

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

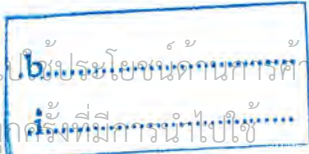
การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้ากำลัง

REMOTE CONTROL SYSTEM VIA POWER LINE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไป
เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางราชการ
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....55783.....
วัน,เดือน,ปี.....25 พ.ค. 2548.....



ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้ากำลัง

REMOTE CONTROL SYSTEM VIA POWER LINE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2546

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้ากำลัง

ผู้จัดทำ

1. นาย นรเศรษฐ์ ศาสตร์ประสิทธิ์
2. นาย สกต คงประเสริฐ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการน การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้ากำลัง
REMOTE CONTROL SYSTEM VIA POWER LINE

โดย

นาย นรเศรษฐ์ ศาสตราประสิทธิ์ รหัส 44015196
นาย สกล คงประเสริฐ รหัส 44015220

โครงการนี้ได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมทั้งจะทำการสอบได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้ากำลัง

นาย นรเศรษฐ์ ศาสตร์ประสิทธิ์

นาย สกล กงประเสริฐ

ร.ศ. พิชัย กุศิริวานิชกร อาจารย์ที่ปรึกษา

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้า โดยสามารถที่จะ ปิดและเปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านได้ และสามารถควบคุม อุปกรณ์ไฟฟ้าได้สูงสุด 320 อุปกรณ์ แบ่ง ออกเป็น 24 กลุ่ม กลุ่มละ 16 อุปกรณ์ โดยใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า สัญญาณที่ส่งผ่านสายไฟฟ้าจะเป็นการส่งสัญญาณแบบฟรีควอนซ์ซีพียูซึ่ง วงจรภาคส่งสามารถ ปรับระดับสัญญาณการส่งได้ 3 ระดับ โดยการปรับจะขึ้นอยู่กับระยะทางของสายไฟฟ้าไปยัง เครื่องรับ เมื่อสัญญาณส่งผ่านไปยังเครื่องรับ โดยผ่านวงจรขับพลังและวงจรจูนของเครื่องรับ เครื่องรับสัญญาณจะทำการ คัดเลือกสัญญาณนั้นเป็นสัญญาณดิจิทัล เพื่อที่จะส่งต่อไปยัง ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการถอดรหัสคำสั่งที่ได้ไปสั่งการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า และวงจร สามารถที่จะตรวจสอบว่ามีกรต่อโหลคอยู่หรือไม่ สามารถทำการตั้งเวลาการ เปิด/ปิด อุปกรณ์ ไฟฟ้าได้ และยังมีโปรแกรมการส่งงานจากคอมพิวเตอร์ได้ด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REMOTE CONTROL SYSTEM VIA POWER LINE

Mr. Norrased Satprasit

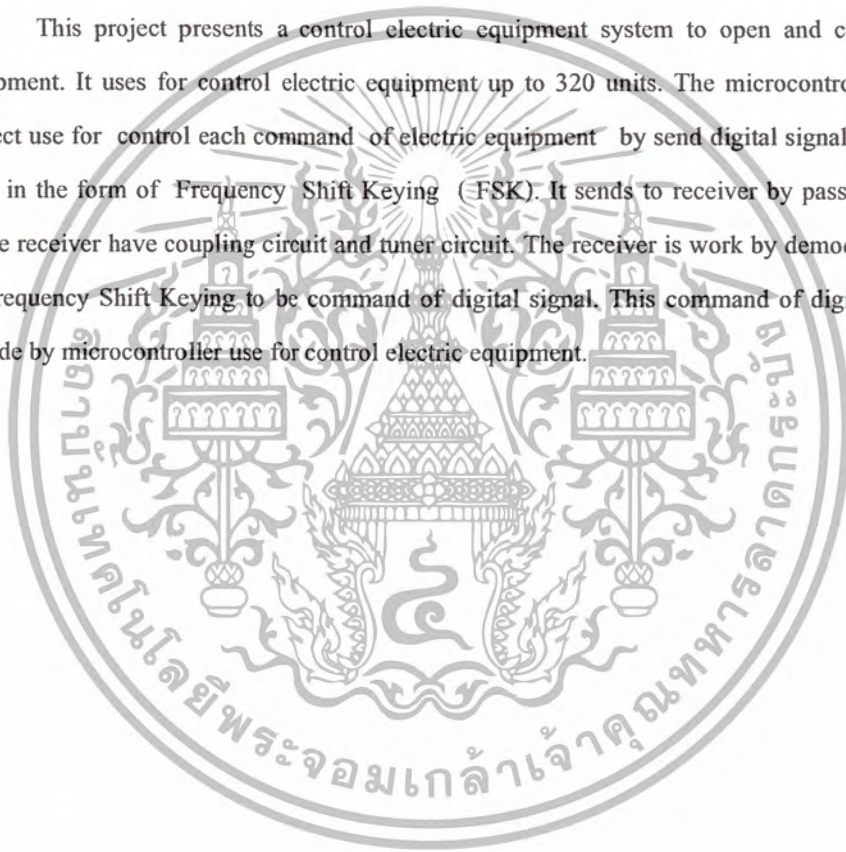
Mr. Skol Kongprasort

Associates Professor

Pichai Kusirivanishkorn Advisor

ABSTRACT

This project presents a control electric equipment system to open and close electric equipment. It uses for control electric equipment up to 320 units. The microcontroller in this project use for control each command of electric equipment by send digital signal in to power line in the form of Frequency Shift Keying (FSK). It sends to receiver by pass power line. In the receiver have coupling circuit and tuner circuit. The receiver is work by demodulate signal of Frequency Shift Keying to be command of digital signal. This command of digital signal is decode by microcontroller use for control electric equipment.



สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 หลักการทำงานของเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้า	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 การออกแบบสร้างโมเด็ม (ภาคส่ง)	4
2.1 หลักการส่งสัญญาณข้อมูลดิจิทัลโดยการมอดูเลต	4
2.1.1 การเปลี่ยนขนาดสัญญาณตามสัญญาณดิจิทัล (Amplitude Shift Keying , ASK)	4
2.1.2 การเปลี่ยนความถี่ตามสัญญาณดิจิทัล (Frequency Shift Keying , FSK)	5
2.1.3 การเปลี่ยนเฟสตามสัญญาณดิจิทัล (Phase Shift keying , PSK)	5
2.2 วงจรขยายกำลัง (POWER AMPLIFIERS)	7
2.2.1 วงจรขยายกำลังแบ่งเป็น 5 คลาส	7
2.3 การออกแบบสร้างโมเด็ม (ภาคส่ง)	10
2.3.1 ฟรีควเ้นซ์ชิฟต์คีย์อิง (FREQUENCY SHIFT KEYING)	10
2.4 การออกแบบวงจรภาคส่งสัญญาณและภาครับสัญญาณ	13
2.4.1 MODULATION	13
2.4.2 วงจรเลือกระดับสัญญาณในการส่ง	14
2.4.3 INTERFACE BUFFER	16
2.5 DRIVE	16
บทที่ 3 การออกแบบสร้างโมเด็ม (ภาครับ)	20
3.1.1 BLOCK DIAGRAMS ของภาครับข้อมูล	20
3.1.2 วงจรภาคคัปปลิ่งสัญญาณ โดยใช้หม้อแปลง	20
3.1.3 การส่งผ่านกำลังงานสูงสุด	25
3.1.4 TUNE AMPLIFIER	31
3.1.5 DEMODULATION	32
3.1.6 Block Diagrams วงจรเช็ทโหลด	33
3.1.7 หลักการออกแบบ	34
3.1.8 อธิบายวงจรเช็ทโหลด	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.9 การคำนวณ	36
บทที่ 4 โปรแกรมควบคุม	42
4.1 ส่วนวงจรควบคุมการทำงาน	42
4.1.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์บอร์ด DS89C420	42
4.1.2 Real-Time Clock DS17487	45
4.1.3 ส่วน Microcontroller	46
4.1.4 ตำแหน่งปุ่มกด	48
4.1.5 ความหมายของ 7-Segments ต่าง ๆ	49
4.1.6 ความหมายของ LED ตำแหน่งต่าง ๆ	50
4.1.7 การแสดงผลของ LCD	51
4.2 ส่วน Protocols และ Network ของสายไฟฟ้า	55
4.2.1 ส่วนการทำงานของ Network ภายในสายไฟฟ้า	55
4.2.2 การออกแบบ Protocols ในการสื่อสารข้อมูล	56
4.3 การออกแบบโปรแกรมในการควบคุมการทำงาน	62
4.3.1 โปรแกรมส่วน SERVER	62
4.3.2 โปรแกรมส่วน HOST	70
4.4 โปรแกรมควบคุม SERVER ผ่านคอมพิวเตอร์	71
4.4.1 แสดงการออกแบบโปรแกรมควบคุม SERVER ผ่านคอมพิวเตอร์	71
4.5 สภาพแวดล้อมของสายไฟฟ้าและมาตรฐานที่ใช้	76
4.5.1 สภาพแวดล้อมของสายไฟฟ้ากำลัง	76
4.5.2 ค่าอินพีแดนซ์ในสายส่ง	76
4.5.3 มาตรฐานที่ต้องคำนึงถึง	77
บทที่ 5 ผลการทดลอง	78
5.1 ภาคส่ง	78
5.2 ภาครับ	78
5.3 วงจรเช็คโหลด	79
5.4 โปรแกรมทดสอบการส่งและรับข้อมูล	79
5.2 ภาครับ	80
5.2.1 การทดลองวัดระดับสัญญาณที่ภาครับ (ระดับข้อมูล 2000 บิต/วินาที)	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 วงจรเซ็นเซอร์	80
5.3 โปรแกรมทดสอบการส่งและรับข้อมูล	82
บทที่ 6 บทสรุป	84
6.1 สรุปผลการทดลอง	84
6.2 วิจารณ์โครงการ	84
6.3 ปัญหาและอุปสรรค	84
ภาคผนวก	86
วงจรรวมของโครงการ	
- รูปแสดงวงจรส่วนควบคุมที่เป็น Microcontroller	
- รูปแสดงวงจร MODEM	
- รูปแสดงวงจรส่วนแสดงผล LED , 7 - Segments , LCD และส่วนสแกนสวิทช์	
- รูปแสดงวงจรส่วนตรวจสอบไหล	



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 แสดงการทำงานโดยรวมของโครงงานนี้	3
2.1 แสดงการมอดคูเลตสัญญาณดิจิทัลแบบต่างๆ	5
2.2 แสดงวงจรขยายคลาส A แบบต่อโหลดกับหม้อแปลงไฟฟ้า และ เส้น โหลด(Load Line)	7
2.3 แสดงวงจรขยายคลาส B แบบสมมาตรเชิงคู่ประกอบ(Complementary – Symmetry Circuits)	8
2.4 วงจรคลาส AB	8
2.5 หลักการทำงานเบื้องต้นของวงจร FSK Generator	10
2.6 หลักการทำงานเบื้องต้นในการใช้วงจรโวลต์เตจคอนโทรลในการกำเนิดสัญญาณ FSK	11
2.7 หลักการทำงานเบื้องต้นในการคีมอดคูเลตสัญญาณ FSK	11
2.8 แสดงการทำงานของวงจรภาคส่งข้อมูล	13
2.9 วงจรกำเนิดสัญญาณพีริแวลนซ์รีฟลิกซ์	14
2.10 วงจรขยายสัญญาณ	15
2.11 วงจรปรับขนาดของสัญญาณเอาต์พุต	15
2.12 วงจร อินเตอร์เฟสไฟเฟอร์	16
2.13 แสดงค่าอิมพีแดนซ์ที่สาย Power line	17
2.14 แสดง Output อิมพีแดนซ์ AC line	17
2.15 แสดงวงจรการไบอัส	18
2.16 แสดงวงจรขับสัญญาณเอาต์พุต	19
3.1 Block Diagrams ภาครับข้อมูล	20
3.2 แสดงการกลับปลิงด้วยหม้อแปลง	20
3.3 การแสดงการคำนวณ ค่า Impedance (Z_{in})	21
3.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Z_{in} ที่ความถี่ต่างๆ	22
3.5 แสดงการออกแบบเพื่อกรองความถี่ที่ 50 Hz ทิ้งไป	23
3.6 แสดง การกำหนดค่า C_c	24
3.7 แสดงกำลังไฟฟ้าที่ค่าอิมพีแดนซ์ของโหลดเท่ากับแหล่งจ่าย	25
3.8 แสดงกำลังไฟฟ้าที่ค่าอิมพีแดนซ์ของโหลดไม่เท่ากับแหล่งจ่าย	26
3.9 การวัดค่า Input Impedance	27
3.10 แสดงค่าอิมพีแดนซ์ที่เอาต์พุต	27
3.11 การวัดค่า Output Impedance	28



