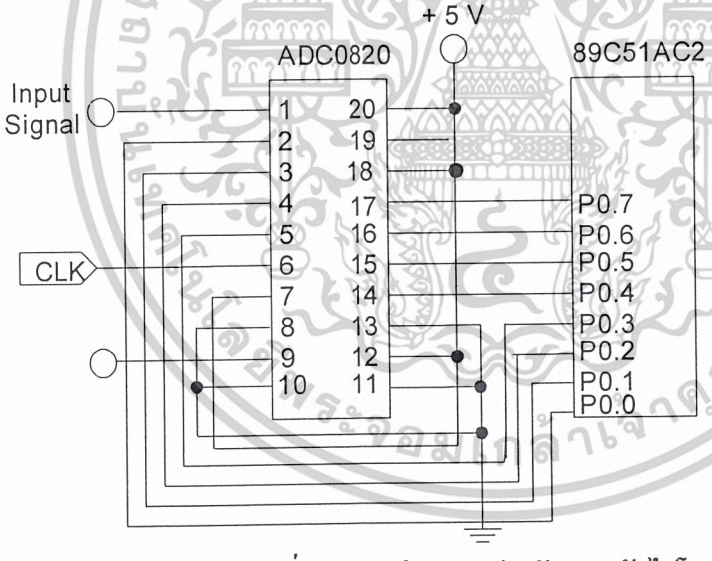
จากรูปที่ 5.5 จะเป็นการนำกำลังไฟฟ้าที่ได้จากวงจรคูณสัญญาณมาผ่านวงจรยกระดับแรงดันด้วยแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งสามารถที่จะปรับค่าได้ทั้งขนาดของแอมปลิจูดและการยกระดับค่ากำลังไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง โดยในส่วนของแอมปลิจูดจะปรับให้มีขนาดคงที่คือ ขนาดของแอมปลิจูดทั้งก่อนเข้าและหลังจากออกจากวงจรยกระดับแรงดันจะมีขนาดเท่ากัน ในส่วนของการยกระดับกำลังไฟฟ้าจะปรับตั้งให้มีค่าคงที่ คือ จะทำการยกระดับกำลังไฟฟ้าขึ้นไปด้วยแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 0.5 โวลต์ ซึ่งจะทำให้ค่าเฉลี่ยของสัญญาณดิจิตอลที่ได้จากวงจรแปลงสัญญาณมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งค่าที่เพิ่มขึ้นในส่วนนี้จะนำไปทำการลบออกในส่วนของโปรแกรมเพื่อที่จะทำให้ได้กำลังไฟฟ้าที่ใช้ไปจริง

5.6 วงจรที่ใช้ในการหาค่ากำลังไฟฟ้าโดยใช้วงจรแปลงสัญญาณ

จากสัญญาณกำลังไฟฟ้า ซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อกและผ่านวงจรยกระดับแรงดัน ด้วยแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 0.5 โวลต์ มาแล้วนั้นเราจะนำสัญญาณนี้มาผ่านวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล (ADC0820) เพื่อที่จะทำการแปลงสัญญาณอนาล็อกนี้ แล้วส่งสัญญาณเป็นสัญญาณดิจิตอลเข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยสัญญาณดิจิตอลที่ส่งเข้าไปใช้กับไมโครคอนโทรเลอร์นั้นจะส่งในลักษณะขนาน ครั้งละ 8 ข้อมูล เพื่อประหยัดเวลาในการรับค่าและคำนวณหาค่าเฉลี่ยของไมโครคอนโทรเลอร์ โดยเมื่อไมโครคอนโทรเลอร์รับค่าสัญญาณดิจิตอลเข้ามาแล้วก็จะนำมาหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ ดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 4 โดยในการหาค่ากำลังไฟฟ้าในส่วนนี้จะมีลักษณะการต่อวงจรดังรูปที่ 5.6

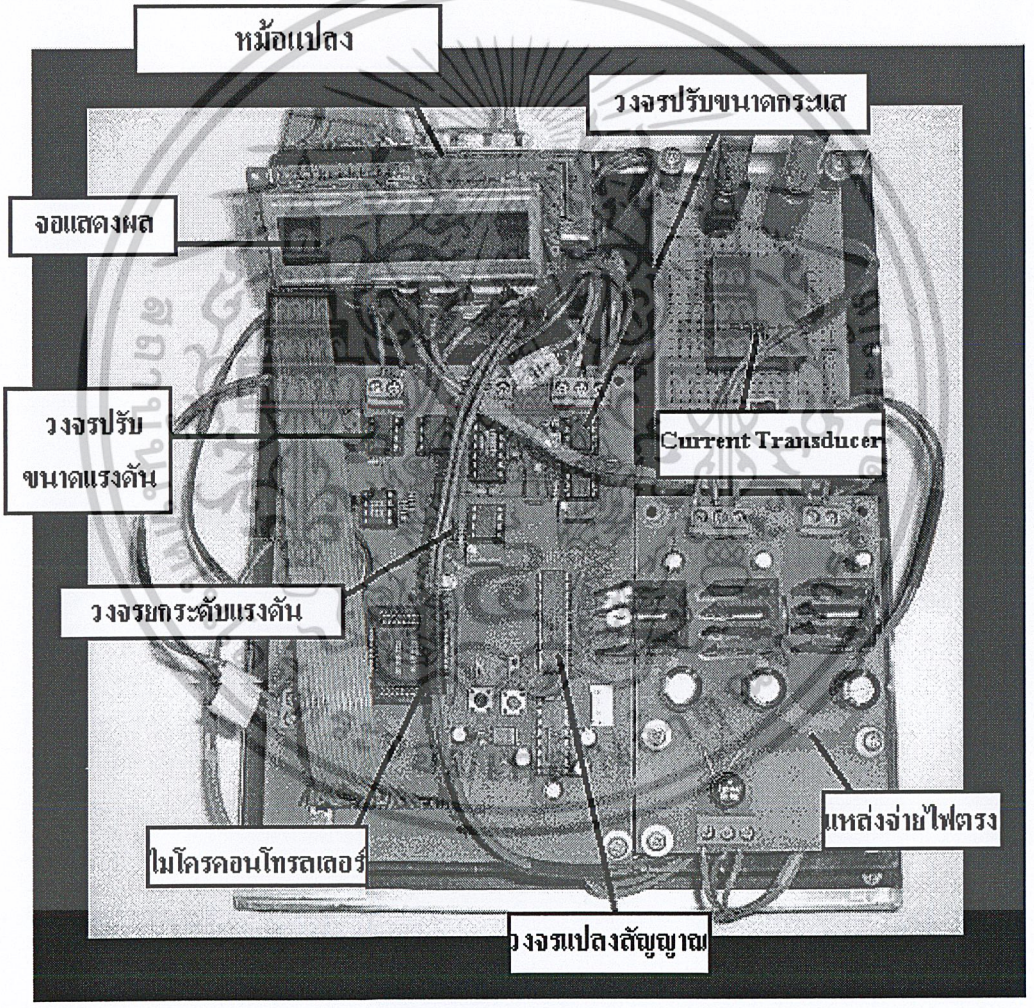


รูปที่ 5.6 .การต่อวงจรแปลงสัญญาณกับไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

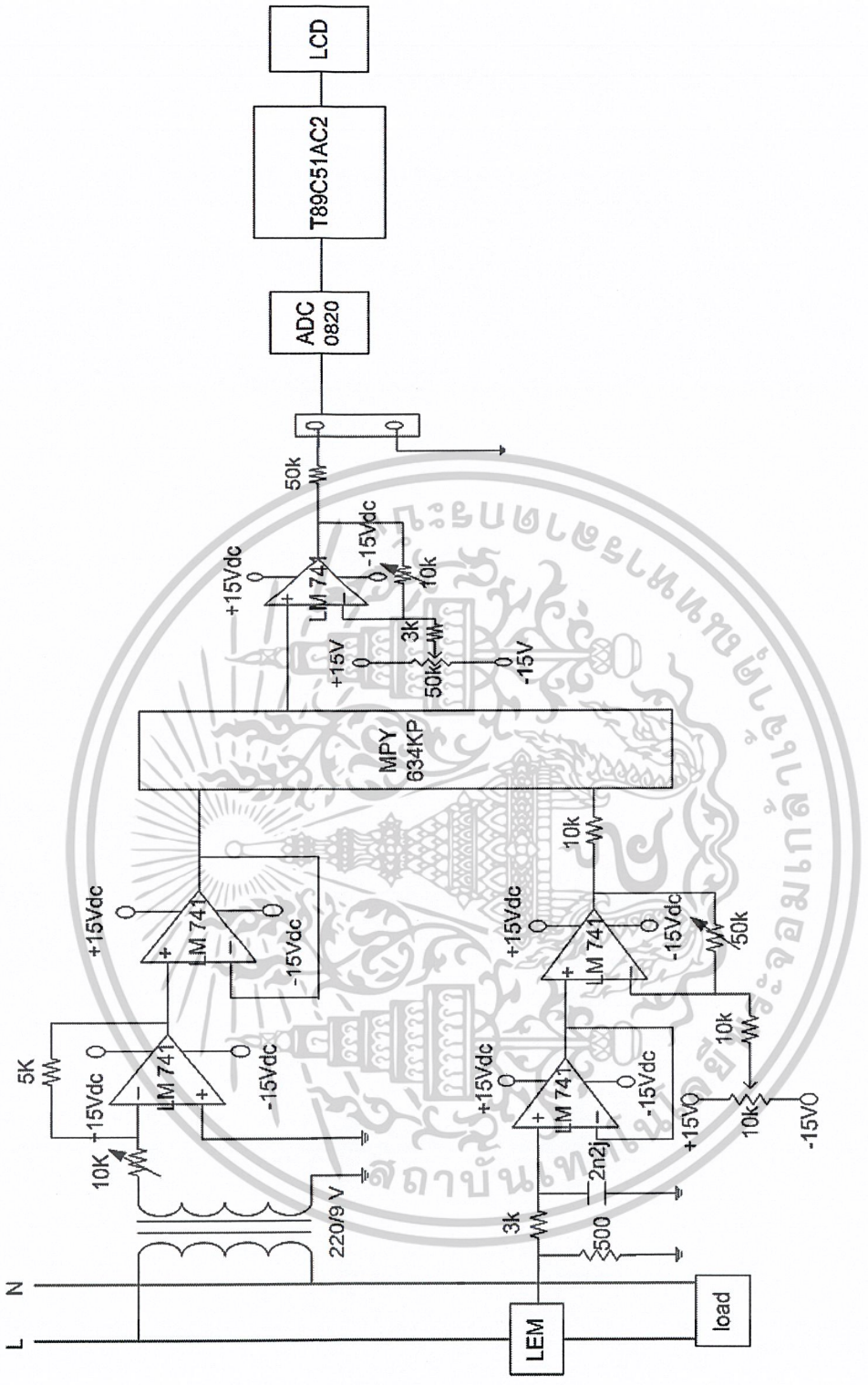
5.7 วงจรที่ใช้ในการหาค่ากำลังไฟฟ้าและค่าใช้ไฟฟ้าทั้งหมด

ในการหาค่ากำลังไฟฟ้าและค่าใช้ไฟฟ้านั้น จะเป็นการนำสัญญาณแรงดันและกระแสมาคูณกันโดยใช้ชิพ (MPY 634 KP) คูณสัญญาณทั้ง 2 แบบอนาล็อก เมื่อได้ค่ากำลังไฟฟ้าซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อกแล้วจำเป็นที่จะต้องยกระดับสัญญาณขึ้นเพื่อส่งเข้าไปแปลงสัญญาณในวงจรแปลงสัญญาณ หลังจากได้ค่าสัญญาณดิจิตอลแล้วก็จะส่งเข้าไปคำนวณหาค่าไฟฟ้าจากข้อมูลสัญญาณดิจิตอล แล้วก็คำนวณเป็นค่าไฟฟ้าที่ใช้ไป ส่งไปแสดงผลยังส่วนแสดงผล (LCD) โดยมีการต่อวงจรของส่วนประกอบต่างๆ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 5.7 แสดง 1 เฟส ดิจิตอล กิโลวัตต์เอาว์มิเตอร์ที่เสร็จสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.8. การต่อใช้งานวงจรทั้งหมด

บทที่ 6
ผลทดลอง

6.1 การหากำลังไฟฟ้าเมื่อโหลดเป็นความต้านทานและความต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำ

ในการหากำลังไฟฟ้า โดยการคูณสัญญาณระหว่าง สัญญาณแรงดัน ซึ่งถูกลดระดับแรงดัน ลงมาจนมีค่าเท่ากับ 1 โวลต์ กับสัญญาณกระแสที่ถูกลดขนาดลงมาครึ่งหนึ่งของขนาดกระแสจ่ายโหลดจริง เอาท์พุตของวงจรคูณจะได้ค่าของกำลังไฟฟ้าซึ่งมีลักษณะเป็นสัญญาณไซน์ และถ้านำมาหาค่าเฉลี่ยก็จะได้เป็นค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ โดยในการหาค่ากำลังไฟฟ้าในส่วนแรกนี้จะเก็บจากค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย (Power Average) จากออสซิลโลสโคปโดยจะมีการเปรียบเทียบค่ากับการคำนวณจากสูตร ในการหาค่ากำลังไฟฟ้าเปรียบเทียบกันและในกรณีที่เก็บผลค่ากำลังไฟฟ้าจากออสซิลโลสโคปนี้จะมีการพิจารณาเปรียบเทียบค่าในกรณีที่ใช้จำนวนลูกคลื่นในการหาค่าเฉลี่ยแตกต่างกันด้วย แต่ค่ากำลังไฟฟ้าที่หาได้จากออสซิลโลสโคปนี้ จะต้องนำไปคูณกับค่าคงที่ ที่ใช้ในการลดระดับแรงดันและลดระดับกระแส เพื่อให้ได้ค่ากำลังไฟฟ้าจริง โดยค่าคงที่ที่นำมาคูณนี้คือ 220 กับ 2 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำไปคูณกับค่าสัญญาณแรงดันจะได้ค่าสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมโหลดจริง คือ 220 โวลต์ และค่ากระแสที่เป็นกระแสที่จ่ายโหลดจริง

จากวงจรที่ใช้ในการทดลองหาค่ากำลังไฟฟ้าจากบทที่ 5 จะทำการทดลองโดยการเปลี่ยนโหลดซึ่งมีลักษณะแตกต่างกัน