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.12 แสดงการวัดค่าการตอบสนองความถี่เอาต์พุต	28
3.13 การวัดค่าการตอบสนองความถี่ ของการรับสัญญาณ FSK ที่ Transformer	29
3.14 แสดงการวัดค่าการตอบสนองความถี่ ของการรับสัญญาณ FSK ที่ Transformer	29
3.15 การวัดค่าการตอบสนองความถี่ ของการส่งสัญญาณ FSK ที่ Transformer	30
3.17 แสดงการวัดค่าการตอบสนองความถี่ของการส่งสัญญาณ FSK ที่ Transformer	30
3.18 แสดงวงจรจูน	31
3.19 วงจร คีมอคูเลต FSK	32
3.20 Block Diagrams วงจรตรวจสอบโหลด	33
3.21 Timing Diagrams เมื่อไม่ต่อโหลด	33
3.22 Timing Diagrams เมื่อต่อ โหลด	34
3.23 วงจร RC Time constant	34
3.24 RC Time constant	34
3.25 วงจรเช็คโหลด	35
3.26 แสดงวงจรการหน่วงเวลาที่ 0.4 s. และ 0.5 s.	36
3.27 แสดงระดับแรงดันค่าต่างๆ ที่ต้องการหาช่วงเวลา	36
3.28 แสดงวงจรการหน่วงเวลาที่ 0.2 s.	37
3.29 แสดงแรงดันกระแสเพื่อมกร้อม Cb	38
3.30 แสดงวงจร COMPARATOR ที่ระดับแรงดันอ้างอิงค่าต่างๆ	38
3.31 แสดงกราฟแรงดัน Forward ของ DI ที่กระแสแอสกับ bias ค่าต่างๆ	40
3.32 แสดงการไอบัส OPTOCOUPERS	40
3.33 แสดงวงจรเช็คโหลดที่ใช้งาน	41
4.1 แสดงรูป DS89C420	42
4.2 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถของ DS89C420 กับ ORIGINAL 8051	43
4.3 แสดงบล็อกไดอะแกรมโครงสร้างการทำงานภายใน DS89C420	43
4.4 แสดงหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ DS89C420	44
4.5 แสดงรูป DS17487	45
4.6 แสดงหน่วยความจำภายในตัว Real Time Clock เบอร์ DS17487	45
4.7 แสดงวงจรการเชื่อมต่อภาคต่าง ๆ ภายในตัว SEVER	46
4.8 แสดงการเชื่อมต่อบัสภายในตัว SEVER	46
4.9 แสดงการออกแบบตำแหน่งของตัวแสดงผลของตัว SEVER	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.10 การอธิบายส่วน โปรแกรมการทำงาน	47
4.11 แสดงการออกแบบโปรแกรมต่าง ๆ	48
4.12 แสดง 7 – Segment นาฬิกา	49
4.13 แสดงการตั้งเวลาของ Timer	49
4.14 แสดงตำแหน่งของ HOST และระดับของสัญญาณในการส่ง	49
4.15 การแสดงผลการ เปิด/ปิด อุปกรณ์ที่ตำแหน่งสวิทช์ที่ HOST แต่ละตัว	50
4.16 การแสดงการใช้งาน Timer ในการตั้งเวลา เปิด/ปิด อุปกรณ์ที่ตำแหน่งสวิทช์ที่อยู่	51
4.17 การเลือกการทำงานในโหมดต่าง ๆ	52
4.19 แสดงการตอบสนองการ เปิด/ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าในขณะที่กด เปิด/ปิด เอง	53
4.20 แสดงการตั้งเวลาในการ เปิด/ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้า	53
4.21 แสดงการตั้งเวลาใน Timer	54
4.22 แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ HOST กับ SEVER แบบ Bus Network	55
4.23 แสดงการกำหนด Protocols ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร	56
4.24 แสดงการรับข้อมูลแบบ Slide windows	58
4.25 การแสดงการรับส่งข้อมูลและการตรวจสอบการตอบสนองของตัวรับ	59
4.26 แสดงการรับส่งข้อมูลตามตำแหน่ง Address ที่กำหนดบน Package	59
4.27 แสดงข้อมูลถูกส่งไม่ถึงตัวรับ	60
4.28 แสดงว่าตัวส่งข้อมูลจากตัวรับไม่ถึงตัวส่ง	60
4.29 แสดงการทำงานโดยรวมของโปรแกรมการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	62
4.30 แสดงการตอบสนองการกดสวิทช์แต่ละตัว	63
4.31 แสดงส่วน โปรแกรมการควบคุมอัตโนมัติ	64
4.32 แสดงการทำงานการสแกนสวิทช์	65
4.33 แสดงการทำงานการสแกนสวิทช์ (ต่อ)	66
4.34 แสดงการสั่ง เปิด/ปิด สวิทช์ และ โปรแกรมส่วนสร้าง Protocols	67
4.35 แสดงการทำงานของ Interrupt serial port 0 และระบบ Slide windows	68
4.36 แสดงการทำงานของ Interrupt serial port 1 และระบบ Slide windows 10 byte	69
4.37 แสดงโปรแกรมในส่วนการทำงานของลูกค้า	70
4.38 แสดง Block Diagrams ของโปรแกรมดังกล่าว	71
4.39 แสดงโปรแกรมในส่วนของชุดคำสั่งอัตโนมัติ	72
4.40 แสดงโปรแกรมในส่วนของชุดคำสั่งธรรมดา	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.41 แสดงโปรแกรมในส่วน ตรวจสอบการตอบสนองจาก SERVER และรับส่งข้อมูล	74
4.42 แสดงโปรแกรมในส่วนการจัดลำดับชุดคำสั่ง	75
4.43 แสดงส่วนการใช้งานติดต่อกับผู้ใช้	75
4.44 แสดงอิมพีแดนซ์ภายในสาย	77
5.1 เป็นเอาต์พุตของ FSK ที่ 115 กิโลเฮิร์ตซ์	78
5.2 เป็นเอาต์พุตของ FSK ที่ 125 กิโลเฮิร์ตซ์	78
5.3 เป็น Data input FSK	79
5.3 เป็น Data input FSK และหม้อแปลง	79
5.5 สัญญาณเอาต์พุตของภาคตีมอดูเลต	80
5.6 Timing Diagrams เมื่อไม่ต่อโหลด	80
5.7 แสดงสัญญาณ Output Opamp2 ที่หน่วงสัญญาณไป 0.4 s.	81
5.8 แสดงสัญญาณ Output Opamp1 ที่หน่วงสัญญาณไป 0.5 s.	81
5.9 Block Diagrams โปรแกรมทดสอบการส่งและรับข้อมูล	82
5.10 ภาพโปรแกรมใช้งานจริง	83



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แสดงค่าอิมพีแดนซ์ที่เอาท์พุท	27
1.2 แสดงการวัดค่าการตอบสนองความถี่เอาท์พุท	28
1.3 แสดงการวัดค่าการตอบสนองความถี่ ของการรับสัญญาณ FSK ที่ Transformer	29
1.4 แสดงการวัดค่าการตอบสนองความถี่ของการส่งสัญญาณ FSK ที่ Transformer	30
1.5 แสดงการออกแบบ Protocols ที่ใช้ในการสื่อสาร	58



บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันการใช้ไฟฟ้าได้เป็นสิ่งจำเป็นต่อการดำรงชีพของมนุษย์ และอุปกรณ์จำพวกเครื่องใช้ไฟฟ้าได้เข้ามาอยู่ในชีวิตประจำวันของมนุษย์เพื่ออำนวยความสะดวกในการดำรงชีพ และในสมัยก่อนไม่มีการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าจากระยะที่ไกล ๆ ทำให้การ ปิด/เปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าทำโดยที่มนุษย์ต้องทำการควบคุมการ ปิด/เปิด เอง ดังนั้นจึงมีการคิดค้นอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมจากระยะที่ไกลได้และควบคุมได้อย่างอัตโนมัติ เช่น รีโมทคอนโทรล อุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติผ่านสายสัญญาณแบบคู่ แต่ข้อจำกัดของอุปกรณ์เหล่านี้คือ รีโมท ไม่สามารถควบคุมอุปกรณ์ระยะที่ไกล ๆ ได้ และการส่งสัญญาณแบบสายคู่ทำให้สิ้นเปลืองไปกับภาระที่จะต้องติดตั้งสายสัญญาณไปความจุดต่าง ๆ

ดังนั้นโครงการนี้จะออกแบบเครื่องควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้าขึ้น เพื่อลดต้นทุนในการที่เราจะต้องเดินสายสัญญาณไปตามอุปกรณ์ต่างๆ การทำงานของวงจร จะทำงานโดย ส่งสัญญาณดิจิทัลที่ใช้ในการควบคุม ไปกับคลื่นพาหะโดยการส่งแบบ (Frequency Shift Keying ,FSK) โดยความถี่พาหะที่ใช้ในการส่งจะอยู่สูงกว่าสัญญาณไฟฟ้า 50 Hz เพื่อไม่ให้เกิดการกวนกันของสัญญาณที่ส่งออกไปกับสัญญาณไฟฟ้า 50 Hz การส่งจะทำการส่งสัญญาณผ่านโมเด็มโดยคริปป์ลิงสัญญาณ ส่วนการควบคุมจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์มาควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า ทำให้เราสามารถ เปิด/ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าได้อย่างอัตโนมัติและเรายังสามารถตั้งเวลาในการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าได้อีกด้วย การส่งสัญญาณผ่านทางสายไฟฟ้าเราสามารถลดต้นทุนในการเดินสายสัญญาณ

1.1 หลักการทำงานของเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้า

การทำงานของระบบจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ และ ส่วนของโมเด็ม

1. ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้ ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า ในการ ปิด/เปิด การเข้ารหัสของสัญญาณควบคุมเพื่อเลือกอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ การตั้งเวลาการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยทำงานส่งสัญญาณผ่านส่วนของโมเด็มออกไป
2. ส่วนของโมเด็ม แบ่งออกได้เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2.1 วงจรส่วนคัปปลิ่ง เป็นวงจรที่ใช้นในการเรโซแนนซ์สัญญาณ 50 Hz ออกไป เป็นวงจรที่ต่ออยู่กับสายไฟฟ้า 220 Vac
- 2.2 วงจรส่วนของการจูนความถี่ เป็นวงจรที่ใช้ในการจูนความถี่คลื่นพาหะที่เรา ต้องการ ในโครงงานนี้ได้ใช้วงจรจูนในการจูนความถี่กลางระหว่างความถี่ มาร์ก และความถี่สเปซ โดยวงจรจูนจะมีค่า Q ที่สูงเหมาะกับวงจรที่ต้องการ รับคลื่นความถี่ที่ค่า ๆ ใดค่าหนึ่ง
- 2.3 วงจรส่วนของการมอดูเลตและดีมอดูเลต เป็นวงจรที่ใช้ในการมอดสัญญาณ ดิจิตอลไปกับคลื่นพาหะและทำการดีมอดสัญญาณดิจิตอลออกจากคลื่นพาหะ ในโครงงานเราจะใช้ ไอซี XR 2211 และ XR 2206 ในการมอดูเลตและดีมอดูเลตสัญญาณแบบ เอฟ.เอส.เค

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าในระยะทางที่ไกล ๆ ได้ โดยที่ไม่ต้องทำการเดินสายสัญญาณไปตามอุปกรณ์ต่าง ๆ ทำให้ลดต้นทุนในการเดินสายสัญญาณได้อย่างมาก
2. การออกแบบโดยเลือกใช้การส่งสัญญาณแบบ เอฟ.เอส.เค เพื่อเป็นการลดสัญญาณรบกวนที่เกิดจกสายสัญญาณ
3. การออกแบบวงจรจูนแทนการใช้วงจรกรองแถบความถี่ เพื่อกรองความถี่ที่เราต้องการ โดยวงจรจูนจะมีค่า Q ที่สูงกว่าวงจรกรองแถบความถี่ผ่าน การที่ใช้วงจรจูนเพื่อป้องกันความถี่ที่เราไม่ต้องการทิ้งออกไปได้ดีกว่า เพราะสัญญาณที่มีในสายไฟฟ้ามักมีหลายความถี่
4. การออกแบบวงจรการ เพิ่ม/ลด ระดับสัญญาณการส่ง เพื่อเพิ่มระยะการส่งสัญญาณตามสายไฟฟ้าให้ได้ระยะที่ไกลขึ้นตามระยะสายไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น เพราะระยะสายไฟฟ้าที่ยาวขึ้นอัตราการลดทอนสัญญาณจะมีมากดังนั้นเราจึง ได้ออกแบบวงจร เพิ่ม/ลด ระดับสัญญาณในการส่ง

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

โครงงานนี้สามารถที่จะใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้าโดยสามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าในระยะไกลได้ โดยสามารถตั้งเวลาการทำงานได้ และต่ออุปกรณ์สูงสุดได้ 320 อุปกรณ์ สามารถที่ทำการตั้งเวลาในการ เปิด/ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าได้ ทำการควบคุมแบบอัตโนมัติได้อย่างถูกต้อง สามารถใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบอัตโนมัติผ่านสายไฟฟ้าในระยะทางที่ไกลได้
2. ศึกษาวิธีการส่งสัญญาณตามสายไฟฟ้า
3. ออกแบบวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติ
4. ศึกษาวิธีการมอดูเลตและการดีมอดูเลตแบบ เอฟ.เอส.เค
5. ศึกษาวงจรจนความถี่ที่ใช้ในการออกแบบ
6. ศึกษาว่าการส่งสัญญาณในสายไฟฟ้าแบบไหนดีที่สุด



รูปที่ 1.1 แสดงการทำงานโดยรวมของโครงการนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การออกแบบสร้าง โมเด็ม (ภาคส่ง)

2.1 หลักการส่งสัญญาณข้อมูลดิจิทัลโดยการมอดูเลต

การสื่อสารในปัจจุบันได้นิยมนำเอาการ มอดูเลตสัญญาณแบบดิจิทัลมอดูเลชันมาใช้กันแบบแพร่หลาย เพราะวาระบบดิจิทัลให้ค่าความแน่นอนน่าเชื่อถือสูงกว่าระบบแอนาลอก และมีการรบกวนอันเนื่องมาจากสัญญาณรบกวน (Noise) ต่ำ ซึ่งในระบบปัจจุบันนี้ อุปกรณ์ต่าง ๆ ในด้านดิจิทัลได้มีการพัฒนาก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว ทำให้ต้นทุนการผลิตอุปกรณ์ต่ำลง และนอกจากนี้แล้วระบบดิจิทัล มอดูเลชันยังสามารถทำการเข้ารหัส (Encode) ก่อนทำการมอดูเลตแล้วทำการถอดรหัส (Decode) หลังการดีมอดูเลต ทำให้การส่งข้อมูลมีความผิดพลาดน้อยลง ในการมอดูเลชันทางดิจิทัลมีด้วยกัน 3 แบบใหญ่ ๆ คือ

1. การเปลี่ยนขนาดของสัญญาณตามสัญญาณดิจิทัล (Amplitude Shift Keying, ASK)
2. การเปลี่ยนความถี่ตามสัญญาณดิจิทัล (Frequency Shift Keying, FSK)
3. การเปลี่ยนเฟสตามสัญญาณดิจิทัล (Phase Shift Keying, PSK)

2.1.1 การเปลี่ยนขนาดตามสัญญาณดิจิทัล (Amplitude Shift Keying, ASK)

รูปคลื่นที่ได้จากการมอดูเลตสัญญาณแบบดิจิทัลเปลี่ยนขนาดตามสัญญาณที่ได้ ตามระดับของสัญญาณดิจิทัลที่เปลี่ยนแปลงไป ที่ระดับดิจิทัลมีสถานะเป็นลอจิก “0” สัญญาณพาหะที่ได้จะมีขนาดอยู่ในระดับต่ำ และถ้าสัญญาณที่ได้มีสถานะเป็นลอจิก “1” สัญญาณพาหะที่ได้จะอยู่ในระดับที่สูง วงจรที่รับมอดูเลตเป็นวงจรที่ง่าย ราคาถูก แต่ข้อเสียคือวงจรทางภาคดีมอดูเลตจะเกิดความผิดพลาดได้ง่าย อันเนื่องมาจากสัญญาณรบกวนที่จะมีผลต่อขนาดของสัญญาณ และทางภาครับยังต้องมีวงจรชดเชยการลดทอนของสัญญาณ ในสายอัด โนมัติ และอัตราการส่งข้อมูลอยู่ในระดับที่ต่ำ

2.1.2 การเปลี่ยนความถี่ตามสัญญาณดิจิทัล (Frequency Shift Keying, FSK)

รูปคลื่นสัญญาณที่ได้จากการมอดูเลตแบบนี้ จะเป็นการเปลี่ยนความถี่ตามสัญญาณดิจิทัล ถ้าสัญญาณดิจิทัลเป็น 0 หรือเป็น 1 สัญญาณคลื่นพาหะที่ได้จะมีความถี่ที่ต่างกัน อัตราการส่งข้อมูลจะมีอัตราการส่งข้อมูลที่สูงกว่า เอ.เอส.เค เล็กน้อย สำหรับการส่งสัญญาณในสายที่มีแบนด์วิดท์ (Bandwidth) ไม่เกิน 3.4 KHz จะสามารถส่งอัตราบิตเลต ได้ไม่เกิน 1200 บิตต่อวินาที และวงจรยังมีส่วนประกอบของวงจรที่ง่าย และมีเสถียรภาพต่อสัญญาณรบกวนได้ดี

2.1.3 การเปลี่ยนเฟสตามสัญญาณดิจิทัล (Phase Shift keying, PSK)

รูปคลื่นพาหะที่ได้จะมีการเปลี่ยนเฟสตามสัญญาณดิจิทัล จะส่งสัญญาณที่ความถี่เดียวกัน แต่เฟสของสัญญาณ จะต่างกันตามสัญญาณดิจิทัลที่เข้ามา 0 กับ 1 มีเฟสต่างกัน 180 องศา วงจรของภาครับและภาคส่งข้อมูลมีความยุ่งยากมาก ราคาสูง แต่สามารถส่งอัตราข้อมูลได้สูงกว่า 1200 บิตต่อวินาที แต่ไม่ค่อยมีเสถียรภาพต่อสัญญาณรบกวนนัก



รูปที่ 2.1 แสดงการมอดูเลตสัญญาณดิจิทัลแบบต่างๆ

จากที่กล่าวมาการส่งสัญญาณแบบ เอฟ.เอส.เค จะมีเสถียรภาพต่อสัญญาณรบกวนได้ดีกว่าแบบ เอ.เอส.เค และ พี.เอส.เค ถึงแม้ว่าอัตราการส่งข้อมูลอยู่ในระดับที่น้อยกว่า พี.เอส.เค แต่การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าไม่จำเป็นจะต้องใช้อัตราการส่งข้อมูลที่สูงมากนัก แต่ต้องการความเสถียรภาพต่อสัญญาณที่สูงดังนั้นเราจึงเลือกใช้การส่งข้อมูลแบบ เอฟ.เอส.เค

การมอดูเลตแบบ เอฟ.เอส.เค. ที่ใช้จะใช้ความถี่อยู่ 2 ความถี่ ที่สถานะลอจิก “1” ใช้ความถี่ 125 KHz เป็นความถี่มาร์ค (Mark Frequency) และที่สถานะลอจิก “0” ใช้ความถี่ 115 KHz เป็นความถี่สเปซ (Space Frequency) อัตราการส่งข้อมูลทางอินพุทเรียกว่าอัตราบิต (Bite Rate) โดยมีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที (bps) และอัตราการรับข้อมูลทางด้านรับเรียกว่าอัตราบอด (Baud Rate) ดังนั้น การส่งสัญญาณในอัตราบิตและอัตราบอดต้องเท่ากันเสมอ

สัญญาณที่ลอจิก 0 ให้เป็น ω_1 และที่ลอจิก 1 ให้เป็น ω_2 และเราก็จะได้สมการการมอดูเลตแบบ FSK ตามสมการนี้

$$V(t) = A \cdot \cos(\omega_c \pm \Delta \omega) t \quad (2.1)$$



ขนาดของสัญญาณ FSK

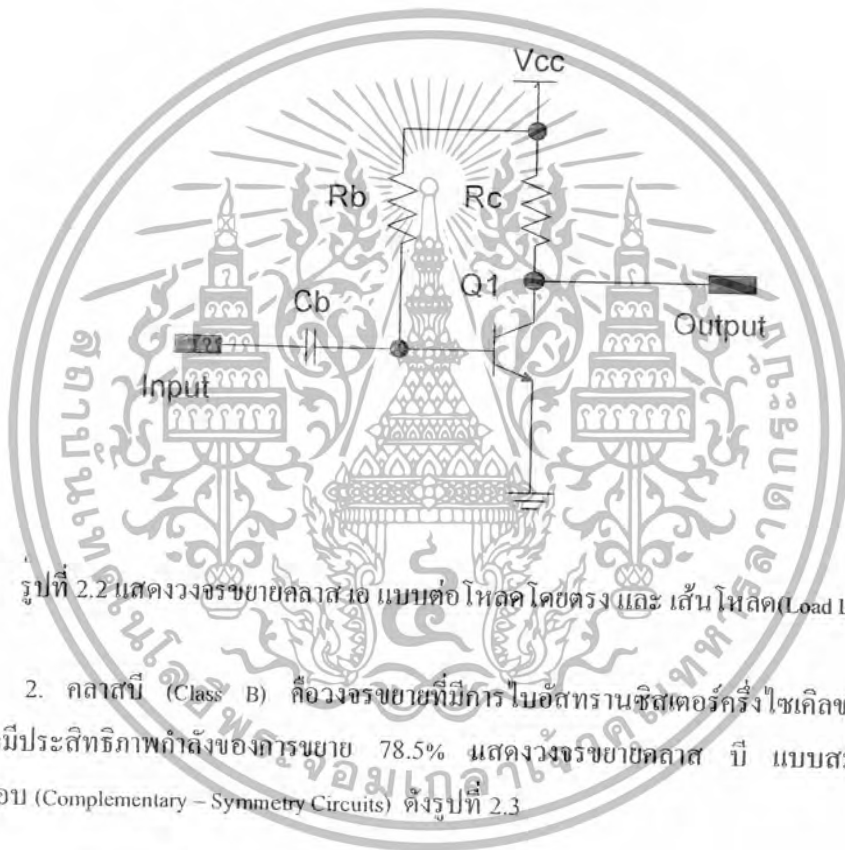
$2\pi f$

ความถี่เที่ยงเบนของความถี่มาร์ค และ ความถี่สเปซ
กลาง

2.2 วงจรขยายกำลัง (POWER AMPLIFIERS)