<u>โหลด R</u>

1.หลอดไส้ขนาด 100 วัตต์ 1 หลอด

2.หลอดไส้ขนาด 100 วัตต์ 5 หลอด

<u>โหลด RL</u>

1.หลอดไส้ขนาด 100 วัตต์ 1 หลอด กับ บัลลาสต์ 2 ตัว

2.หลอดไส้ขนาด 100 วัตต์ 5 หลอด กับ บัลลาสต์ 2 ตัว

จากการหาค่ากำลังไฟฟ้า โดยการเปลี่ยนโหลด สามารถหาค่ากำลังไฟฟ้าได้ดังนี้

1. เมื่อโหลดเป็นหลอดไส้ขนาด 100 วัตต์ 1 หลอด (โหลดความต้านทาน)

การหาค่ากำลังไฟฟ้าโดยการคำนวณ

ค่าแรงดันที่ตกคร่อมหลอดไฟ เท่ากับ 225.7 โวลต์

ค่ากระแสที่ไหลผ่านหลอดไฟโดยการวัดค่าจาก แอมมิเตอร์ เท่ากับ 0.449 แอมแปร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่ากำลังไฟฟ้าที่อ่านได้จากวัตต์มิเตอร์ เท่ากับ 101.3

และจากวิธีการคำนวณ

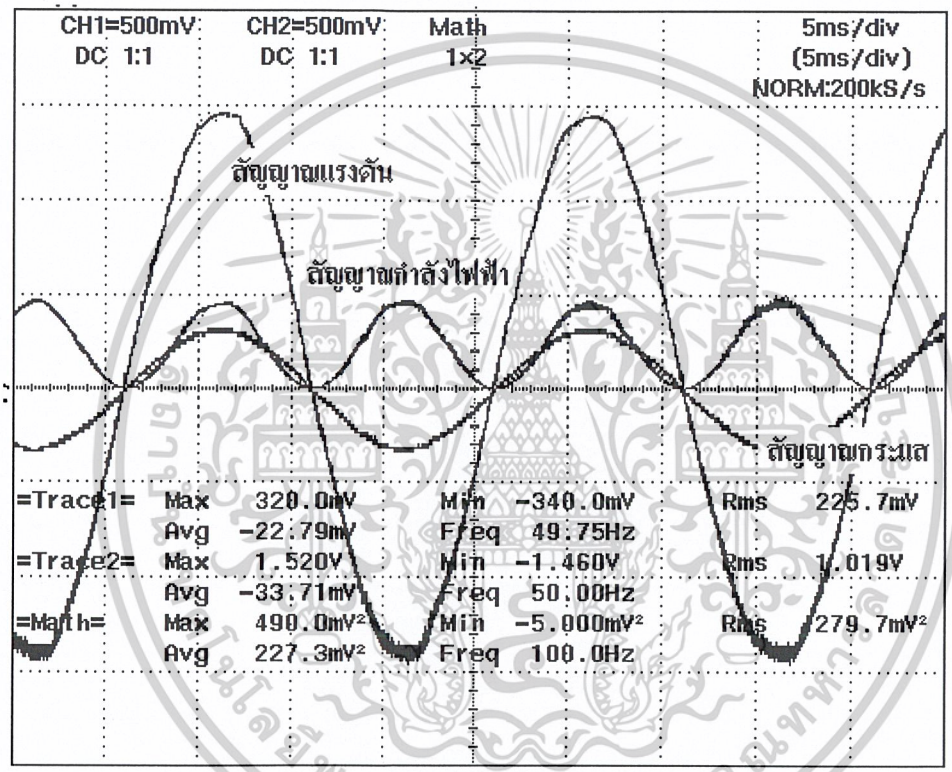
จาก P = VI

แทนค่า

P = 225.7 * 0.449

= 101.3 Watt

การหาค่ากำลังไฟฟ้า ที่ได้จากวงจรคูณ



จากรูป แสดงค่ากระแส ค่าแรงดัน และค่ากำลังไฟฟ้า โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. สัญญาณแรงดัน มีค่า 1.019โวลต์
2. สัญญาณกระแส มีค่า 225.7 แอมแปร์
3. สัญญาณกำลังไฟฟ้า มีค่าเฉลี่ย 0.227 วัตต์

เพราะฉะนั้น กำลังไฟฟ้าที่หาได้จากวงจรคูณมีค่าเท่ากับ

P = 440 x 0.227

= 99.88 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เมื่อโหลดเป็นหลอดไส้ขนาด 100 วัตต์ 5 หลอด (โหลดความต้านทาน)

การหาค่ากำลังไฟฟ้าโดยการคำนวณ

ค่าแรงดันที่ตกคร่อมหลอดไฟ เท่ากับ 224.8 โวลต์

ค่ากระแสที่ไหลผ่านหลอดไฟโดยการวัดค่าจาก แอมมิเตอร์ เท่ากับ 2.21 แอมแปร์

ค่ากำลังไฟฟ้าที่อ่านได้จากวัตต์มิเตอร์ เท่ากับ 496.9 วัตต์

และจากวิธีการคำนวณ

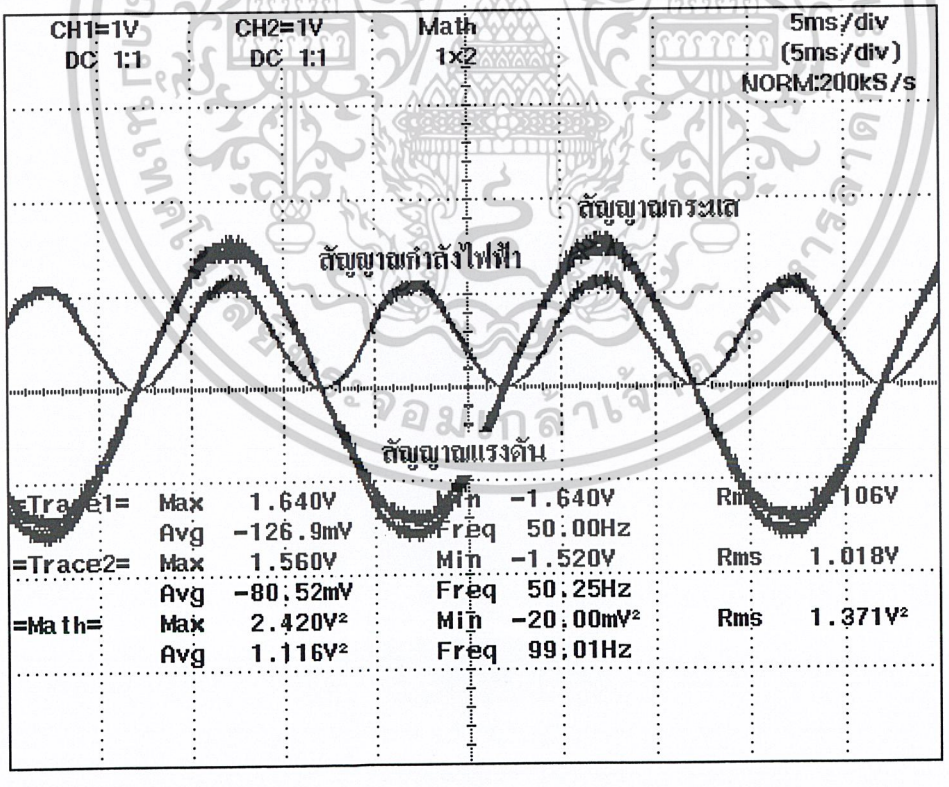
จาก P = VI

แทนค่า

P = 224.8 * 2.21

= 496.80 Watt

การหาค่ากำลังไฟฟ้า ที่ได้จากวงจรคูณ



จากรูป แสดงค่ากระแส ค่าแรงดัน และค่ากำลังไฟฟ้า โดยมีรายละเอียดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. สัญญาณแรงดัน มีค่า 1.018 โวลต์
2. สัญญาณกระแส มีค่า 1.106 แอมแปร์
3. สัญญาณกำลังไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ย 1.126 วัตต์

เพราะฉะนั้น กำลังไฟฟ้าที่หาได้จากวงจรคูณมีค่าเท่ากับ

$$P = 440 \times 1.126$$
$$= 495.44 \text{ วัตต์}$$

3. เมื่อโหลดเป็นหลอดไส้ขนาด 100 วัตต์ 1 หลอด กับ บัลลาสต์ 2 ตัว (โหลดความต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำ)

การหาค่ากำลังไฟฟ้าโดยการคำนวณ

ค่าแรงดันที่ตกคร่อมหลอดไฟ เท่ากับ 224.0 โวลต์

ค่ากระแสที่ไหลผ่านหลอดไฟโดยการวัดค่าจาก แอมมิเตอร์ เท่ากับ 1.280 แอมแปร์

จาก $S = VI$

แทนค่า

$$S = 224.0 * 1.280$$
$$= 286.72 \text{ VA}$$

ค่ากำลังไฟฟ้าจากวัตต์มิเตอร์ เท่ากับ 145.2 วัตต์

ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ เท่ากับ 0.506

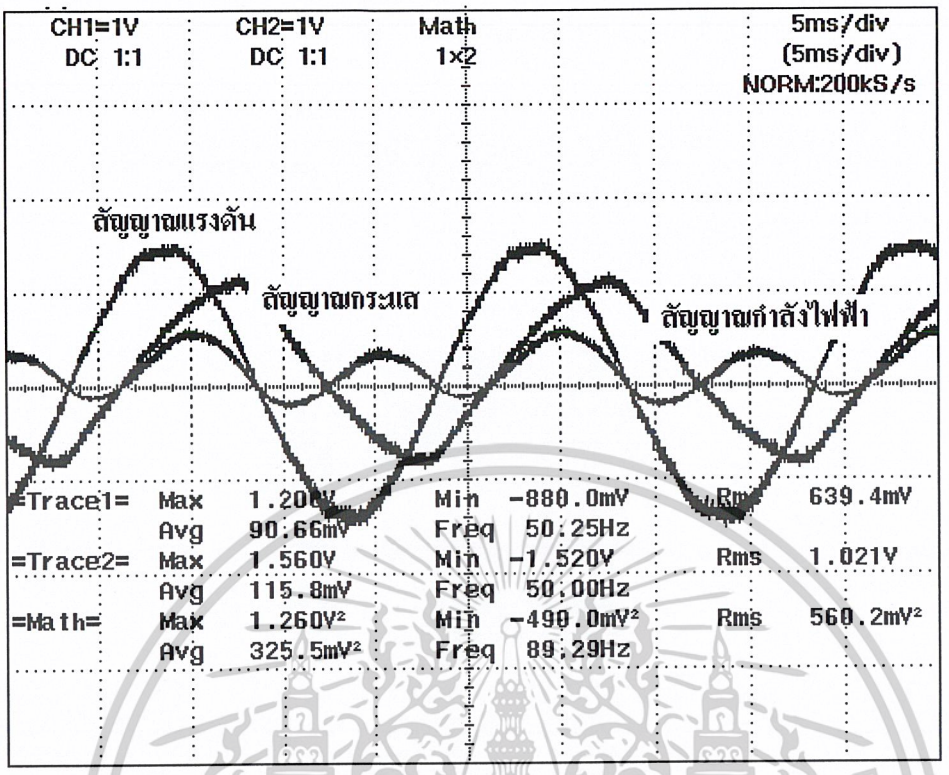
จาก $P = VI \cos \theta$

แทนค่า

$$P = 224.0 * 1.28 * 0.506$$
$$= 145.08 \text{ วัตต์}$$

การหาค่ากำลังไฟฟ้า ที่ได้จากวงจรคูณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จากรูป แสดงค่ากระแส ค่าแรงดัน และค่ากำลังไฟฟ้า โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. สัญญาณแรงดัน มีค่า 1.021 วัตต์
2. สัญญาณกระแส มีค่า 0.639 แอมแปร์
3. สัญญาณกำลังไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ย 0.325 วัตต์

เพราะฉะนั้น กำลังไฟฟ้าที่หาได้จากวงจรคูณมีค่าเท่ากับ

$$P = 440 * 0.325$$
$$= 143.0 \text{ วัตต์}$$

4. เมื่อโหลดเป็นหลอดไส้ขนาด 100 วัตต์ 1 หลอด กับ บัลลาสต์ 2 ตัว (เมื่อโหลดเป็นความต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำ)

การหาค่ากำลังไฟฟ้าโดยการคำนวณ

ค่าแรงดันที่ตกคร่อมหลอดไฟ เท่ากับ 224.3 วัตต์

ค่ากระแสที่ไหลผ่านหลอดไฟโดยการวัดค่าจาก แอมมิเตอร์ เท่ากับ 2.66 แอมแปร์

จาก $S = VI$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่า

$$S = 224.3 * 2.66$$

$$= 596.64 \quad VA$$

ค่ากำลังไฟฟ้าจากวัตต์มิเตอร์ เท่ากับ 544.6 วัตต์

ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ เท่ากับ 0.91

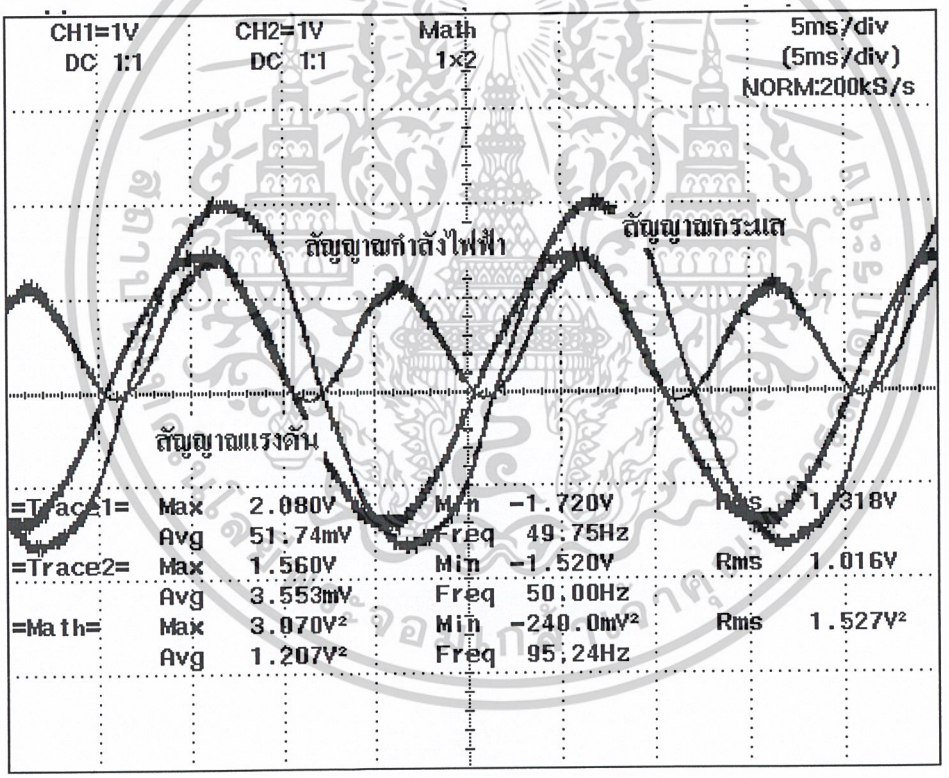
จาก $P = VI \cos \theta$

แทนค่า

$$P = 224.3 * 2.66 * 0.91$$

$$= 542.9 \text{ วัตต์}$$

การหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากวงจรคูณ



จากรูป แสดงค่ากระแส ค่าแรงดัน และค่ากำลังไฟฟ้า โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. สัญญาณแรงดัน มีค่า 1.016 โวลต์
2. สัญญาณกระแส มีค่า 1.318 แอมแปร์
3. สัญญาณกำลังไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ย 1.251 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

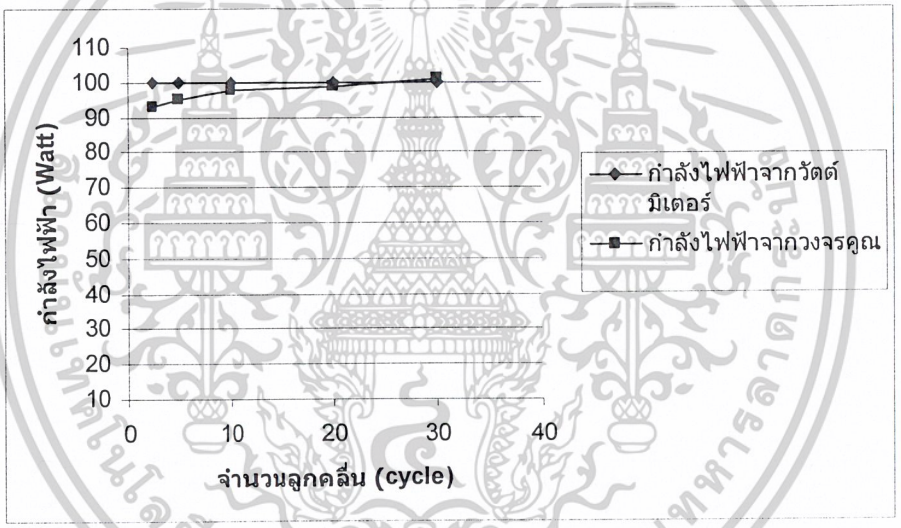
เพราะฉะนั้น กำลังไฟฟ้าที่หาได้จากวงจรคูณมีค่าเท่ากับ

$$P = 440 * 1.251$$
$$= 550.44 \text{ วัตต์}$$

ค่ากำลังไฟฟ้าที่หาได้จากวงจรคูณทั้งหมดนี้ จะเป็นการพิจารณาที่จำนวนรูปคลื่น 2.5 รูปคลื่น ซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนจากการคำนวณจริง จึงได้แสดงการหาค่ากำลังไฟฟ้าโดยพิจารณาจากการใช้อัตราการสุ่มที่ต่างกัน

6.2 การทดลองหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้จำนวนลูกคลื่นต่างกัน

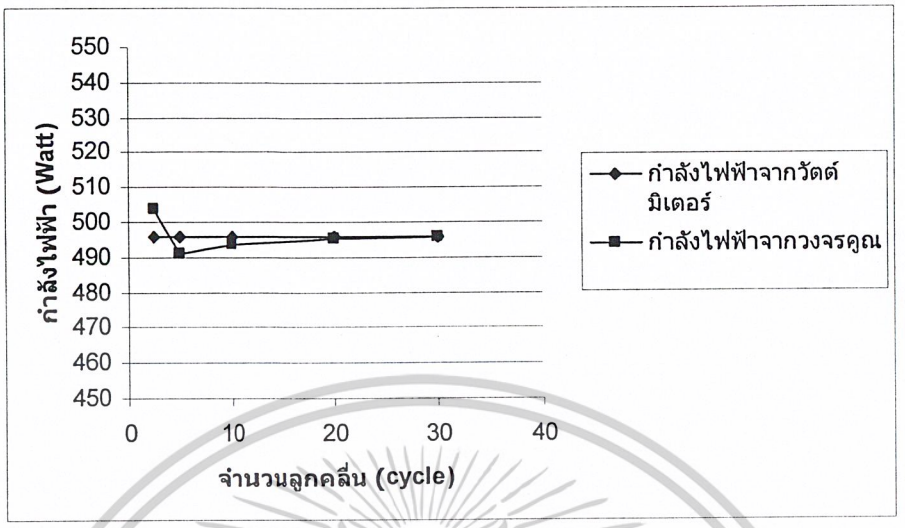
1. โหลดความต้านทาน (หลอดไส้ขนาด 100 วัตต์ 1 หลอด)



รูปที่ 6.1 การเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าของโหลด 100 วัตต์

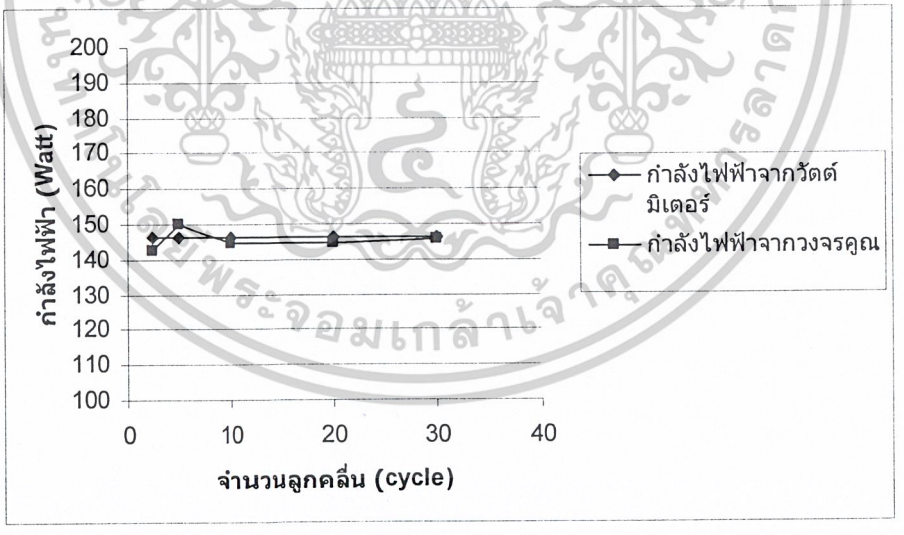
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. โหลดความต้านทาน (หลอดไส้ขนาด 100 วัตต์ 5 หลอด)



รูปที่ 6.2 การเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าของโหลด 500 วัตต์

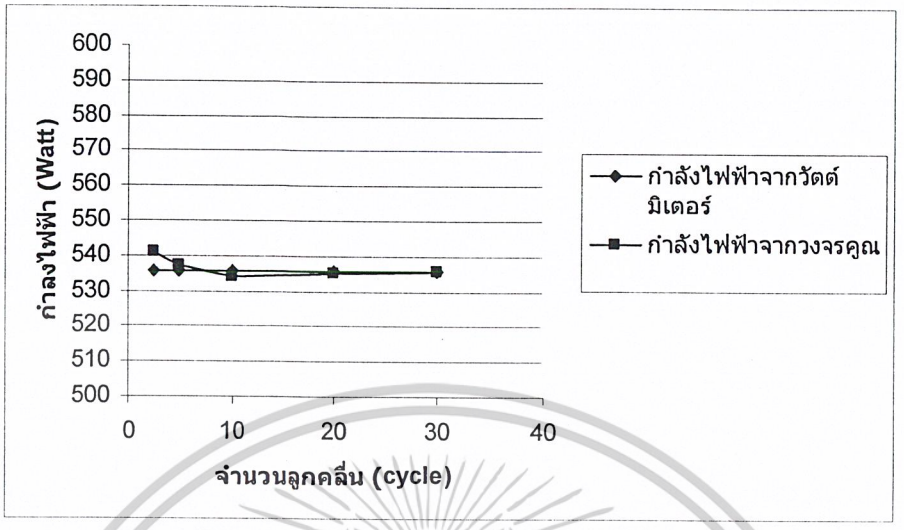
3. โหลดความต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำ(หลอดไส้ขนาด 100 วัตต์ 1 หลอด กับ บัลลาสต์ 2 ตัว)



รูปที่ 6.3 การเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าของโหลด 145.6 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. โหลดความต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำ (หลอดไส้ขนาด 100 วัตต์ 5 หลอด กับ บัลลาสต์ 2 ตัว)



รูปที่ 6.4 การเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าของโหลด 535.2 วัตต์

6.3 การทดลองหากำลังไฟฟ้าจากไมโครคอนโทรลเลอร์ในกรณีใช้อัตราการสุ่มและจำนวนลูกคลื่นต่างกัน

การหาค่ากำลังไฟฟ้าในส่วนนี้ จะเป็นการนำสัญญาณกำลังไฟฟ้าที่ได้มาจากวงจรคูณสัญญาณซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อก มาผ่านวงจรยกระดับแรงดันด้วยแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขึ้นมาอีก 0.5 โวลต์ แล้วส่งเข้ามาแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลด้วยวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล เมื่อได้สัญญาณซึ่งเป็นสัญญาณดิจิตอล แล้วก็จะส่งต่อไปยังส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อคำนวณเป็นค่าเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้าที่ใช้ไป ซึ่งจะแสดงผลออกมาโดยใช้โปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอล (Hyper terminal) เพื่อเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าที่คำนวณได้จากข้อมูลที่เป็นสัญญาณดิจิตอลแต่ละชุด ซึ่งในการคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าโดยการหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลแต่ละชุดนั้นค่าความถูกต้องของการใช้กำลังไฟฟ้านั้นก็จะมีค่าขึ้นอยู่กับอัตราในการสุ่มข้อมูลและจำนวนลูกคลื่นที่นำมาใช้ในการคำนวณ

โดยอัตราในการสุ่มข้อมูล (Sampling Rate) นั้นจะขึ้นอยู่กับค่าเวลาที่ใช้ของชุดคำสั่งในการรวนรับข้อมูลซึ่งเป็นสัญญาณดิจิตอลแต่ละครั้ง ซึ่งถ้าใช้ระยะเวลามากก็จะทำให้อัตราในการสุ่มข้อมูลที่ได้มีค่าต่ำ ซึ่งการหาอัตราการสุ่มข้อมูล สามารถหาได้จากตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่าง

การทำงาน 1 แมชชีนไซเคิล มีความถี่	เท่ากับ 3.072 MHz.
1 แมชชีนไซเคิลใช้เวลา	เท่ากับ 0.325 μS.

- ถ้าโปรแกรมใช้ชุดคำสั่ง 345 แมชชีนไซเคิล จะใช้เวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เท่ากับ 0.112 mS.

1 คาบสัญญาณกำลังไฟฟ้ามีค่า เท่ากับ 10.00 mS.

1 คาบสัญญาณจะสุ่มข้อมูลได้ เท่ากับ 90 ค่า

- ถ้าโปรแกรมใช้ชุดคำสั่ง 595 แมชชีนไซเคิล จะใช้เวลา

เท่ากับ 0.193 mS.

1 คาบสัญญาณกำลังไฟฟ้ามีค่า เท่ากับ 10.00 mS.

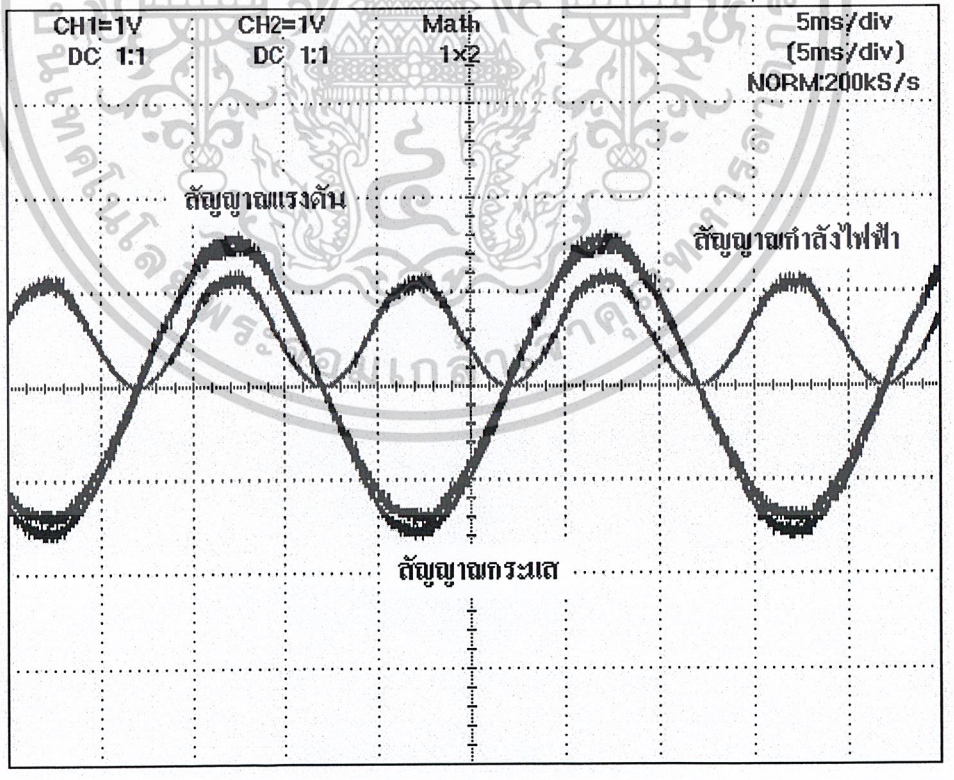
1 คาบสัญญาณจะสุ่มข้อมูลได้ เท่ากับ 50 ค่า