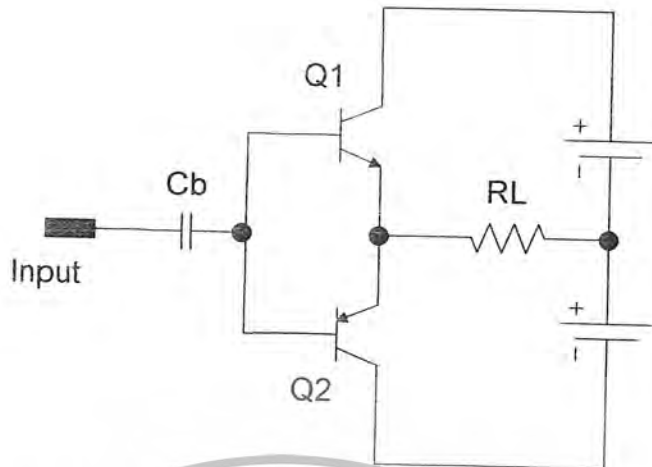
2.2.1 วงจรขยายกำลังแบ่งเป็น 5 คลาสดังนี้

1. คลาส เอ (Class A) คือ วงจรขยายที่มีการไบอัสทรานซิสเตอร์ตลอดไซเคิล หรือ 1 คาบเวลา ของสัญญาณอินพุต แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ แบบต่อโหลดโดยตรงซึ่งมีประสิทธิภาพกำลังของการขยาย 25 % และแบบต่อโหลดกับหม้อแปลงไฟฟ้าซึ่งมีประสิทธิภาพกำลังของการขยาย 50% แสดงวงจรขยายคลาส เอ แบบต่อโหลดโดยตรง ดังรูปที่ 2.2



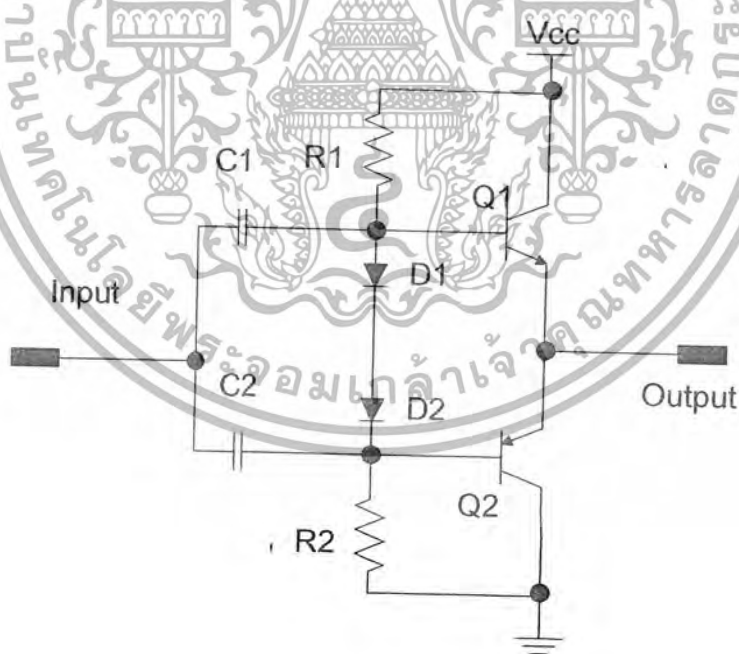
รูปที่ 2.2 แสดงวงจรขยายคลาสเอ แบบต่อโหลดโดยตรง และ เส้น โหลด(Load Line)

2. คลาส บี (Class B) คือวงจรขยายที่มีการไบอัสทรานซิสเตอร์ครึ่งไซเคิลของสัญญาณอินพุตมีประสิทธิภาพกำลังของการขยาย 78.5% แสดงวงจรขยายคลาส บี แบบสมมาตรเชิงคู่ ประกอบ (Complementary – Symmetry Circuits) ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงวงจรขยายคลาส บี แบบสมมาตรเชิงคู่ประกอบ

3. คลาส เอบี (Class AB) คือวงจรขยายที่นิยมนำไปใช้สำหรับขับโหลดในช่วงระหว่างครึ่งไซเคิลกับเต็มไซเคิล หรือมากกว่าครึ่งไซเคิล แต่ไม่เกิน 1 ไซเคิล มีประสิทธิภาพกำลังของการขยายประมาณ 50% ดังแสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 วงจรคลาส เอบี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. คลาส ซี (Class C) คือ วงจรขยายที่มีการไบอัสทรานซิสเตอร์ต่ำกว่าครึ่งไซเคิล
5. คลาส ดี (Class D) คือ วงจรขยายที่ใช้กับสัญญาณพัลส์ดิจิทัล (Pulse Digital Signal) โดย วงจรขยายจะเปิด (ON) เฉพาะสัญญาณช่วงสั้น แต่จะปิด (Off) เมื่อเกิดสัญญาณช่วงยาวและมี ประสิทธิภาพกำลังของการขยายสูงกว่า 90%



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การออกแบบสร้างโมเด็ม (ภาคส่ง)

2.3.1 การมอดูเลตสัญญาณดิจิทัลสองทางความถี่ (FSK Modulator)

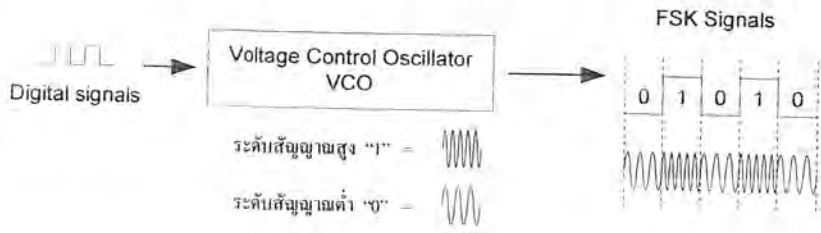
การมอดูเลตสัญญาณดิจิทัลสองทางความถี่ คือการมอดูเลตทางความถี่ของคลื่นพาห์ โดยความแตกต่างของความถี่ คลื่นพาห์จะบอกถึงค่าของข้อมูลดิจิทัล

การมอดูเลตสัญญาณดิจิทัลสองทางความถี่ (FSK Modulator) จะทำการเปลี่ยนข้อมูลดิจิทัลแบบอนุกรมเป็นคลื่นไซน์อนาล็อก โดยความถี่สูงแทนลอจิก "1" หรือความถี่ "มาร์ค" และความถี่ต่ำแทนลอจิก "0" หรือความถี่ "สเปซ" โดยป้อนข้อมูลดิจิทัลเข้าสู่วงจร FSK Generator ตามรูปที่ 4.1

วงจร FSK Generator จะทำหน้าที่เปลี่ยนข้อมูลดิจิทัลเป็นความถี่คลื่นไซน์อนาล็อกตามระดับของลอจิกของสัญญาณดิจิทัล

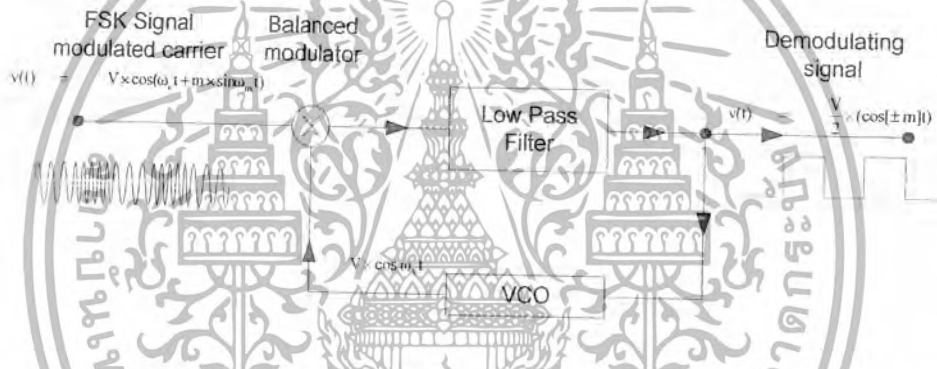


การทำงานตามรูปข้างบนนี้จะมีวงจรกำเนิดความถี่ 2 วงจรคือ วงจรผลิตความถี่สูง (High frequency) และวงจรผลิตความถี่ต่ำ (Low frequency) ในการกำเนิดสัญญาณ FSK เบื้องต้นนั้นเราจะใช้สวิตซ์ในการ เปิด/ปิด ความถี่ดังรูปข้างบน โดยสัญญาณดิจิทัลลอจิก "1" จะถูกแทนด้วยความถี่สูง และสัญญาณดิจิทัลลอจิก "0" จะถูกแทนด้วยความถี่ต่ำ จากนั้นจะสามารถรวมกันให้เป็นสัญญาณ FSK ส่งออกไปยังวงจรภาคต่อไป



รูปที่ 2.6 หลักการทำงานเบื้องต้นในการใช้วงจรโวลต์เตจคอนโทรลในการกำเนิดสัญญาณ FSK

สัญญาณดิจิทัลจะถูกป้อนเข้าสู่ วงจร โวลต์เตจคอนโทรลอสซิลเลเตอร์ เพื่อจะทำการเปลี่ยน เป็นสัญญาณ FSK โดยวงจร โวลต์เตจคอนโทรลอสซิลเลเตอร์ จะทำหน้าที่ในการแปลงระดับลอจิกของสัญญาณดิจิทัลไปเป็นความถี่ต่าง ๆ



รูปที่ 2.7 หลักการทำงานเบื้องต้น ในการดีมอดูเลตสัญญาณ FSK

หลักการทำงานก็คือแรงดันกระแสตรงที่ออกมาจากวงจร Low pass filter จะถูกใช้ควบคุมความถี่ของโวลต์เตจคอนโทรลอสซิลเลเตอร์ซึ่งถ้าความถี่อินพุตเปลี่ยนไปแรงดันที่ควบคุมโวลต์เตจคอนโทรลอสซิลเลเตอร์นี้จะเปลี่ยน วงจรนี้ต้องถูกออกแบบมาเพื่อให้การเปลี่ยนแปลงแรงดันนี้ไป เปลี่ยนแปลงแรงดันนี้ไปเปลี่ยนแรงดันที่ควบคุมโวลต์เตจคอนโทรลอสซิลเลเตอร์ให้เคลื่อนไปตามอินพุตด้วยก็จะทำให้ได้รูปซึ่งควบคุมความถี่ด้วยโวลต์เตจคอนโทรลอสซิลเลเตอร์ที่ทำงานกับความถี่อินพุต ถ้าการเปลี่ยนแปลงของความถี่อินพุตอันเนื่องมาจากอินพุตสัญญาณพีริแควนซีซีพีซีอี้ง โวลต์เตจคอนโทรลอสซิลเลเตอร์ที่ควบคุมแรงดันก็จะเป็นแรงดันซึ่งเปลี่ยนแปลงเป็นขั้นด้วยสัญญาณพีริแควนซีซีพีซีอี้ง ดังนั้น โวลต์เตจคอนโทรลอสซิลเลเตอร์ที่ควบคุมแรงดัน จะเป็นตัวดีมอดูเลตข้อมูลพีริแควนซีซีพีซีอี้ง