ในส่วนของจำนวนลูกคลื่นถ้าเรากำหนดให้ใช้ค่าอัตราในการสุ่มข้อมูลให้คงที่ค่าหนึ่งๆ (90 ค่า) การใช้จำนวนลูกคลื่นที่แตกต่างกันมาหาค่าเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้าก็จะมีผลต่อความถูกต้องของกำลังไฟฟ้าเช่นกัน

โดยในส่วนนี้จะแสดงการหาค่ากำลังไฟฟ้า โดยใช้โหลดแบบเดียวกับส่วนแรกแต่จะมีการแสดงการเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าในกรณีที่ใช้อัตราการสุ่มและจำนวนลูกคลื่นที่แตกต่างกัน

1. โหลดความต้านทาน (หลอดไส้ขนาด 100 วัตต์ 5 หลอด)

- ค่ากำลังไฟฟ้าจากวัตต์มิเตอร์ เท่ากับ 496.9 วัตต์
- ค่ากำลังไฟฟ้าที่อ่านได้จากออสซิลโลสโคป เท่ากับ 440 * 1.126 = 495.44 วัตต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

• การใช้อัตราการสุ่มที่ต่างกัน (SAMPLING RATE)

ใช้อัตราการสุ่ม 0.55 Hz. ใน 2.5 ลูกคลื่นจะสุ่มข้อมูลได้ 225 ค่า

wattn:488.954	ค่าไฟฟ้าในการหาค่าเฉลี่ยครั้งที่ 1
watto:462.886	ค่าไฟฟ้าในการหาค่าเฉลี่ยครั้งที่ 2
1days:0	
1hours:0	
1mins:0	
1secs:0	
lM:0	
1KWH:0.000	
U:0.000	
Tm 00:00:00:00	เวลาในการใช้โหลด (วินาที)

ใช้อัตราการสุ่ม 1.00 Hz. ใน 2.5 ลูกคลื่นจะสุ่มข้อมูลได้ 125 ค่า

wattn:495.752	ค่าไฟฟ้าในการหาค่าเฉลี่ยครั้งที่ 1
watto:486.204	ค่าไฟฟ้าในการหาค่าเฉลี่ยครั้งที่ 2
2days:0	
2hours:0	
2mins:0	
2secs:17	
2M:17	
2KWH:0.014	
U:0.011	
Tm 00:00:00:17	เวลาในการใช้โหลด (วินาที)

• การใช้จำนวนลูกคลื่นที่ต่างกัน (CYCLE)

ใช้อัตราการสุ่ม 0.55 Hz โดยใช้จำนวนลูกคลื่น 10 ลูกคลื่น

wattn:495.752	ค่าไฟฟ้าในการหาค่าเฉลี่ยครั้งที่ 1
watto:486.204	ค่าไฟฟ้าในการหาค่าเฉลี่ยครั้งที่ 2
2days:0	
2hours:0	
2mins:0	
2secs:17	
2M:17	
2KWH:0.014	
U:0.011	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

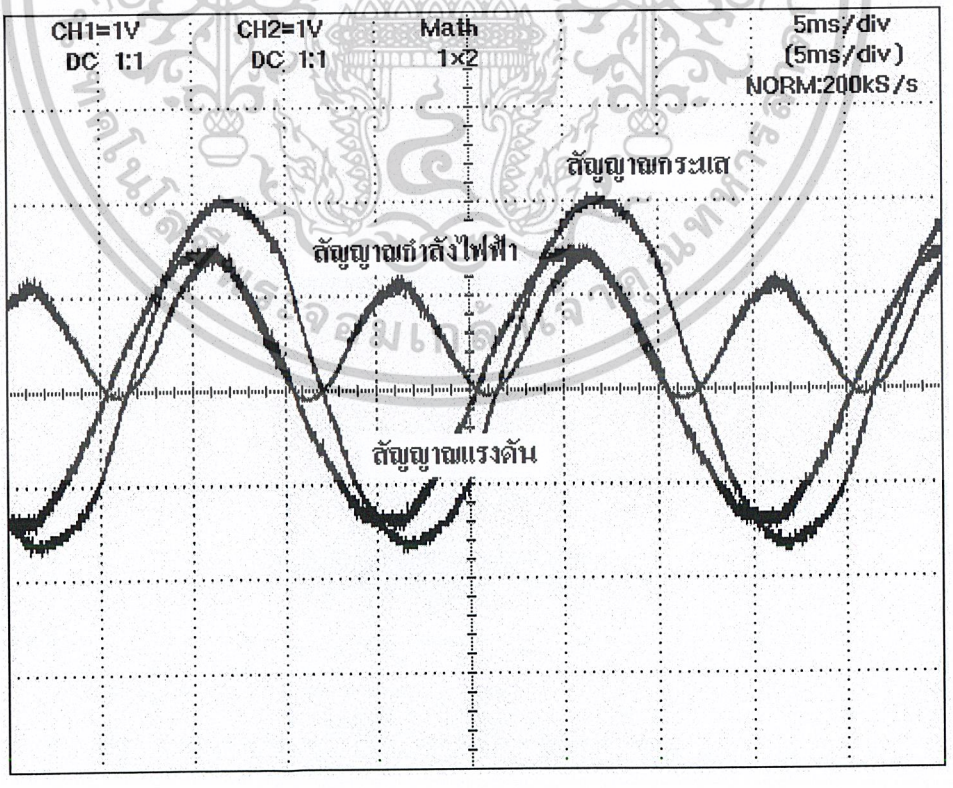
Tm 00:00:00:17	เวลาในการใช้โหลด (วินาที)

ใช้อัตราการสุ่ม 0.55 Hz โดยใช้จำนวนลูกคลื่น 30 ลูกคลื่น

wattn:494.098	ค่าไฟฟ้าในการหาค่าเฉลี่ยครั้งที่ 1
watto:494.072	ค่าไฟฟ้าในการหาค่าเฉลี่ยครั้งที่ 2
2days:0	
2hours:0	
2mins:0	
2secs:45	
2M:45	
2KWH:0.006	
U:0.000	
Tm 00:00:00:45	เวลาในการใช้โหลด (วินาที)

2. หลอดไส้ขนาด 100 วัตต์ 5 หลอด กับ บัลลาสต์ 2 ตัว

- ค่ากำลังไฟฟ้าจากวัตต์มิเตอร์ เท่ากับ 544.6 วัตต์
- ค่ากำลังไฟฟ้าที่อ่านได้จากออสซิลโลสโคป เท่ากับ 440 * 1.251 = 550.44 วัตต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

• การใช้อัตราการสุ่มที่ต่างกัน (SAMPLING RATE)

ใช้อัตราการสุ่ม 0.55 Hz. ใน 2.5 ลูกคลื่นจะสุ่มข้อมูลได้ 225 ค่า

wattn:533.259	ค่าไฟฟ้าในการหาค่าเฉลี่ยครั้งที่ 1
watto:518.841	ค่าไฟฟ้าในการหาค่าเฉลี่ยครั้งที่ 2
2days:0	
2hours:0	
2mins:0	
2secs:2	
2M:2	
2KWH:0.001	
U:0.001	
Tm 00:00:00:02	เวลาในการใช้โหลด (วินาที)

ใช้อัตราการสุ่ม 1.00 Hz. ใน 2.5 ลูกคลื่นจะสุ่มข้อมูลได้ 125 ค่า

wattn:537.213	ค่าไฟฟ้าในการหาค่าเฉลี่ยครั้งที่ 1
watto:594.791	ค่าไฟฟ้าในการหาค่าเฉลี่ยครั้งที่ 2
1days:0	
1hours:0	
1mins:0	
1secs:0	
lM:0	
1KWH:0.000	
U:0.000	
Tm 00:00:00:00	เวลาในการใช้โหลด (วินาที)

• การใช้จำนวนลูกคลื่นที่ต่างกัน (CYCLE)

ใช้อัตราการสุ่ม 0.55 Hz โดยใช้จำนวนลูกคลื่น 10 ลูกคลื่น

wattn:547.487	ค่าไฟฟ้าในการหาค่าเฉลี่ยครั้งที่ 1
watto:549.206	ค่าไฟฟ้าในการหาค่าเฉลี่ยครั้งที่ 2
2days:0	
2hours:0	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2mins:0	
2secs:20	
2M:20	
2KWH:0.032	
U:0.029	
Tm 00:00:00:20	เวลาในการใช้โหลด (วินาที)

ใช้อัตราการสุ่ม 0.55 Hz โดยใช้จำนวนลูกคลื่น 30 ลูกคลื่น

wattn:543.814	ค่าไฟฟ้าในการหาค่าเฉลี่ยครั้งที่ 1
watto:543.581	ค่าไฟฟ้าในการหาค่าเฉลี่ยครั้งที่ 2
2days:0	
2hours:0	
2mins:0	
2secs:37	
2M:37	
2KWH:0.006	
U:0.000	
Tm 00:00:00:37	

6.4 การทดลองเก็บค่ากำลังไฟฟ้าในกรณีต่างๆ จากอุปกรณ์ทดลอง

โดยแบ่งการหาค่าใช้ไฟฟ้าออกเป็น 2 กรณีคือ

1. มีการใช้โหลดที่คงที่ตลอดเวลาที่พิจารณา
2. มีการใช้โหลดไม่คงที่ในช่วงเวลาที่พิจารณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีการใช้โหลดที่คงที่ 100 W 5 หลอด

ค่าที่จากวัตต์มิเตอร์	เวลาที่ใช้ (นาที)	ค่ากำลังไฟฟ้าจากการคำนวณ	ค่ารวมจากการคำนวณ	ค่ากำลังไฟฟ้าจากอุปกรณ์	ค่าไฟฟ้าจากอุปกรณ์
500.7	30	0.250	0.250	0.251	8.76
494.3	60	0.494	0.993	0.994	8.76
492.7	300	2.463	4.113	4.122	8.76
494.4	319	2.628	6.741	6.860	11.47
494.5	451	3.717	11.950	12.071	19.03
495.3	548	4.524	16.474	16.563	25.87
495.0	1001	8.258	24.732	24.878	39.61
496.3	5	0.041	24.773	24.919	39.68
495.1	795	6.560	31.333	31.457	52.26
494.1	411	3.384	34.717	34.863	58.78
486.3	1289	10.447	45.164	45.321	83.12
495.9	600	2.612	50.124	50.274	94.67
495.4	780	6.440	56.564	56.716	109.70
493.8	127	1.045	57.609	57.764	112.14
495.0	193	1.592	59.201	59.359	115.86

ตารางที่ 6.1 ค่ากำลังไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าจากโหลด 500 วัตต์

มีการใช้โหลดไม่คงที่ ใช้เฉพาะโหลดความต้านทาน

ค่าที่อ่านได้จาก วัตต์มิเตอร์	เวลาที่ใช้ (นาที)	ค่าที่คำนวณจากวัตต์มิเตอร์	ค่ารวมการใช้กำลังไฟฟ้า	ค่ากำลังไฟฟ้าจากอุปกรณ์	ค่าไฟฟ้าจากอุปกรณ์
102.30	5	0.008	0.008	0.008	8.768
102.30	22	0.037	0.046	0.043	8.792
303.10	11	0.055	0.101	0.098	8.831
496.10	40	0.330	0.431	0.433	9.062
496.10	84	0.694	1.125	1.142	9.551
398.60	27	0.179	1.304	1.322	9.676
397.30	15	0.099	1.403	1.422	9.745

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าที่อ่านได้จาก วัตต์มิเตอร์	เวลาที่ใช้ (นาที)	ค่าที่คำนวณจากวัตต์มิเตอร์	ค่ารวมการใช้กำลังไฟฟ้า	ค่ากำลังไฟฟ้าจากอุปกรณ์	ค่าไฟฟ้าจากอุปกรณ์
397.80	105	0.696	2.099	2.122	10.228
200.60	280	0.936	3.035	3.033	10.857
498.10	310	2.574	5.609	5.639	13.584
299.80	100	0.499	6.180	6.138	14.654
399.20	1470	9.780	15.888	15.981	35.943
496.40	429	3.549	19.437	19.590	44.399
202.10	1000	3.368	22.805	22.876	52.098
498.70	1455	12.093	34.898	35.196	83.796

ตารางที่ 6.2 ค่ากำลังไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าจากโหลด ความต้านทาน

มีการใช้โหลดไม่คงที่ ใช้โหลดความต้านทานกับโหลดตัวเหนี่ยวนำนำ ในเวลา 3 วัน

ค่าที่อ่านได้จากวัตต์มิเตอร์	เวลาที่ใช้ (นาที)	ค่าที่คำนวณจากวัตต์มิเตอร์	ค่ารวมการใช้กำลังไฟฟ้า	ค่ากำลังไฟฟ้าจากอุปกรณ์	ค่าไฟฟ้าจากอุปกรณ์
143.7	110	0.263	0.263	0.261	8.943
244.7	40	0.163	0.426	0.425	9.057
541.9	100	0.903	1.329	1.348	9.634
496.8	300	2.484	3.813	3.780	11.435
120.2	200	0.401	4.214	4.245	11.694
101.1	300	0.506	4.720	4.707	12.013
415.9	450	3.119	7.839	7.824	18.267
341.9	250	1.425	9.264	9.253	21.329
492.5	1000	8.208	17.472	17.569	39.664
511.9	1250	10.665	28.137	28.362	65.859
395.1	95	0.626	28.763	28.988	67.495
219.4	400	1.463	30.226	30.421	71.239
0	300	0	30.226	30.421	71.239
118.3	200	0.394	30.620	30.785	72.190
596.5	1170	11.632	42.252	42.644	106.311