สัญญาณพรีแอมป์ที่ขั้วอินพุตและเอาต์พุตของโวลต์เดจคอนโทรลอสซิลเลเตอร์จะผ่านเข้ามาสู่ วงจรมอดูเลเตอร์ (Balance Modulator) ให้สัญญาณพรีแอมป์ที่ขั้วอินพุตมีสมการเป็น

$$v(t) = v \times \cos(\omega_c t + m \times \sin \omega_m t) \quad (2.2)$$

และด้วยรูปคลื่นมอดูเลตที่เป็น ไบนารีก็จะได้

$$v(t) = v \times \cos(\omega_c t \pm m) \quad (2.3)$$

ให้สัญญาณโวลต์เดจคอนโทรลอสซิลเลเตอร์เป็น $v \times \cos \omega_v t$

เมื่อคูณเข้าด้วยกันจะได้
$$v(t) = v \times \cos(\omega_c t \pm m) \times \cos \omega_v t$$

$$= \frac{v}{2} \times (\cos[\omega_c + \omega_v \pm m]t + \cos[\omega_c - \omega_v \pm m]t) \quad (2.4)$$

ถ้าความถี่ ω_c และ ω_v มีค่าเท่ากันก็จะได้

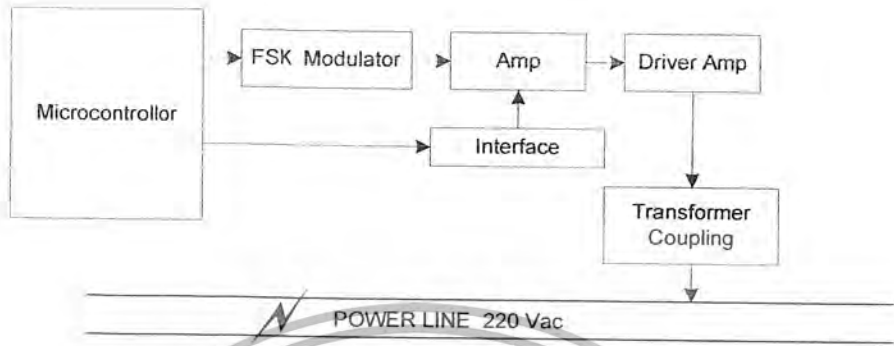
$$v(t) = \frac{v}{2} \times (\cos[2\omega \pm m]t + \cos[\pm m]t) \quad (2.5)$$

ในเทอมของ 2ω จะถูกกรองออกไปด้วยวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านเหลือแต่

$$v(t) = \frac{v}{2} \times \cos[\pm m]t \quad (2.6)$$



2.4 การออกแบบวงจรภาคส่งสัญญาณและภาครับสัญญาณ



รูปที่ 2.8 แสดงการทำงานของวงจรภาคส่งข้อมูล

2.4.1 FSK Modulator

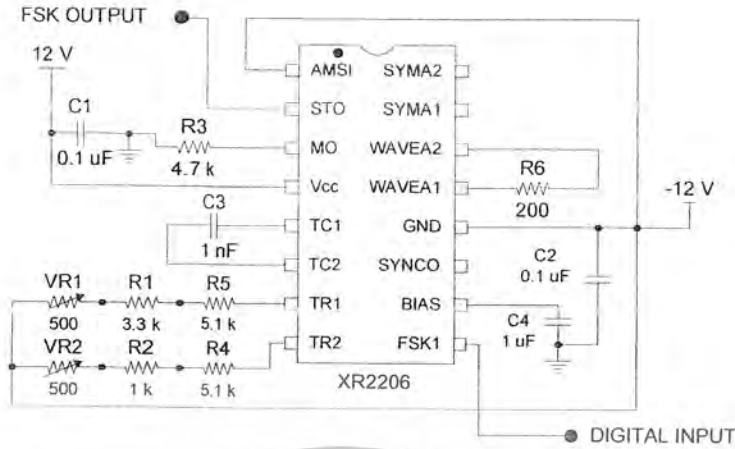
ภาคกำเนิดสัญญาณฟรีควีนซ์ดิจิทัล โดยเลือกใช้ไอซีเบอร์ XR-2206 โดยจะทำหน้าที่เปลี่ยนข้อมูลดิจิทัลที่ส่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นสัญญาณฟรีควีนซ์ดิจิทัล โดยส่งบิต "1" ที่ความถี่ 125 กิโลเฮิร์ตซ์ และส่งบิต "0" ที่ความถี่ 115 กิโลเฮิร์ตซ์ โดยค่าความถี่ที่ 7 และ 8 ของไอซีจะเป็นตัวกำหนดความถี่ของสองสัญญาณ 1 และ 0 ที่เข้ามาจากขา 9 ของไอซีวงจรกำเนิดสัญญาณฟรีควีนซ์ดิจิทัลดังแสดงในรูปที่ 2.9

เมื่อสัญญาณ อินพุต FSK เป็น "0" ซึ่งจะให้ เอาต์พุต FSK เป็น ซาห์น 115 กิโลเฮิร์ตซ์

$$f_1 = \frac{1}{R_1 C} \quad (2.7)$$

เมื่อสัญญาณ อินพุต FSK เป็น "1" ซึ่งจะให้ เอาต์พุต FSK เป็น ซาห์น 125 กิโลเฮิร์ตซ์

$$f_2 = \frac{1}{R_2 C} \quad (2.8)$$



รูปที่ 2.9 วงจรกำเนิดสัญญาณฟรีควนซีซีพียิ่ง

2.4.2 วงจรเลือกระดับสัญญาณในการส่ง

ภาคเลือกขนาดสัญญาณเอาต์พุต (Select amp) โดยสัญญาณจากวงจรกำเนิดสัญญาณฟรีควนซีซีพียิ่งจะผ่านวงจรบัฟเฟอร์ เพราะวงจรมกำเนิดสัญญาณฟรีควนซีซีพียิ่ง มีค่าเอาต์พุตอิมพีแดนซ์สูง แล้วจะเข้าส่วนเลือกขนาด โดยใช้หลักการโวลทิจไดวิเดอร์ (Voltage Divider) แบ่งระดับแรงดันออกเป็น 4 ระดับ โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นส่วนควบคุมการเลือกระดับของขนาดสัญญาณ ผ่าน ทรานซิสเตอร์ (CMOS QUAD ANALOG SWITCH) เบอร์ 4066 ทำการเลือกขนาดสัญญาณ แล้วส่งไปยังวงจรขยายสัญญาณ ดังแสดงในรูปที่ 2.11

การออกแบบการคำนวณอัตราขยายของวงจรบัฟเฟอร์

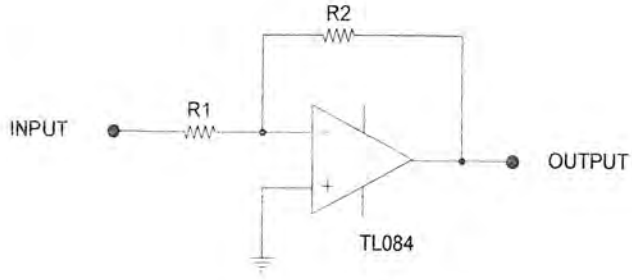
$$AV = \frac{V_{out}}{V_{in}} \tag{2.9}$$

การคำนวณอัตราขยายของวงจรขยายสัญญาณ ดังรูปที่ 5.3

$$0 = VA \left(\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} \right) - \frac{V_{in}}{R1} - \frac{V_{out}}{R2}$$

$$AV = \frac{V_{out}}{V_{in}} = - \frac{R2}{R1} \tag{2.10}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 วงจรขยายสัญญาณ

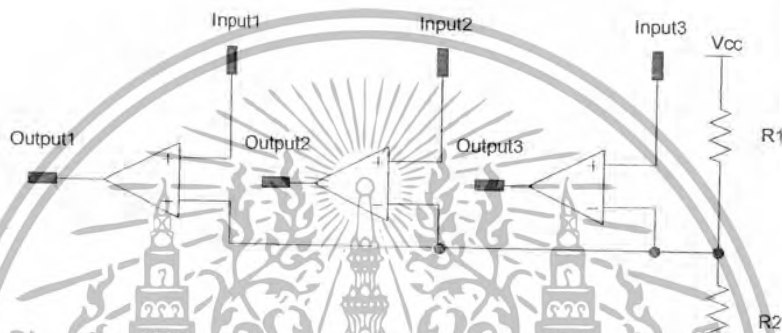


รูปที่ 2.11 วงจรปรับขนาดของสัญญาณเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 INTERFACE BUFFER

วงจร อินเทอร์เฟซบัฟเฟอร์ (Interface Buffer) ทำหน้าที่เป็นอินเทอร์เฟซ ระหว่าง ไมโครคอนโทรลเลอร์ และ ไอซีเบอร์ 4066 เนื่องจากไอซีทั้งสองตัวใช้แรงดันเลี้ยงวงจร ไม่เท่ากัน จึงต้องผ่านวงจรอินเทอร์เฟซเปลี่ยนระดับแรงดันให้อยู่ในช่วงที่ต้องการ ซึ่งประกอบด้วยวงจรคอมพาราเตอร์ (Comparator) ตรวจสอบระดับแรงดันอินพุตถ้า $> 2v$ จะให้ เอาท์พุท $12v$ แต่ถ้า $< 2v$ จะให้ เอาท์พุท $-12v$ ซึ่งจะทำให้ไอซี 4066 สามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง ซึ่งจะมีทั้งหมด 4 วงจร ดัง วงจรแสดงในรูปที่ 5.5



รูปที่ 2.12 วงจร อินเทอร์เฟซบัฟเฟอร์

2.4.4 DRIVE

วงจรขับสัญญาณ (Drive) ทำหน้าที่ขับสัญญาณ FSK จากภาคเลือกระดับสัญญาณ ออกที่ สายไฟฟ้ากำลัง โดยในส่วนของวงจรขับสัญญาณ นั้นจะใช้วงจรขยายคลาส เอบี เป็นภาคขับ สัญญาณ ซึ่งจะถูกควบคุมการทำงาน (Enable) ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์อีกทีหนึ่งเพื่อทำการสลับ การรับและส่งข้อมูล

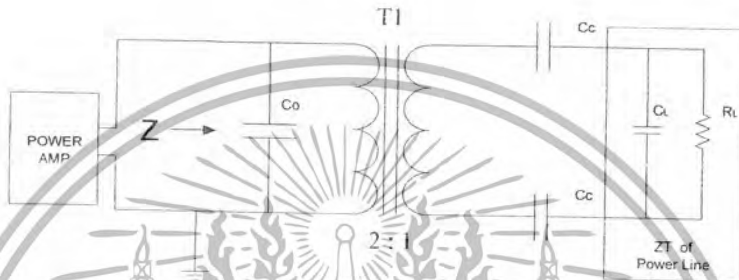
T1 (Coupling Transformer) ทำหน้าที่คัปปลิงสัญญาณจากภาคไดรฟ์ ไปยังสายส่งไฟฟ้า กำลัง และรับสัญญาณจาก สายไฟฟ้าเข้ามา

C_o ต่อขนานกับ T1 เป็นวงจรแทงก์รีโซแนนซ์(Tank resonance) โดยมีความถี่กลางอยู่ที่ 120KHz

Cc ต่ออนุกรมกับสายไฟฟ้ากำลังและหม้อแปลงคัปปลิ่ง โดย Cc และ T1 ต่อเป็นวงจรกรองความถี่สูงผ่าน(Highpass Filter) ที่ความถี่กลาง(120KHz)ค่าอิมพีแดนซ์ของCc ควรค่าต่ำกว่าอิมพีแดนซ์ของสายไฟฟ้ากำลังเพื่อมิให้กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ Cc มาก