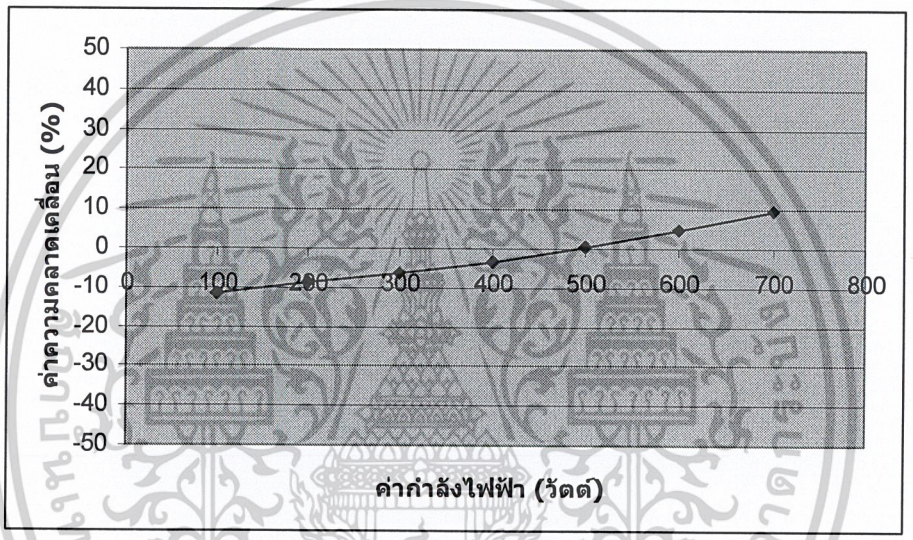
ตารางที่ 6.3 ค่ากำลังไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าจากโหลด ความต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.5 การทดลองโดยการเปรียบเทียบกับเครื่องวัดกิโลวัตต์เอาว์มิเตอร์แบบเหนี่ยวนำ

ในกรณีนี้ จะเป็นการทดลองหาค่าไฟฟ้าของอุปกรณ์ทดลองแล้วนำมาเปรียบเทียบกับค่าไฟฟ้าจากเครื่องวัดกิโลวัตต์เอาว์มิเตอร์ โดยจะทำการทดลองโดยใช้หลอดไฟแบบเผาไส้กับบัลลาสต์เท่านั้น โดยจะทดลองโดยการใช้โหลดที่มีขนาดเท่ากันและเป็นเวลานานเท่ากันซึ่งจะทำการเก็บผลแล้วนำค่ามาเปรียบเทียบกัน

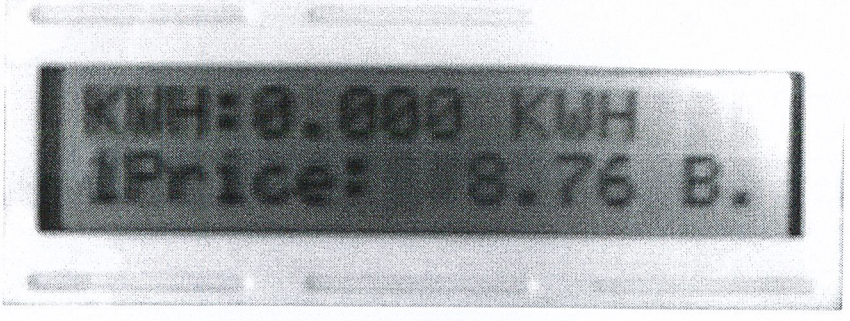
โดยในการหาค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยจากวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อก เป็นสัญญาณดิจิตอล ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้นั้น ถ้าไม่มีการปรับตั้งวงจร จะทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าที่หาได้มีความคลาดเคลื่อนไปจาก ค่าที่อ่านได้จากวัตต์มิเตอร์มากพอสมควร โดยจะแสดงให้เห็นจากกราฟด้านล่าง



รูปที่ 6.5 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของกำลังไฟฟ้าที่ได้จากวงจรแปลงสัญญาณ

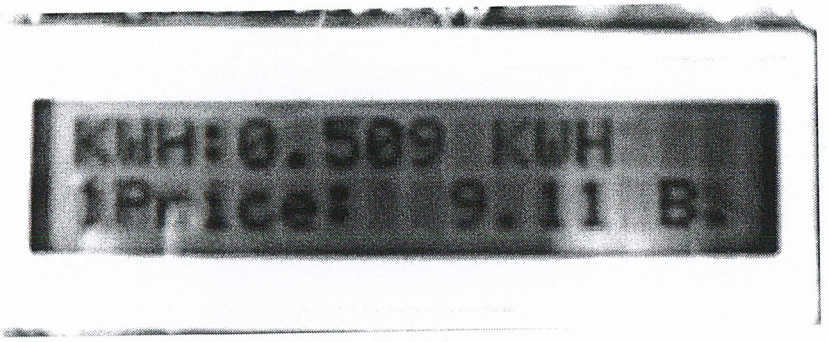
ค่ากำลังไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าจากอุปกรณ์ทดลอง

ค่ากำลังไฟฟ้าที่อ่านขณะเริ่มต้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่ากำลังไฟฟ้าที่อ่านได้เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง (โหลด 500 วัตต์)



ค่ากำลังไฟฟ้าที่อ่านได้เมื่อเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที (โหลด 700 วัตต์)

ค่ากำลังไฟฟ้าที่อ่านได้เมื่อเวลา 2 ชั่วโมง (โหลด 300 วัตต์)

ค่ากำลังไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าจากวัตต์มิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

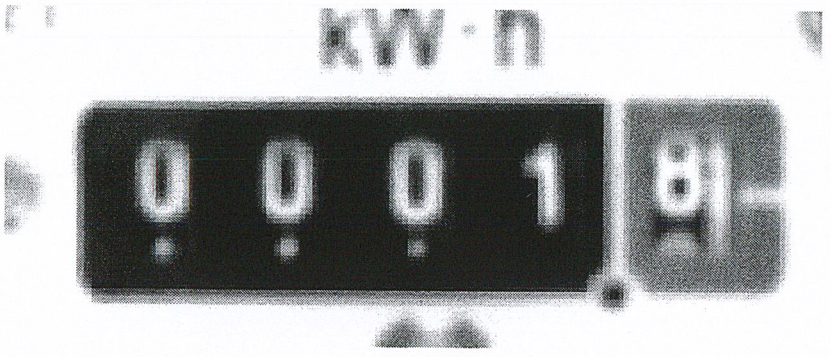
ค่ากำลังไฟฟ้าที่อ่านขณะเริ่มต้น

ค่ากำลังไฟฟ้าที่อ่านได้เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง

ค่ากำลังไฟฟ้าที่อ่านได้เมื่อเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที

ค่ากำลังไฟฟ้าที่อ่านได้เมื่อเวลา 2 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

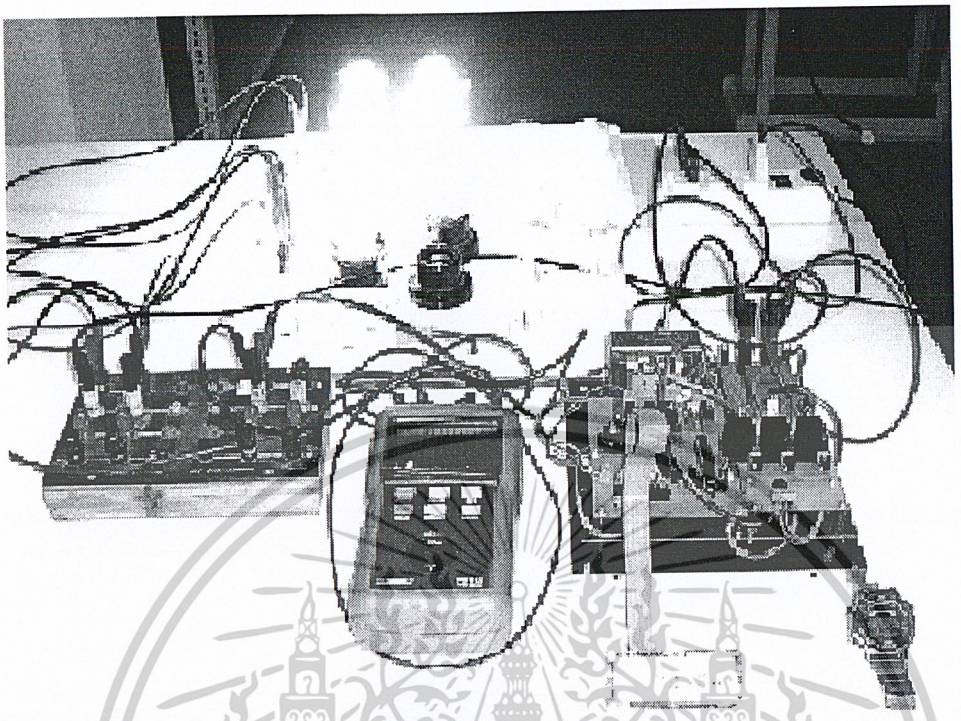


ตารางเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าและค่าไฟฟ้า

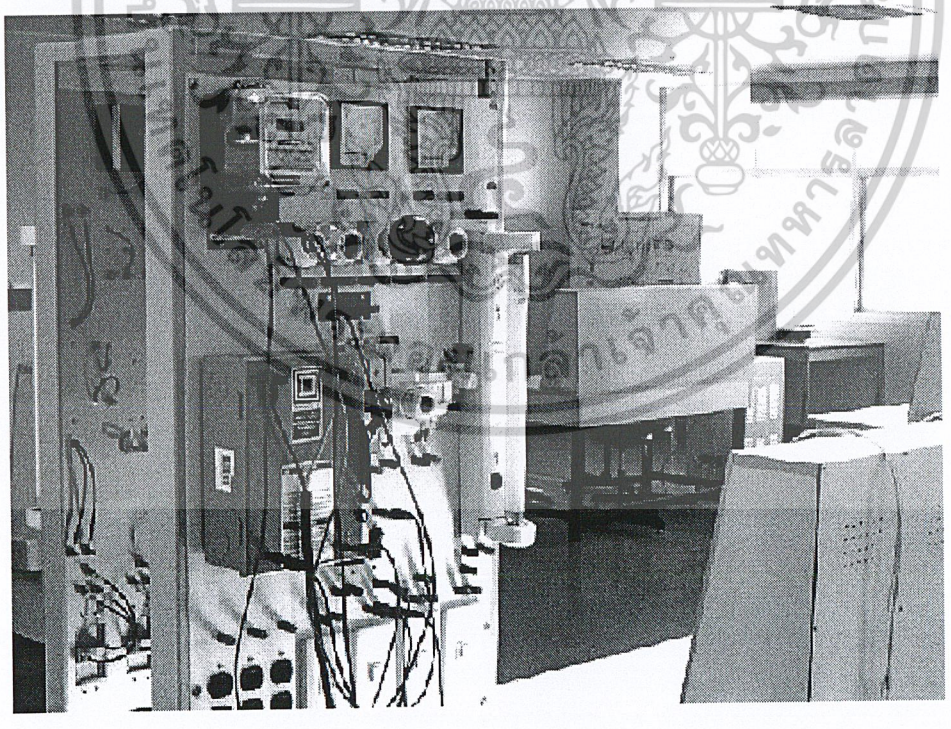
เวลา	กำลังไฟฟ้า(kWh)		ค่าไฟฟ้า(บาท)	
	อุปกรณ์	มิเตอร์	อุปกรณ์	มิเตอร์
60 นาที	0.509	0.530	9.11	9.10
90 นาที	0.873	0.910	9.37	9.35
120 นาที	1.025	1.100	9.47	9.47
150 นาที	1.409	1.480	9.74	9.785
180 นาที	1.589	1.670	9.86	9.916
210 นาที	1.771	1.860	9.99	10.047
240 นาที	2.130	2.220	10.23	10.295
270 นาที	2.386	2.480	10.41	10.475
300 นาที	2.616	2.720	10.57	10.641

ตารางที่ 6.4 แสดงการเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าจากชุดทดลองกับกิโลวัตต์มิเตอร์แบบเหนี่ยวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

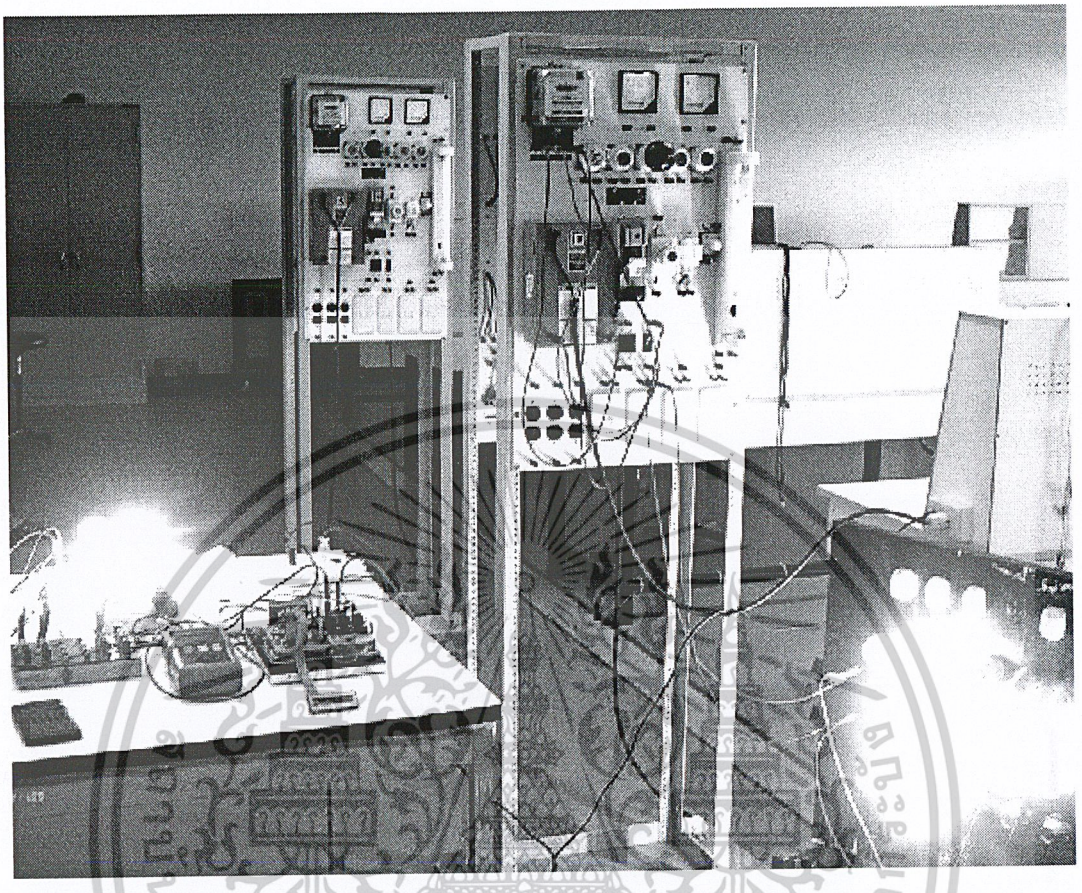


รูปที่ 6.6 แสดงการเก็บค่ากำลังไฟฟ้าจากอุปกรณ์ทดลอง



รูปที่ 6.7 แสดงการเก็บค่ากำลังไฟฟ้าจากกิโลวัตต์มิเตอร์แบบเหนี่ยวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.8 แสดงการหาค่ากำลังไฟฟ้าเปรียบเทียบกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