การออกแบบหาค่า Z ที่ POWER AMP ขั้วโหลด

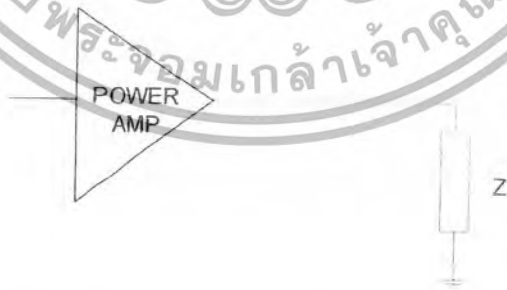
โดยกำหนดให้ ค่าอิมพีแดนซ์ที่สาย Power line เป็นดังรูปที่ 5.6



รูปที่ 2.13 แสดงค่าอิมพีแดนซ์ที่สาย Power line

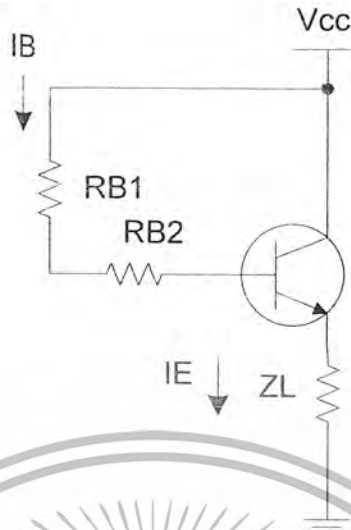
$$Z = \left[\frac{(R_L // C_L) + 2C_c}{n^2} \right] // C_o \tag{2.11}$$

จะแสดงวงจรเสมือน Z ดังรูปที่ 5.7



รูปที่ 2.14 แสดง Output อิมพีแดนซ์ AC line

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 แสดงวงจรไบอัส

กำหนดให้

แรงดัน output (V_p) = 4 Vp

อิมพีแดนซ์โหลด (Z_L) = 20 Ω

ค่าความต้านทาน (R_{B2}) = 330 Ω

$\beta = 100$

$$I_C = \frac{V_Z}{R_Z} = \frac{4}{20} \approx 200 \text{ mA} \quad (2.12)$$

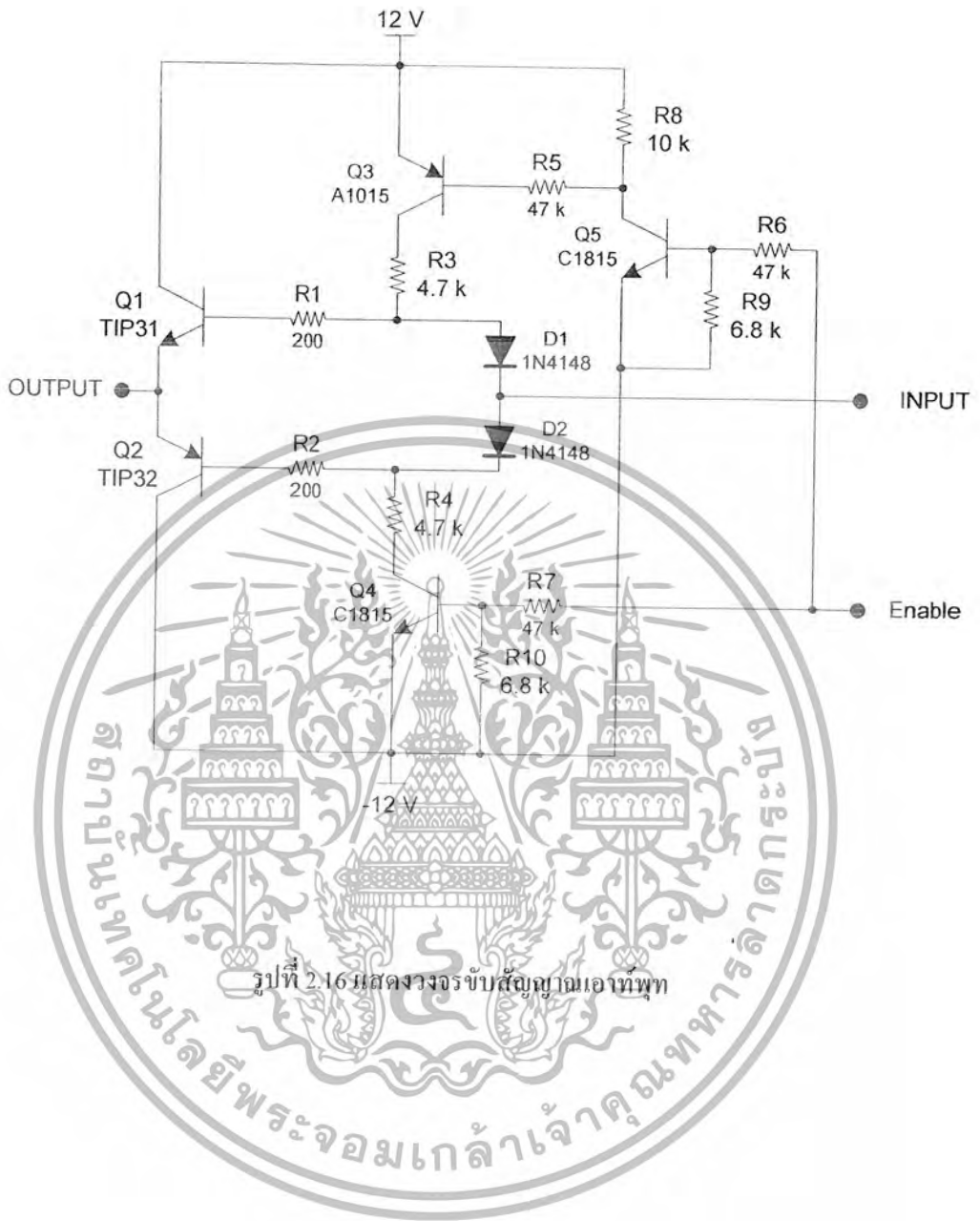
$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{200 \text{ m}}{100} = 2 \text{ mA} \quad (2.13)$$

$$I_B = \frac{V_{BB} - 0.6}{R_{B1} + R_{B2} + (\beta + 1)Z_L} \quad (2.14)$$

$$R_{B2} = \left(\frac{V_{BB} - 0.6}{I_B} \right) - R_{B1} - (\beta + 1)Z_L \quad (2.15)$$

$$R_{B2} = \left(\frac{12 - 0.6}{2 \text{ m}} \right) - 330 - (100 + 1)20 = 3.35 \text{ K}\Omega$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



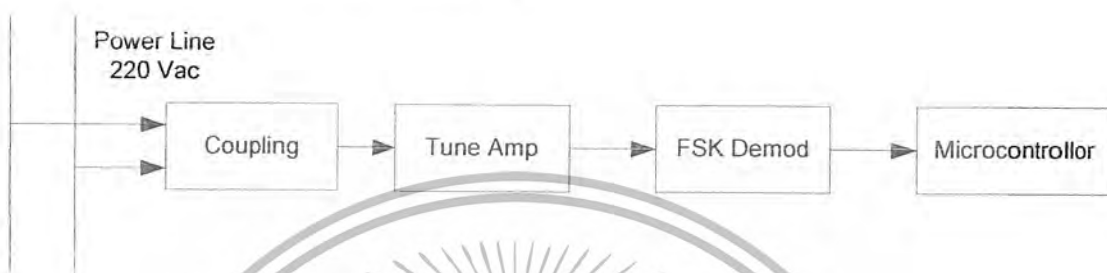
รูปที่ 2.16 แสดงวงจรรับสัณฐานเอาทพุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบสร้างโมเด็ม (ภาครับ)

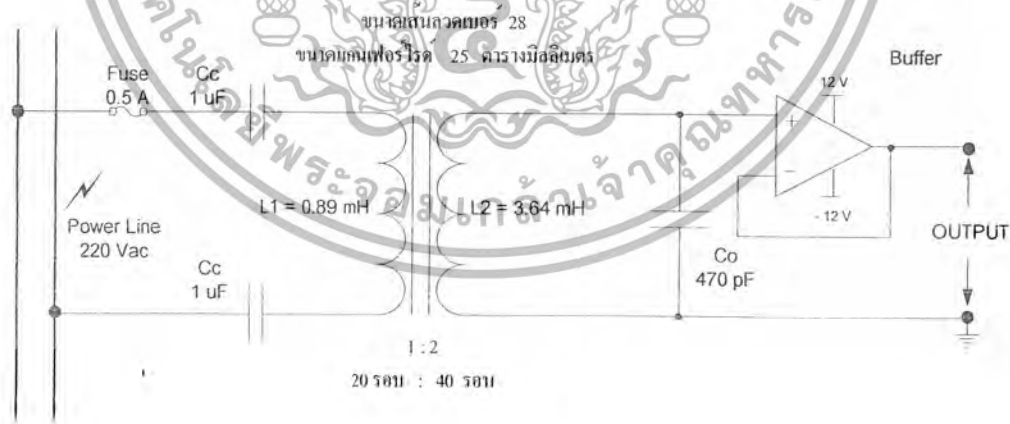
3.1.1 Block Diagrams ของภาครับข้อมูล



รูปที่ 3.1 Block Diagrams ภาครับข้อมูล

3.1.2 วงจรภาคคัปปลิงสัญญาณ โดยใช้หม้อแปลง

เราใช้อัตราส่วน 1:2 ในการพันหม้อแปลงคัปปลิง โดยทางด้านขด Primary เราจะใช้ตัวเก็บประจุทำการรโห้เนนรับกับหม้อแปลงเพื่อกำจัดสัญญาณที่ 50 เฮิร์ต ออกไป จากนั้นเราก็ใช้วงจรบีฟเฟอร์ในการที่จะทำให้การเสถทางด้าน Secondary เหล่น้อยที่สุด เพื่อลดพลังงานสูญเสียที่ขด Primary ให้น้อยที่สุด และยังลดค่านแรงดันมืววลที่เข้าไปขวนด้าน Primary ได้อีกด้วย

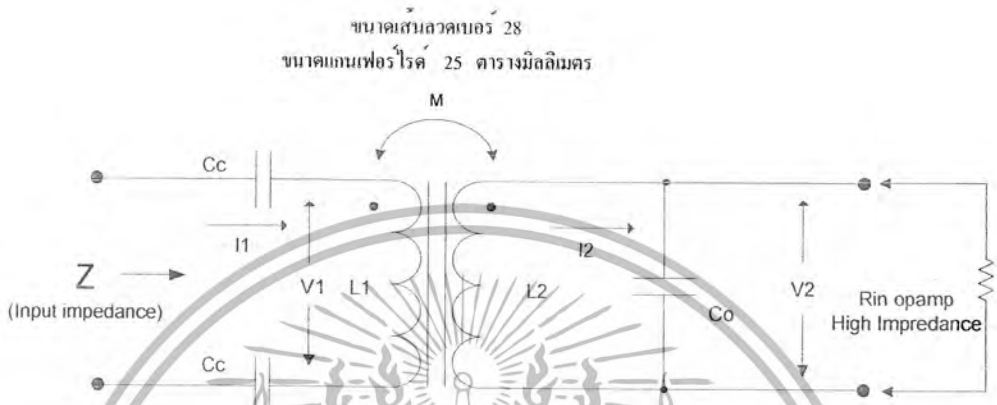


รูปที่ 3.2 แสดงการคัปปลิงด้วยหม้อแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณความถี่ Resonance

$$F_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2 C_c}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{3.64\text{ m} * 470\text{ p}}} = 121.6\text{ KHz} \quad (3.1)$$



รูปที่ 3.3 การแสดงการคำนวณค่า Impedance (Zin)

$$\begin{aligned} V_1 &= sL_1 I_1 + sM I_2 \\ 0 &= sM I_1 - (Z_o + sL_2) I_2 \end{aligned}$$

โดย $s = j2\pi f$; $Z_o = \frac{1}{sC_o}$; $M = \sqrt{L_1 L_2}$

จะได้

$$Z = \frac{V_1}{I_1} = \frac{sZ_o L_1 + s^2 L_1 L_2 - s^2 M^2}{Z_o + sL_2} \quad (3.2)$$