7.1 การหาค่ากำลังไฟฟ้าจากวงจรคูณสัญญาณ

กำลังไฟฟ้าที่ได้จากวงจรคูณสัญญาณ จะเป็นการนำสัญญาณอนาล็อกของแรงดันกับกระแสมาคูณกัน ซึ่งค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้ออกมาจากวงจรคูณนั้น จะเกิดความคลาดเคลื่อนขึ้นเพียงเล็กน้อย ไม่ว่าจะเป็นในกรณีของโหลดความต้านทาน หรือโหลดความต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำ โดยความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นนี้ น่าจะมีผลมาจากตัวความต้านทานปรับค่าได้ที่ใช้ในการปรับขนาดแอมปลิจูด ของทั้งสัญญาณกระแสและแรงดัน เพราะการปรับค่าความต้านทานนี้ จะใช้วิธีหมุนเพื่อปรับจำนวนรอบ แล้วค่าความต้านทานที่ได้ก็จะเปลี่ยนไป โดยในส่วนของสัญญาณกระแสจะมีผลต่อค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากวงจรคูณมากกว่าสัญญาณแรงดัน เนื่องจากในส่วนของสัญญาณกระแส จะมีส่วนที่ใช้ปรับค่าในการยกระดับสัญญาณด้วยแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งถ้าการปรับค่าของส่วนนี้ ไม่ทำให้สัญญาณกระแสอยู่ที่ระดับศูนย์ (ไม่มีการยกระดับแรงดัน) หรือเกิดจากการทำให้ความต้านทานปรับค่าได้ มีค่าความต้านทานเปลี่ยนไปจากที่ตั้งค่าไว้ ก็จะมีผลทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าที่หาได้เกิดความคลาดเคลื่อนไปได้

ในส่วนของวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลที่เลือกใช้ จะสามารถแปลงสัญญาณที่อยู่ในช่วง 0 โวลต์ ถึง +5 โวลต์ได้เท่านั้น จึงจำเป็นที่จะต้องยกระดับสัญญาณกำลังไฟฟ้าที่ได้จากวงจรคูณสัญญาณขึ้นไป โดยใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเช่นเดียวกับสัญญาณกระแส และปัญหาที่พบเพิ่มเติมในส่วนนี้คือ ในการยกระดับสัญญาณกำลังไฟฟ้าขึ้นไปนั้น จะทำการตั้งค่าของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้ยกระดับสัญญาณไว้ที่ 0.5 โวลต์ ซึ่งถ้าในกรณีโหลดที่ใช้เป็นโหลดความต้านทาน ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้ ก็จะเกิดความคลาดเคลื่อนเพิ่มจากในตอนที่ยังไม่ยกระดับแรงดันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่ในกรณีที่โหลดใช้เป็นโหลดความต้านทานกับตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งถ้าในตอนที่ยังไม่ยกระดับแรงดันขึ้นมา จะมีส่วนของค่ากำลังไฟฟ้าเสมือน (VAR) ที่อยู่ใต้แกนศูนย์มาหักลบ ทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าจริง (Watt) มีค่าลดลง แลเมื่อทำการยกระดับสัญญาณกำลังไฟฟ้าขึ้นมาแล้ว ค่ากำลังไฟฟ้าเสมือนที่เกิดขึ้น ก็จะมีผลทำให้ค่าของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้ยกระดับสัญญาณกำลังไฟฟ้าขึ้นไปนั้น มีค่าเปลี่ยนไปคือ ไม่เท่ากับ 0.5 โวลต์ และจากการทดลองพบว่า การปรับขนาดตัวเก็บประจุนี้ จะมีผลทำให้ค่าระดับสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้ในการยกระดับสัญญาณกำลังไฟฟ้ามีค่าคงที่มากขึ้น (0.5 โวลต์) โดยการทดลองพบว่าค่าของตัวเก็บประจุที่ทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าที่หาได้ เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด คือ 0.002 ไมโครฟารัด

จากปัญหาในส่วนของวงจรยกระดับสัญญาณกำลังไฟฟ้าด้วยแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อที่จะส่งต่อไปให้วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลที่พบ อาจจะแก้ไขได้อีกวิธีหนึ่งคือ ใช้วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล ที่สามารถแปลงสัญญาณได้ทั้งซีกบวกและซีกลบ โดยจะทำการแปลงสัญญาณทั้ง 2 ซีก และนำค่าที่ได้มาหักล้างกัน แต่เนื่องจาก 1 เฟส ดิจิตอล กิโลวัตต์เอาว์มิเตอร์ ที่ออกแบบสร้างขึ้นมานี้ จำเป็นที่จะต้องใช้วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลที่ส่งข้อมูลแบบขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อความรวดเร็วในการสุ่มสัญญาณ และวงจรที่ใช้แปลงสัญญาณแล้วส่งข้อมูลไปขนานมีราคาสูง จึงจำเป็นที่จะต้องใช้วงจรลดระดับแรงดัน

7.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์และโปรแกรมประมวลผล

สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เลือกใช้ในช่วงแรก ได้ศึกษาการทำงานเพียงคร่าวๆ ว่าเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลในตัว มีความถี่ของสัญญาณนาฬิกา ซึ่งกำหนดจากคริสตอลความถี่ 18.432 MHz สามารถทำงานได้ 2 โหมด คือโหมดปกติ และโหมดทำงานเร็วขึ้น 2 เท่า มีการต่อวงจรโปรแกรมข้อมูลไม่ยุ่งยากนัก มีหน่วยความจำภายในที่มากพอสมควร แต่เมื่อนำมาต่อใช้งานพบว่ามีปัญหาเกิดขึ้นหลายอย่างคือ

1.ในส่วนของวงจรแปลงสัญญารอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล ซึ่งสามารถแปลงสัญญาณได้ทั้งซีกบวกและลบ แต่พบว่ามีช่วงของสัญญาณอินพุท (Analog) ที่แคบเกินไป และมีเวลาในการทำงานที่ช้ามาก จึงจำเป็นที่จะต้องต่อวงจรแปลงสัญญาณจากภายนอก (ADC 0820) เพิ่มเข้าไป

2. ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่ได้จากคริสตอล 18.432 MHz ถึงแม้จะกำหนดโหมดให้ทำงานเร็วขึ้น 2 เท่า ก็ยังมีความเร็วไม่เพียงพอ ทำให้ค่าการสุ่มสัญญาณ (Sampling Rate) จากวงจรแปลงสัญญาณมีค่าน้อย และยังใช้เวลาในการประมวลผลโปรแกรมทั้งหมดนาน

3. หน่วยความจำภายในมีน้อยเกินไป ทำให้ไม่สามารถเขียนโปรแกรมบางส่วนเพิ่มเติมเข้าไปได้อีก ซึ่งทำให้ต้องลดขอบเขตของโครงงานลงมา คือ แสดงค่าได้เพียง กำลังไฟฟ้าที่ใช้ไป จำนวนเงิน และระยะเวลาที่ใช้

ในส่วนของโปรแกรมที่ใช้เพื่อการคำนวณและประมวลผลนั้น ใช้ภาษาซีสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์เขียน แล้วจึงทำการแปลงเป็นแอสแซมบลี เพื่อโปรแกรมลงบนไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในส่วนของโปรแกรมสำหรับคำนวณและประมวลผลนี้ เป็นส่วนที่ใช้งานได้ดีอยู่แล้วคือ สามารถที่จะนำข้อมูลที่เป็นสัญญาณดิจิตอลมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยลบค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้ยกระดับสัญญาณกำลังไฟฟ้า แล้วนำมาคูณค่าคงที่กลับเป็นค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้จริงได้ค่อนข้างที่จะถูกต้อง ตรงกับค่าที่อ่านได้จากออสซิโลสโคป โดยในส่วนของโปรแกรมนี้จะมีส่วนในการเขียนโปรแกรมเพื่อติดต่อกับชิพ DS 1307 ซึ่งเป็นชิพที่ใช้ในการนับเวลาสำหรับการใช้โหลด ซึ่งสามารถตั้งค่าเวลาเป็นค่าต่างๆ ได้เพื่อการทดสอบ แต่ในส่วนของการนำค่าปริมาณการใช้กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์เอาว์) มาคำนวณเป็นค่าไฟฟ้านั้น จะมีปัญหาอยู่บ้างเล็กน้อย เพราะในการคำนวณหาค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้านั้น จะมีสมการที่ใช้ในการคำนวณที่คงที่อยู่ในแต่ละช่วงของกำลังไฟฟ้าที่ใช้ไป แต่อีกส่วนหนึ่งจะเป็นค่าการปรับปรุงต้นทุนการผลิต (ค่า Ft) ซึ่งการไฟฟ้าจะทำการเปลี่ยน แปลงทุกๆ 3-4 เดือน ซึ่งถ้าเราต้องการจะคำนวณหาค่าไฟฟ้าให้ได้ตรงกับการไฟฟ้า จะต้อง มีการแก้ไขโปรแกรมในส่วนนี้ให้ตรงกับการไฟฟ้าตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.3 การทำงานของ 1 เฟส ดิจิตอล กิโลวัตต์เอาว์มิเตอร์

กิโลวัตต์เอาว์มิเตอร์ที่ได้ออกแบบและทำการสร้างขึ้นมานั้น สามารถที่จะแสดงค่าออกมาทางจอแสดงผล (LCD) ได้ 2 ค่า คือ ค่าปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ใช้ไป และค่าไฟฟ้าในรูปของจำนวนเงิน โดยจากการทดลองเก็บค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ไปจากโหลดต่างๆ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับกิโลวัตต์เอาว์มิเตอร์แบบเหนี่ยวนำ พบว่าค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ไปยังมีความคลาดเคลื่อนจากค่าที่ได้จากกิโลวัตต์เอาว์มิเตอร์แบบเหนี่ยวนำอยู่บ้าง ก็เนื่องมาจากสาเหตุต่างๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วใน 2 หัวข้อแรก แต่สำหรับการนำกิโลวัตต์เอาว์มิเตอร์ที่ออกแบบ และสร้างขึ้นมาใช้งานยังพบปัญหาในส่วนอื่นๆอีก คือ

1.การต่อใช้งานที่ค่อนข้างยุ่งยาก เพราะในส่วนของสัญญาณกระแสจะต้องต่ออนุกรมกับสายที่มีไฟส่วนสัญญาณแรงดันจะต้องต่อขนาน

2. อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของอุปกรณ์ทำให้ไม่สามารถที่จะใช้งานนานๆได้

3.ถ้าต้องการที่จะเปลี่ยนโปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ จำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์สายติดต่อ และ มีโปรแกรมที่ใช้สำหรับโปรแกรมข้อมูลลงบนไมโครคอนโทรลเลอร์

4.ในการแสดงผล ไม่สามารถแสดงผลได้ตลอดเวลา (Real Time) ได้ เนื่องจากใช้เวลาในการคำนวณ และประมวลผลค่อนข้างนาน

5.ค่าไฟฟ้าที่คำนวณได้ จะไม่เท่ากับการไฟฟ้า เพราะผลมาจากค่ากำลังไฟฟ้าที่หาได้เกิดความคลาดเคลื่อน

6. มีขีดจำกัดของขนาดของโหลด เพราะถ้าโหลดมีขนาดมาไป กำลังไฟฟ้าที่หาได้จะผิดพลาด

7.ขณะไม่มีไฟเลี้ยงจ่ายในส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์จะไม่สามารถเก็บข้อมูลเดิมไว้ได้

แต่ในภาพรวมแล้ว กิโลวัตต์เอาว์มิเตอร์ ที่สร้างขึ้นมา ก็ถือว่าเป็นที่น่าพอใจในระดับหนึ่ง คือ ถ้าได้รับการปรับปรุง หรือแก้ไขในส่วนต่างๆได้ ก็จะทำให้ได้อุปกรณ์ที่สมบูรณ์ขึ้น

7.4 แนวทางแก้ไขและพัฒนา

จากปัญหาในส่วนต่างๆที่พบ ถ้ามีการปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้น ก็จะทำให้ได้ค่าปริมาณการใช้กำลังไฟฟ้า และค่าไฟฟ้าที่ถูกต้องมากขึ้น โดยการปรับปรุงแก้ไขนั้นสามารถแยกออกเป็นส่วนๆได้ดังนี้

1.ในส่วนของวงจรคูณสัญญาณ อาจจะมีการปรับเปลี่ยนจากตัวต้านทานปรับค่าได้ มาเป็นการคำนวณแล้วเลือกขนาดที่เหมาะสม เพื่อให้วงจรมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2.ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ ควรใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่มีขนาดความถี่ของสัญญาณนาฬิกาสูงกว่า 18.432 MHz เพื่อ ทำให้อัตราในการสุ่มสัญญาณมีค่าสูงขึ้น และระยะเวลาในการประมวลผลลดลง

3.ในส่วนของโปรแกรม อาจจะมีการปรับปรุงโปรแกรมให้สั้นที่สุด เพื่อลดระยะเวลาในการประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.ในส่วนของวงจรแปลงสัญญาณ อาจมีการปรับเปลี่ยนมาใช้วงจรแปลงสัญญาณที่สามารถแปลงสัญญาณได้ทั้ง ซีกบวก และซีกลบ เพื่อที่จะทำให้ไม่มีผลความคลาดเคลื่อนจากการยกระดับสัญญาณกำลังไฟฟ้า

สำหรับการพัฒนาอาจจะมีการปรับปรุงเลี่ยนแปลงมาเป็นใช้วิธี แปลงสัญญาณแรงดัน และสัญญาณกระแสมาเป็นสัญญาณดิจิตอลทั้งคู่ แล้วจึงนำมาคูณกัน โดยการเขียนโปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการคูณสัญญาณอนาล็อกจากวงจรคูณ แล้วจึงนำมาคำนวณและแสดงผลต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] เฉลิมผล ทัพซ้าย. **การเขียนโปรแกรมภาษาซี.** กลุ่มวิชาการไทยทำ บริษัท 3495 บุ๊คเซ็นเตอร์ จำกัด กรุงเทพฯ

[2] มนต์ชัย เทียนทอง. **การเขียนโปรแกรมภาษาซี.** โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ ,2535

[3] จิระศักดิ์ ชาญวุฒิธรรม. **วิทยานิพนธ์ เรื่อง การสุ่มสัญญาณแบบสม่ำเสมอเพื่อใช้กับระบบ** เครื่องมือวัด. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ,2538

[4] ศูนย์ฝึกอบรม.มิเตอร์ และซีที พีที. ฝ่ายวิศวกรรม การไฟฟ้าสาวนภูมิภาค. กรุงเทพฯ

[5] ไมตรี นิ่มสุข. ปริญญานิพนธ์ เรื่อง กิโลวัตต์ฮาวเออร์มิเตอร์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง กรุงเทพฯ,2540

[6] ผศ.สุจินต์ วัฒนพิทักษ์พงศ์. Electric Circuit Analysis (Volume 1). สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ.