นำไปพล็อตกราฟตามสมการที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Clear[L1,L2,Cc,Co,S,Z]
L1 = 0.91*10^-3
L2 = 3.64*10^-3
Co = 470*10^-12
Cc = 1*10^-6
M = sqrt(L1*L2)
S = j*2*pi*x
Z1 = 1/(S*2*Cc)
Zo = 1/(S*Co)
Z[x_] = (S*Zo*L1 + S^2*L1*L2 + S^2*M^2)/(Zo + S*L2)
Plot[Abs[Z[x_]],{x,1,250000},AxesLabel->{"Frequency","Impredance"}]
    
```



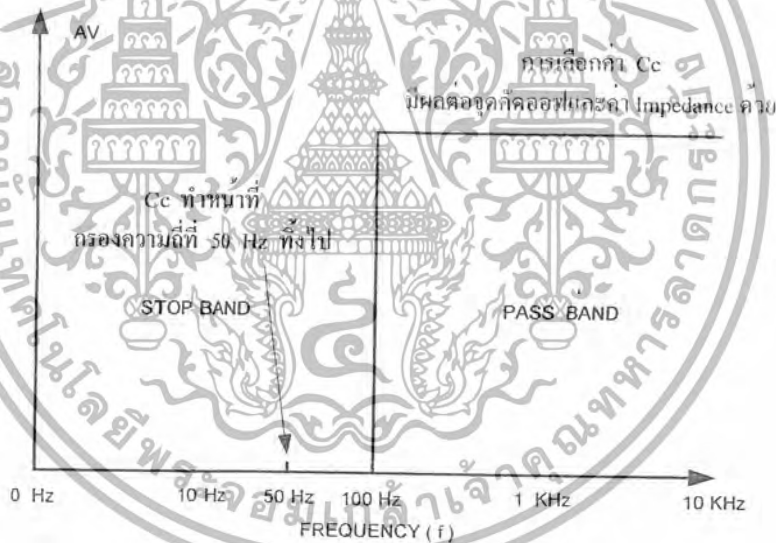
รูปที่ 3.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Zin ที่ความถี่ต่างๆ

ผลการคำนวณ Z ที่มองเข้ามาจาก Power Line สู่วงจร จะมีค่ามากที่สุดที่ความถี่ของ วงจร Tank Resonance ที่ทางค้ำในของ Transformer จากการคำนวณนี้เราได้ทำการวัดค่า L1, L2 แล้วนำมาคำนวณหาค่า Co และ Cc เพื่อทำการ คับปลั๊งสัญญาณ FSK ออกมาจาก Power Line การหาค่า Cc นั้นเราควรเลือกค่า Impedance ของ Cc ให้ต่ำกว่า Impedance ของ Power Line เมื่อเราคำนวณได้แล้วเราต้องคำนึงถึงการถ่ายทอดพลังงาน ไปสู่ Power Line มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

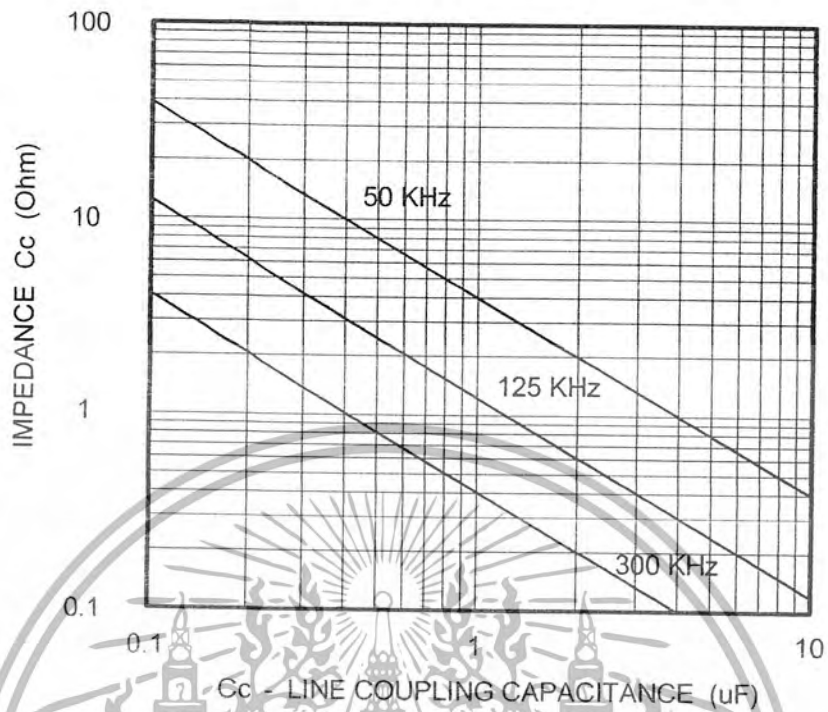
ถ้าเราดูตามกราฟที่คำนวณมาได้นั้นจะเป็นการ Tank Resonance ที่ทางด้านใน Secondary ของ Transformer จากทฤษฎี Maximum Power Transfer เราไม่สามารถทำ Maximum Power Transfer ที่ทาง Power Line ได้ เพราะโหลดของวงจรที่เราต่อเข้าไปที่ Power Line จะใช้ Power ใน Line เท่ากับ 1/2 เท่าของ Power in Power Line และเมื่อเราต่อลูกข่ายมากๆ เราจะไม่สามารถรับสัญญาณ FSK ใน Power Line ได้ ดังนั้นวงจร Resonance ทาง Power Line จะคำนวณไม่ให้เกิดสถานะ Series Resonance เพราะฉะนั้นการคำนวณค่าของ Cc นั้นเราจะทำการให้รองความถี่ต่ำออกไปคือความถี่ที่ 50 Hz ออกไปเท่านั้น

ผลของ Cc จะมีผลต่อจุด Cutoff frequency และ ค่า Output Impedance ของวงจรด้วย ถ้าเราเลือกค่า Cc นั้นสูงเกินไป เรามียจุด Cutoff frequency ที่สูงขึ้น แต่ค่า Output Impedance ก็ จะสูงตามไปด้วย ทำให้การส่งสัญญาณเข้าสายไฟฟ้าลดลงไป แต่ถ้าเราให้ค่า Cc ต่ำๆ เราจะมีค่า Cutoff frequency ที่ต่ำลงทำให้ความถี่ที่ 50 Hz นั้นปนมากับสัญญาณด้วย แต่ในทางกลับกัน เราจะได้ค่า Output Impedance ที่ต่ำลงทำให้เราสามารถส่งสัญญาณ FSK เข้าสายไฟฟ้ได้มากทำให้ การส่งสัญญาณนั้นได้ระยะทางมากขึ้น ดังนั้นการออกแบบจึงดูตนรูปต่อไปนี้



รูปที่ 3.5 แสดงการออกแบบเพื่อกรองความถี่ที่ 50 Hz ทิ้งไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แสดง การกำหนดค่า Z_c



3.1.3 การส่งผ่านกำลังงานสูงสุด

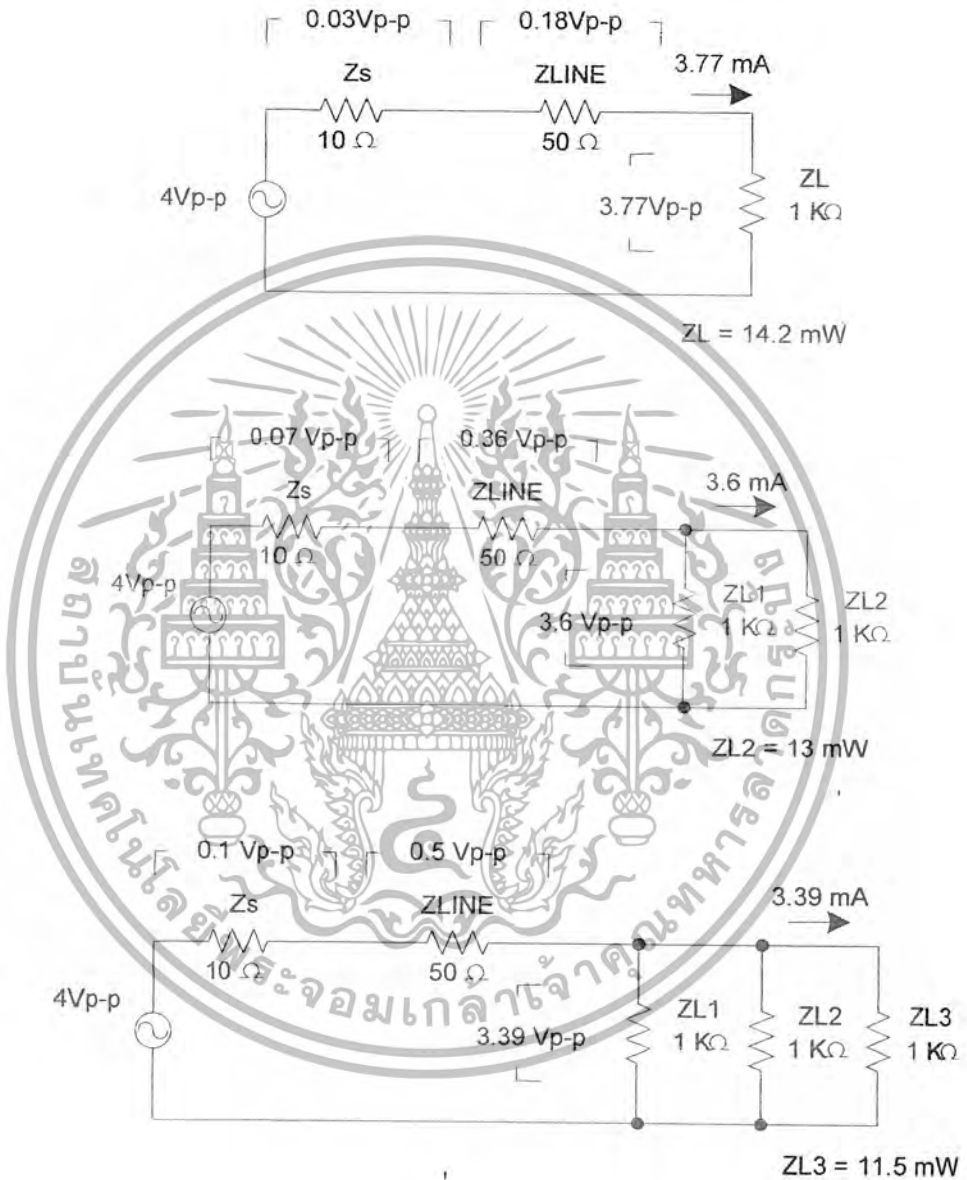
แสดงการต่อโหลดที่มีค่าอิมพีแดนซ์เท่ากับค่าอิมพีแดนซ์ของแหล่งจ่าย และการต่อโหลดเพิ่มซึ่งทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้ลดลง



รูปที่ 3.7 แสดงกำลังไฟฟ้าที่ค่าอิมพีแดนซ์ของโหลดเท่ากับแหล่งจ่าย