[7] Joseph A. Edminister, M.S.E. THEORY AND PROBLEMS of ELECTRIC CIRCUITS (Second Edition). McGraw-Hill Book Company Singapore.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมในการประมวลผลและคำนวณค่ากำลังไฟฟ้า

```
#include <T89C51AC2.h>
#include <stdio.h>
#include <ds1307.h>
#include <printf.h>

#define Vst 0.01953125
sbit mode = P2^6;
sbit RD_ADC = P1^0;

unsigned char read_adc(void){
 unsigned char ADC;
 RD_ADC = 0;
 delay(2);
 RD_ADC = 1;
 delay(8);
 ADC =  P0;
return ADC;
}



 main(){
int x,in;
long M=0;
 float d=0,B;
 float watt=0,watto=0,wattn=0,KWH=0,kwh=0,U;
 bit m;
long int dates,hours,mins,secs;
 CKCON = CKCON & 0x01;


  serial_init();
  lcd_init();
  rtc_init();
  line1();
    printf(">-<WATT METER>-<\n\r");
  line2();
    printf("   .BY KMITL.   \n\r");
  delay(10000);
  cls();
write_rtc();
while(1){
  m = mode;
 if(!m){
   read_rtc();
   line1();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  printf("Tm %02bX:%02bX:%02bX-
%s",RTC.hour,RTC.min,RTC.sec,day[RTC.day]);
  line2();
  printf("Da %02bX-%s-20%02bX",RTC.date,month[RTC.month],RTC.year);
 }
 else{
target = SERIAL;
delay(50000);
delay(50000);
delay(50000);
delay(50000);
delay(50000);
delay(50000);
printf("\f");

 watto = wattn;
  d = 0;
 for(x=0;x<3000;x++){
  in = read_adc();
  d = d + in;
}
 d = d/3000;
  wattn =(d * Vst) - 0.43;
  wattn = wattn * 440;

        printf("wattn:%5.3f\n\r",wattn);

        printf("watto:%5.3f\n\r",watto);

if((watto-20) > wattn || (watto+20) < wattn || ((wattn>-0) &&(wattn<10))){

  write_rtc();
  read_rtc();

  dates = RTC.date & 0x30; dates >>= 4;
  dates = (dates*10) + (RTC.date & 0x0F);

  hours = (RTC.hour & 0x30); hours >>= 4;
  hours = (hours*10)+(RTC.hour & 0x0F);

  mins = (RTC.min & 0x70);mins >>= 4;
  mins = (mins*10) +(RTC.min & 0x0F);

  secs = (RTC.sec & 0x70);secs >>= 4;
  secs = (secs*10) +(RTC.sec & 0x0F);

  M = (dates * 86400)+(hours * 3600)+(mins * 60)+secs;


        printf("1days:%d\n\r",dates);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        printf("1hours:%d\n\r",hours);

        printf("1mins:%d\n\r",mins);

        printf("1secs:%d\n\r",secs);

        printf("lM:%ld\n\r",M);

 kwh = (wattn * M)/3600000;
 KWH = KWH + kwh;
 U = KWH;

        printf("1KWH:%5.3f\n\r",KWH);

        printf("U:%5.3f\n\r",U);
} else{

 read_rtc();


 dates = RTC.date & 0x30; dates >>= 4;
 dates = (dates*10) + (RTC.date & 0x0F);

 hours = (RTC.hour & 0x30); hours >>= 4;
 hours = (hours*10)+(RTC.hour & 0x0F);

 mins = (RTC.min & 0x70);mins >>= 4;
 mins = (mins*10) +(RTC.min & 0x0F);

 secs = (RTC.sec & 0x70);secs >>= 4;
 secs = (secs*10) +(RTC.sec & 0x0F);

 M = (dates * 86400)+(hours * 3600)+(mins * 60)+secs;

        printf("2days:%d\n\r",dates);

        printf("2hours:%d\n\r",hours);

        printf("2mins:%d\n\r",mins);


        printf("2secs:%d\n\r",secs);

        printf("2M:%ld\n\r",M);
 KWH = (wattn * M)/3600000;
 KWH = KWH + U;
                                printf("2KWH:%5.3f\n\r",KWH);

        printf("U:%5.3f\n\r",U);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}

  printf("Tm
%02bX:%02bX:%02bX:%02bX\n\r",RTC.date,RTC.hour,RTC.min,RTC.sec);
target = LCD;
 line1();
 printf("KWH:%5.3f KWH  ",KWH);


 line2();
if((KWH >= 0) && (KWH <= 5)){
  B = (8.19 + (KWH * 0.6452)) * 1.07;
  printf("1Price: %5.2f B.\n\r  ",B);
}else if((KWH > 5) && (KWH <= 15)){
  B = (1.402 + (1.3576 * KWH) + (KWH * 0.6452)) * 1.07;
  printf("2Price: %5.2f B.\n\r  ",B);
}else if((KWH > 15) && (KWH <= 25)){
  B = (-1.4015 + (1.5445 * KWH) + (KWH * 0.6452)) * 1.07;
  printf("3Price: %5.2f B.\n\r  ",B);
}else if((KWH > 25) && (KWH <= 35)){
  B = (-7.709 + (1.7968 * KWH) + (KWH * 0.6452)) * 1.07;
  printf("4Price: %5.2f B.\n\r  ",B);
}else if((KWH > 35) && (KWH <= 100)){
  B = (-21.121 + (2.1800 * KWH) + (KWH * 0.6452)) * 1.07;
  printf("5Price: %5.2f B.\n\r  ",B);
}else if((KWH > 100) && (KWH <= 150)){
  B = (-30.461 + (2.2734 * KWH) + (KWH * 0.6452)) * 1.07;
  printf("6Price: %5.2f B.\n\r  ",B);
}else if((KWH > 150) && (KWH <= 400)){
  B = (-106.166 + (2.7781 * KWH) + (KWH * 0.6452)) * 1.07;
  printf("7Price: %5.2f B.\n\r  ",B);
}else if(KWH > 400){
  B = (-186.126 + (2.9780 * KWH) + (KWH * 0.6452)) * 1.07;
  printf("8Price: %5.2f B.\n\r  ",B);
}


  }
 }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมการนับเวลา

```
#include<intrins.h>

#define ds1307 0xD0

sbit SCL = P2^7;
sbit SDA = P2^6;

typedef unsigned char byte;
typedef byte str[4];
code str day[8]  = {"","Mon","Tue","Wed","Thu","Fri","Sat","Sun"};
code str month[13] =
{"","Jan","Feb","Mar","Apr","May","Jun","Jul","Aug","Sep","Oct","Nov","Dec"};

typedef struct{
  byte sec;
  byte min;
  byte hour;
  byte day;
  byte date;
  byte month;
  byte year;
}RTC_TYPE;

RTC_TYPE RTC;

void i2c_delay(unsigned char count){
unsigned char loop;
 for(loop=0;loop<count;loop++){}}

void rtc_init(void){
SCL = 0;
SDA = 0;
i2c_delay(20);
SCL = 1;
SDA = 1;
}

void i2c_clkh(void){
SCL = 1;
while(!SCL);
i2c_delay(4);}

void i2c_clkl(void){
SCL = 0;
i2c_delay(4);}

void i2c_clk(void){
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 i2c_clkh();
 i2c_clkl();}

 void i2c_stop(void){
 SDA = 0;
 i2c_clkh();
 SDA = 1;
 i2c_delay(4);}

 void i2c_start(void){
 SDA = 1;
 i2c_clkh();
 SDA = 0;
 i2c_delay(4);
 i2c_clkl();}

 unsigned char i2c_recvbyte(void){
 unsigned char dat,i;
 dat = 0;
 for(i=0;i<8;i++){
 dat <<= 1;
 i2c_clkh();
 if(SDA)
  dat |= 1;
 i2c_clkl();
 }
 return(dat);}

 bit i2c_sendbyte(unsigned char dat){
 unsigned char i;
 bit flag;
 for(i=0;i<8;i++){
   if(dat & 0x80)
     SDA = 1;
   else
     SDA = 0;
  dat <<= 1;
  i2c_clk();
 }
  SDA = 1;
  i2c_clkh();
   if(SDA)
     flag = 1;
   else
     flag = 0;
  i2c_clkl();
 return(flag);}

 bit i2c_read(unsigned char addr,unsigned char con,unsigned char *dat){
  if((SCL == 0) || (SDA == 0)){
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

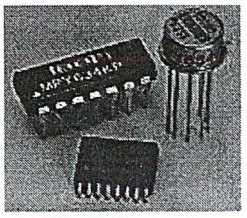
```
   return(1);}
i2c_start();
 if(i2c_sendbyte(addr)){
   i2c_stop();
   return(1);}
 if(i2c_sendbyte(con)){
   i2c_stop();
   return(1);}
i2c_start();
 if(i2c_sendbyte(addr | 0x01)){
   i2c_stop();
   return(1);}
*dat = i2c_recvbyte();
SDA = 1;
i2c_clk();
i2c_stop();
return(0);}

bit i2c_write(unsigned char addr,unsigned char con,unsigned char dat){
 if((SCL == 0) || (SDA == 0)){
   return(1);}
i2c_start();
 if(i2c_sendbyte(addr)){
   i2c_stop();
   return(1);}
 if(i2c_sendbyte(con)){
   i2c_stop();
   return(1);}
i2c_sendbyte(dat);
i2c_stop();
return(0);}

void read_rtc(void){
i2c_read(ds1307,0,&RTC.sec);
i2c_read(ds1307,1,&RTC.min);
i2c_read(ds1307,2,&RTC.hour);
i2c_read(ds1307,3,&RTC.day);
i2c_read(ds1307,4,&RTC.date);
i2c_read(ds1307,5,&RTC.month);
i2c_read(ds1307,6,&RTC.year);}

void write_rtc(void){
RTC.sec   = 0x00;
RTC.min   = 0x00;
RTC.hour  = 0x00;
RTC.day   = 0x20;
RTC.date  = 0x00;
RTC.month = 0x03;
RTC.year  = 0x04;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
i2c_write(ds1307,0,RTC.sec);
i2c_write(ds1307,1,RTC.min);
i2c_write(ds1307,2,RTC.hour);
i2c_write(ds1307,3,RTC.day);
i2c_write(ds1307,4,RTC.date);
i2c_write(ds1307,5,RTC.month);
i2c_write(ds1307,6,RTC.year);}
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BURR-BROWN®



MPY634

Wide Bandwidth PRECISION ANALOG MULTIPLIER

FEATURES

- WIDE BANDWIDTH: 10MHz typ
- ±0.5% MAX FOUR-QUADRANT ACCURACY
- INTERNAL WIDE-BANDWIDTH OP AMP
- EASY TO USE
- LOW COST

APPLICATIONS

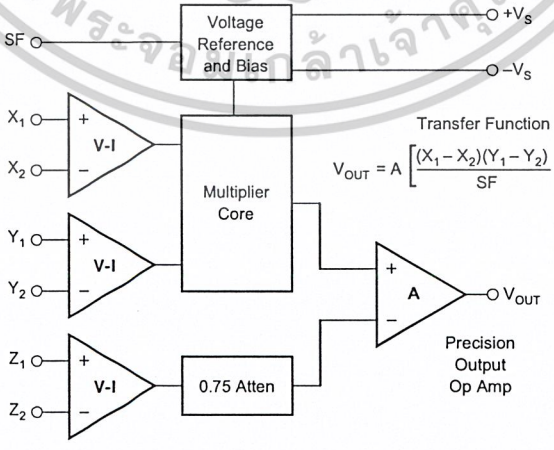
- PRECISION ANALOG SIGNAL PROCESSING
- MODULATION AND DEMODULATION
- VOLTAGE-CONTROLLED AMPLIFIERS
- VIDEO SIGNAL PROCESSING
- VOLTAGE-CONTROLLED FILTERS AND OSCILLATORS

DESCRIPTION

The MPY634 is a wide bandwidth, high accuracy, four-quadrant analog multiplier. Its accurately laser-trimmed multiplier characteristics make it easy to use in a wide variety of applications with a minimum of external parts, often eliminating all external trimming. Its differential X, Y, and Z inputs allow configuration as a multiplier, squarer, divider, square-rooter, and other functions while maintaining high accuracy.

The wide bandwidth of this new design allows signal processing at IF, RF, and video frequencies. The internal output amplifier of the MPY634 reduces design complexity compared to other high frequency multipliers and balanced modulator circuits. It is capable of performing frequency mixing, balanced modulation, and demodulation with excellent carrier rejection.

An accurate internal voltage reference provides precise setting of the scale factor. The differential Z input allows user-selected scale factors from 0.1 to 10 using external feedback resistors.



International Airport Industrial Park • Mailing Address: PO Box 11400 • Tucson, AZ 85734 • Street Address: 6730 S. Tucson Blvd. • Tucson, AZ 85706
Tel: (520) 746-1111 • Twx: 910-952-1111 • Cable: BBRCORP • Telex: 066-6491 • FAX: (520) 889-1510 • Immediate Product Info: (800) 548-6132

©1985 Burr-Brown Corporation

PDS-636D

Printed in U.S.A. December, 1995

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FS017

SPECIFICATIONS

ELECTRICAL

At T_A = +25°C and V_S = ±15VDC, unless otherwise noted.

MODEL	MPY634KP/KU			MPY634AM			MPY634BM			MPY634SM			UNITS
	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
MULTIPLIER PERFORMANCE					$\frac{(X_1 - X_2)(Y_1 - Y_2)}{10V} + Z_2$								
Transfer Function		*						*			*		
Total Error[1]													
(–10V ≤ X, Y ≤ +10V)			±2.0			±1.0			±0.5			*	%
T_A = min to max		±2.5			±1.5			±1.0				±2.0	%
Total Error vs Temperature		±0.03			±0.022			±0.015				±0.02	%/°C
Scale Factor Error													
(SF = 10.000V Nominal)[2]		±0.25			±0.1			*			*		%
Temperature Coefficient of Scaling Voltage		±0.02			±0.01			±0.01			*		%/°C
Supply Rejection (±15V ±1V)		*			±0.01			*			*		%
Nonlinearity													
X (X = 20Vp-p, Y = 10V)		*			±0.4			0.2	±0.3		*		%
Y (Y = 20Vp-p, X = 10V)		*			±0.01			*	±0.1		*		%
Feedthrough[3]													
X (Y Nulled, X = 20Vp-p, 50Hz)		*			±0.3			±0.15	±0.3		*		%
Y (X Nulled, Y = 20Vp-p, 50Hz)		*			±0.01			*	±0.1		*		%
Both Inputs (500kHz, 1Vrms)													
Unnulled	40[4]	50		45	55		*	60		*	*		dB
Nulled	55[4]	60		55	65		60	70		*	*		dB
Output Offset Voltage		±50	±100		±5	±30		*	±15		*	*	mV
Output Offset Voltage Drift		*			±200			±100			*	±500	µV/°C
DYNAMICS													
Small Signal BW, (V_{OUT} = 0.1Vrms)	6[4]	*		8	10		*	*		6	*		MHz
1% Amplitude Error (C_{LOAD} = 1000pF)		*			100			*			*		kHz
Slew Rate (V_{OUT} = 20Vp-p)		*			20			*			*		V/µs
Settling Time (to 1%, ΔV_{OUT} = 20V)		*			2			*			*		µs
NOISE													
Noise Spectral Density: SF = 10V		*			0.8			*			*		µV/√Hz
Wideband Noise:													
f = 10Hz to 5MHz		*			1			*			*		mVrms
f = 10Hz to 10kHz		*			90			*			*		µVrms
OUTPUT													
Output Voltage Swing	*			±11			*			*			V
Output Impedance (f ≤ 1kHz)		*			0.1			*			*		Ω
Output Short Circuit Current (R_L = 0, T_A = min to max)		*			30			*			*		mA
Amplifier Open Loop Gain (f = 50Hz)		*			85			*			*		dB
INPUT AMPLIFIERS (X, Y and Z)													
Input Voltage Range													
Differential V_{IN} (V_{CM} = 0)		*			±12			*			*		V
Common-Mode V_{IN} (V_{DIFF} = 0) (see Typical Performance Curves)		*			±10			*			*		V
Offset Voltage X, Y		±25	±100		±5	±20		±2	±10		*	*	mV
Offset Voltage Drift X, Y		200			100			50			*		µV/°C
Offset Voltage Z		±25	±100		±5	±30		±2	±15		*	*	mV
Offset Voltage Drift Z		*			200			100				500	µV/°C
CMRR	*	*		60	80		70	90		*	*		dB
Bias Current		*	*		0.8	2.0		*	*		*	*	µA
Offset Current		*			0.1			*			*	2.0	µA
Differential Resistance		*			10			*			*		MΩ
DIVIDER PERFORMANCE													
Transfer Function ($X_1 > X_2$)		*			$10V\frac{(Z_2 - Z_1)}{(X_1 - X_2)} + Y_1$			*			*		
Total Error[1] untrimmed													
(X = 10V, –10V ≤ Z ≤ +10V)		1.5			±0.75			±0.35			±0.75		%
(X = 1V, –1V ≤ Z ≤ +1V)		4.0			±2.0			±1.0			*		%
(0.1V≤ X ≤ 10V, –10V ≤ Z ≤ 10V)		5.0			±2.5			±1.0			*		%
SQUARE PERFORMANCE													
Transfer Function		*			$\frac{(X_1 - X_2)^2}{10V} + Z_2$			*			*		
Total Error (–10V ≤ X ≤ 10V)		±1.2			±0.6			±0.3			*		%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SPECIFICATIONS (CONT)

ELECTRICAL

At T_A = +25°C and V_S = ±15VDC, unless otherwise noted.

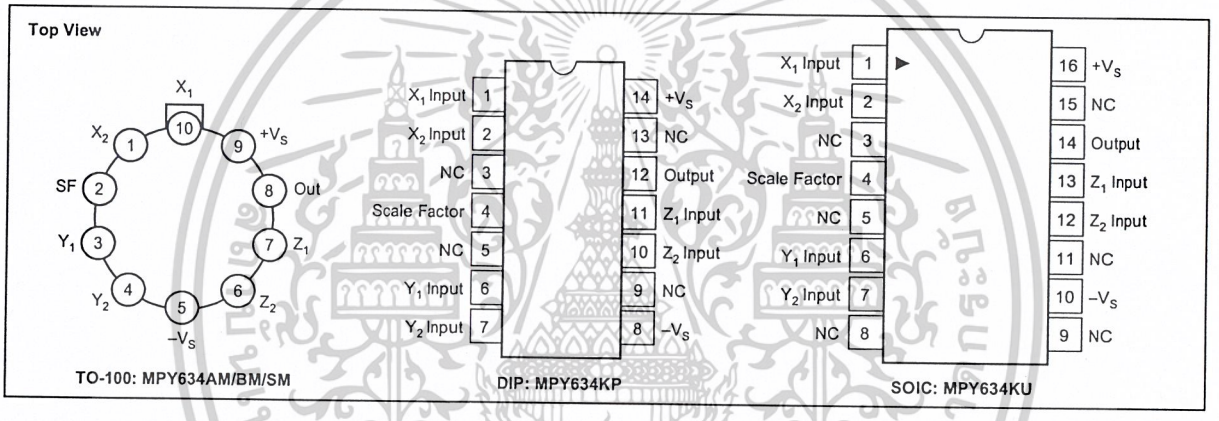
MODEL	MPY634KP/KU			MPY634AM			MPY634BM			MPY634SM			UNITS
	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
SQUARE-ROOTER PERFORMANCE					$\sqrt{10V\ (Z_2 - Z_1)} + X_2$								
Transfer Function ($Z_1 \le Z_2$)		*						*			*		
Total Error(1) (1V ≤ Z ≤ 10V)		±2.0			±1.0			±0.5			*		%
POWER SUPPLY													
Supply Voltage:					±15			*			*		VDC
Rated Performance		*		±8		±18						±20	VDC
Operating	*	*	*		4	6	*	*	*	*	*	*	mA
Supply Current, Quiescent		*	*						*				
TEMPERATURE RANGE													
Specification	*(5)		*(5)	–25		+85	*		*	–55		+125	°C
Storage	–40		+85	–65		+150	*		*	*		*	°C

* Specification same as for MPY634AM.

NOTES: (1) Figures given are percent of full scale, ±10V (i.e., 0.01% = 1mV). (2) May be reduced to 3V using external resistor between $-V_S$ and SF. (3) Irreducible component due to nonlinearity; excludes effect of offsets. (4) KP grade only. (5) KP grade only. 0°C to +70°C for KU grade.

PIN CONFIGURATIONS

Top View



TO-100: MPY634AM/BM/SM

DIP: MPY634KP

SOIC: MPY634KU

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

PARAMETER	MPY634AM/BM	MPY634KP/KU	MPY634SM
Power Supply Voltage	±18	*	±20
Power Dissipation	500mW	*	*
Output Short-Circuit to Ground	Indefinite	*	*
Input Voltage (all X, Y and Z)	$\pm V_S$	*	*
Temperature Range:			
Operating	–25°C/+85°C	*	–55°C/+125°C
Storage	–65°C/+150°C	–40°C/+85°C	*
Lead Temperature (soldering, 10s)	+300°C	*	*
SOIC 'KU' Package		+260°C	

* Specification same as for MPY634AM/BM.

ORDERING INFORMATION

MPY634 ( ) ( )

Basic Model Number

Performance Grade(1)
- K: –25°C to +85°C ('U' package 0°C to +70°C)
- A: –25°C to +85°C
- B: –25°C to +85°C
- S: –55°C to +125°C

Package Code
- M: TO-100 Metal
- P: Plastic 14-pin DIP
- U: 16-pin SOIC

NOTE: (1) Performance grade identifier may not be marked on the SOIC package; a blank denotes "K" grade.

PACKAGE INFORMATION

MODEL	PACKAGE	PACKAGE DRAWING NUMBER(1)
MPY634KP	14-Pin PDIP	010
MPY634KU	16-Pin SOIC	211
MPY634AM	TO-100	007
MPY634BM	TO-100	007
MPY634SM	TO-100	007

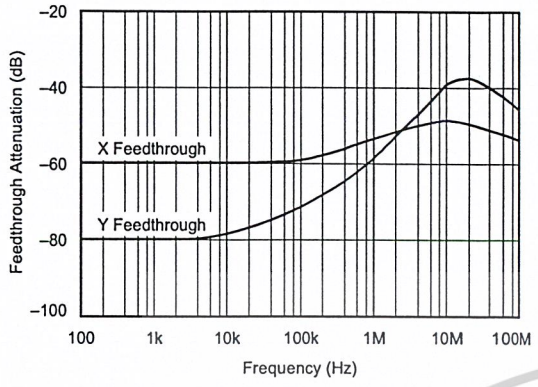
NOTE: (1) For detailed drawing and dimension table, please see end of data sheet, or Appendix D of Burr-Brown IC Data Book.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

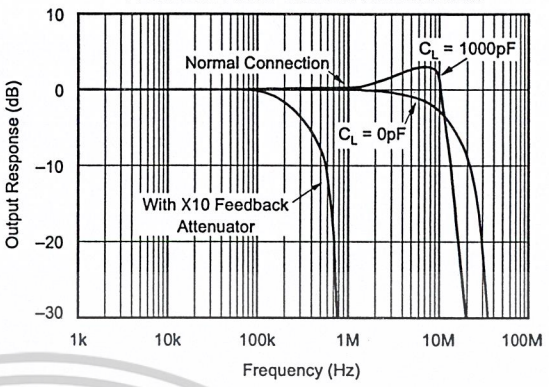
TYPICAL PERFORMANCE CURVES

T_A = +25°C, V_S = ±15VDC, unless otherwise noted.

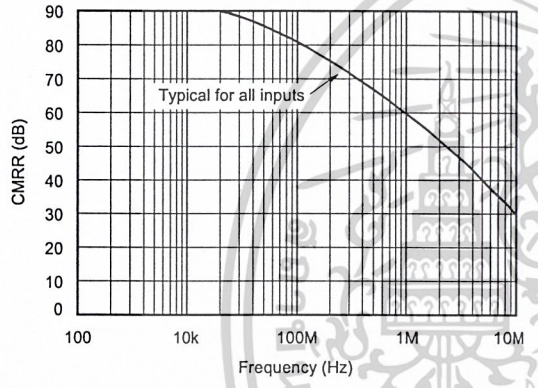
FEEDTHROUGH vs FREQUENCY



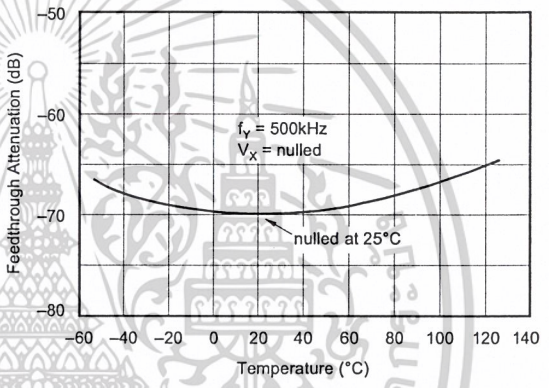
FREQUENCY RESPONSE AS A MULTIPLIER



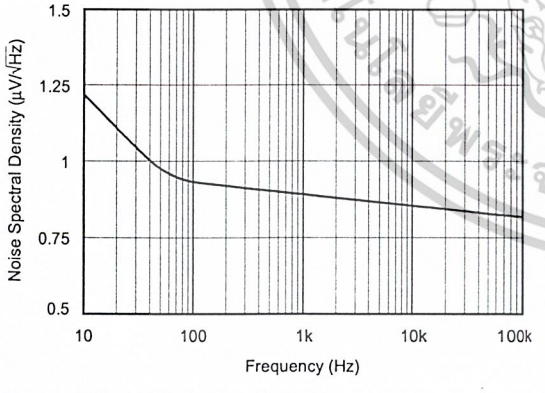
COMMON-MODE REJECTION RATIO vs FREQUENCY



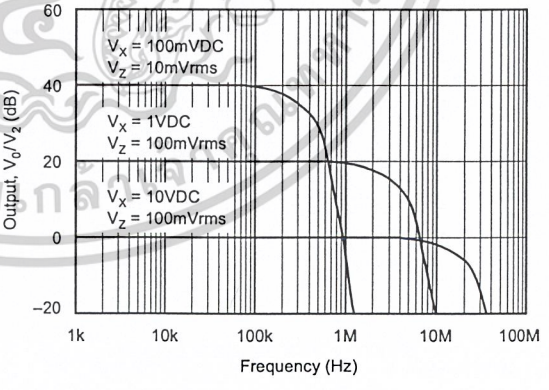
FEEDTHROUGH vs TEMPERATURE



NOISE SPECTRAL DENSITY vs FREQUENCY



FREQUENCY RESPONSE AS A DIVIDER



The information provided herein is believed to be reliable; however, BURR-BROWN assumes no responsibility for inaccuracies or omissions. BURR-BROWN assumes no responsibility for the use of this information, and all use of such information shall be entirely at the user's own risk. Prices and specifications are subject to change without notice. No patent rights or licenses to any of the circuits described herein are implied or granted to any third party. BURR-BROWN does not authorize or warrant any BURR-BROWN product for use in life support devices and/or systems.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้