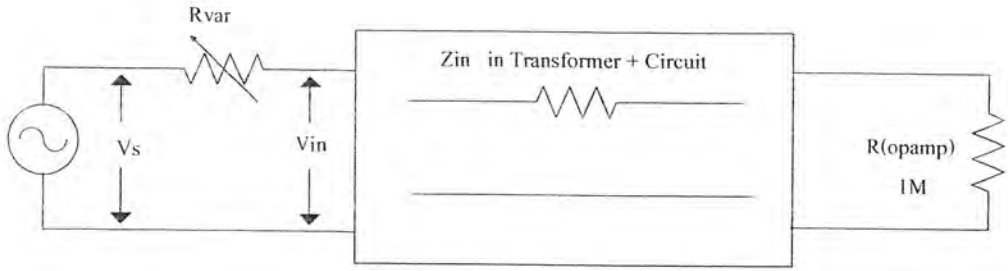
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงการต่อโหลดที่มีค่าอิมพีแดนซ์ไม่เท่ากับค่าอิมพีแดนซ์ของแหล่งจ่าย และการต่อโหลดเพิ่มซึ่งทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้ลดลงน้อยกว่าการต่อให้ค่าอิมพีแดนซ์ที่โหลดเท่ากับแหล่งจ่าย (เสมือน โหลดเป็นอิมพีแดนซ์อินพุทของภาครับ)



รูปที่ 3.8 แสดงกำลังไฟฟ้าที่ค่าอิมพีแดนซ์ของโหลดไม่เท่ากับแหล่งจ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



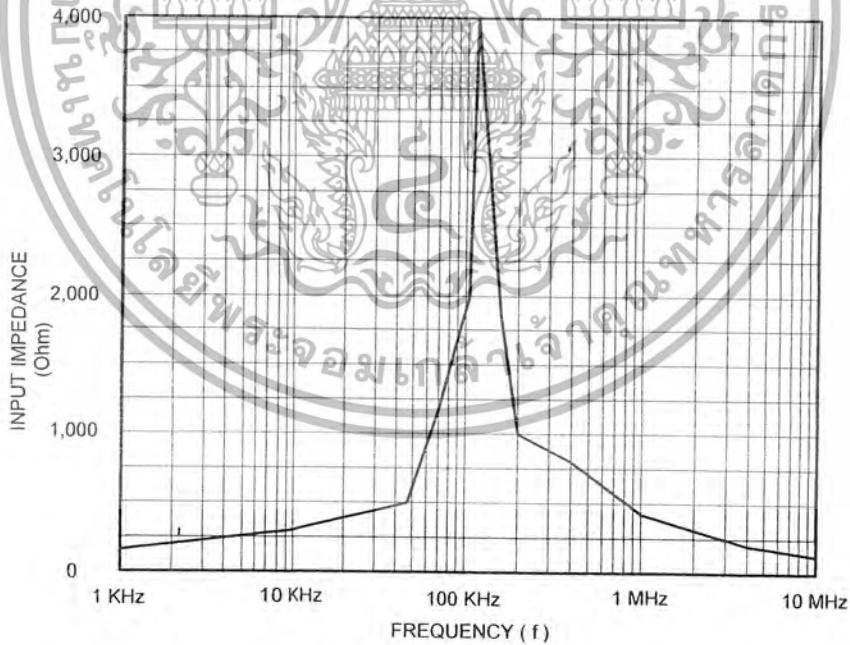
รูปที่ 3.9 การวัดค่า Input Impedance

การทดลองวัดค่า Input Impedance

การทดลองหาค่า Z_{in} ของวงจรกับหม้อแปลงนั้นทำได้โดยการ นำเอา V_s มาป้อนที่เอาต์พุตของหม้อแปลงโดยเราใส่ค่า $R(opamp)$ ประมาณ $1\text{ M}\Omega$ (Z_{in} ของ $opamp$) ทำการใส่ R_{var} เข้าไปดังรูป จากนั้นเปลี่ยนความถี่ขงต่าง ๆ ตามตารางการทดลอง การหา Z_{in} นั้นจะต้องทำการปรับ R_{var} ไป จน $V_{in} = \frac{V_s}{2}$ จากนั้นก็นำ R_{var} ไปวัดค่าที่ได้

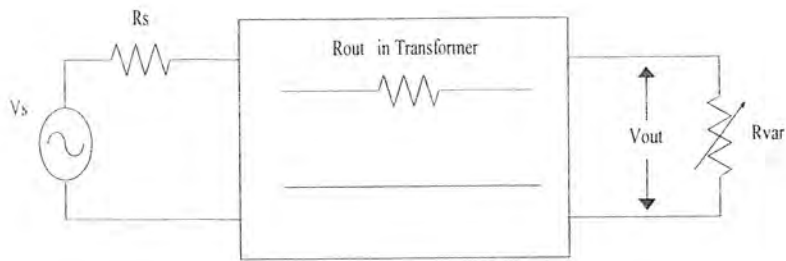
Frequency (KHz)	10	50	70	110	120	150	200	400	1000
Impedance (Kohm)	350	500	1.2	2	4	1.9	1	800	400

ตารางที่ 1.1 แสดงค่าอิมพีแดนซ์ที่เอาต์พุต



รูปที่ 3.10 แสดงค่าอิมพีแดนซ์ที่เอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



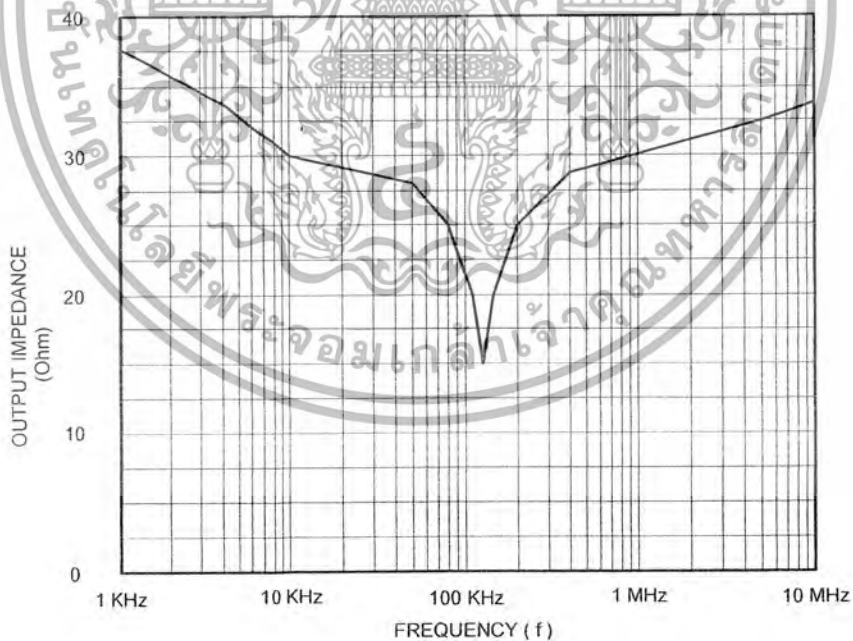
รูปที่ 3.11 การวัดค่า Output Impedance

ผลการทดลองวัดค่า Output ของ Transformer

ในการทำการทดลองนั้นเราเปลี่ยนแรงดัน V_s ตามรูป จากนั้นวัดค่าแรงดัน V_{out} ขณะที่ไม่มี R_{var} ใส่อยู่ แล้วทำการใส่ค่า R_{var} ไปที่ Output ของ Transformer ทำการปรับ R_{var} จนทำให้ $V_{out} = (V_{out \text{ no } R_{var}})/2$ พอทำการปรับได้แล้วก็นำ R_{var} ออกมาวัดค่าที่ได้แล้วบันทึกผล ขั้นตอนต่อไป ปรับความถี่ไปตามตารางจากนั้นก็เริ่มทำตามทดลองเหมือนเดิมต่อไป

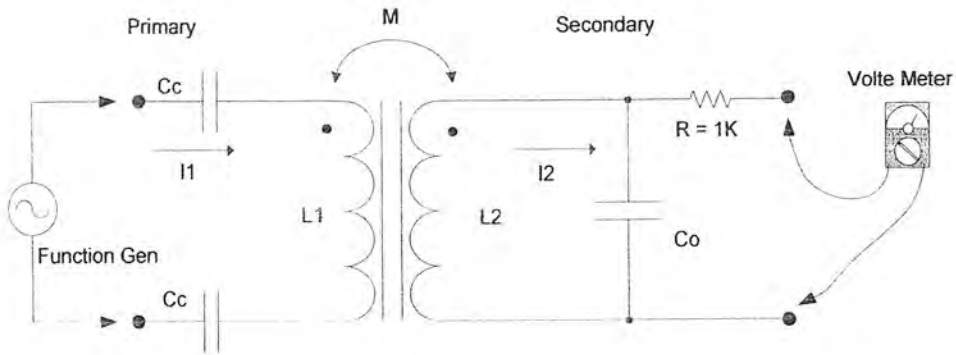
Frequency (KHz)	10	50	70	110	120	150	200	400	1000
Impedance (ohm)	30	28	25	20	15	22	25	28	30

ตารางที่ 1.2 แสดงการวัดค่าการตอบสนองของความถี่พุท



รูปที่ 3.12 แสดงการวัดค่าการตอบสนองของความถี่พุท

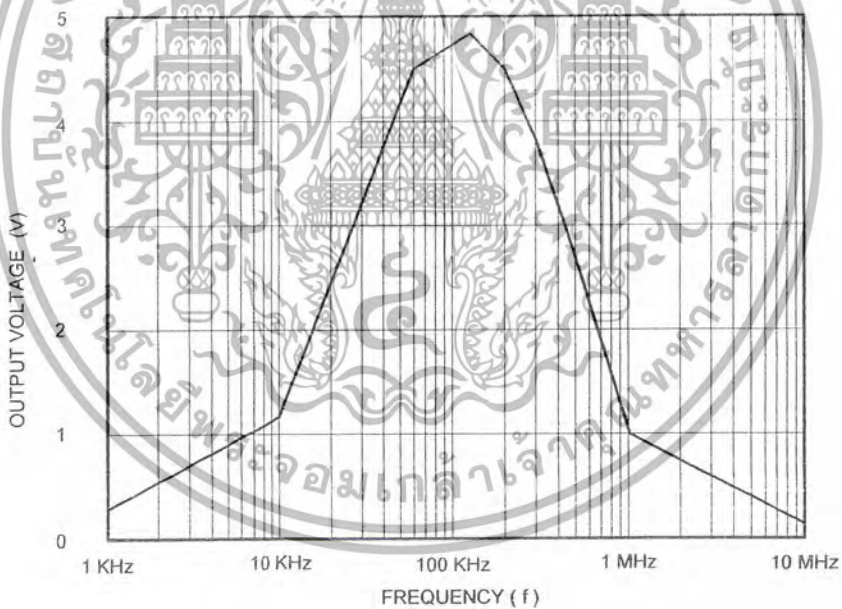
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 การวัดค่าการตอบสนองความถี่ ของการรับสัญญาณ FSK ที่ Transformer

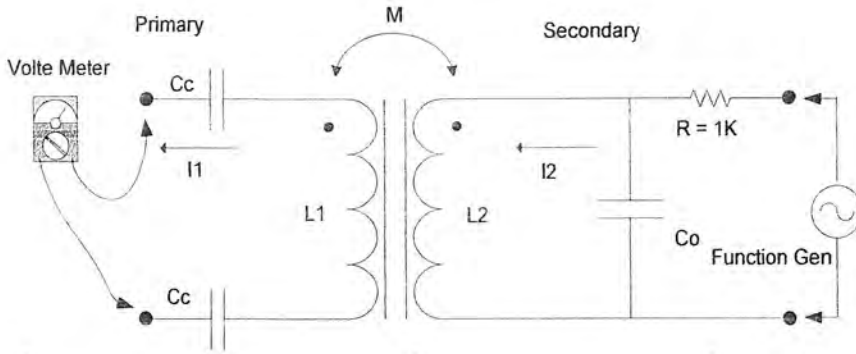
Frequency (KHz)	10	50	70	110	120	150	200	400	1000
Vin (V)	0.4	6.4	10.8	16.4	15.8	14	7.6	1.6	0.2

ตารางที่ 1.3 แสดงการวัดค่าการตอบสนองความถี่ ของการรับสัญญาณ FSK ที่ Transformer



รูปที่ 3.14 แสดงการวัดค่าการตอบสนองความถี่ ของการรับสัญญาณ FSK ที่ Transformer

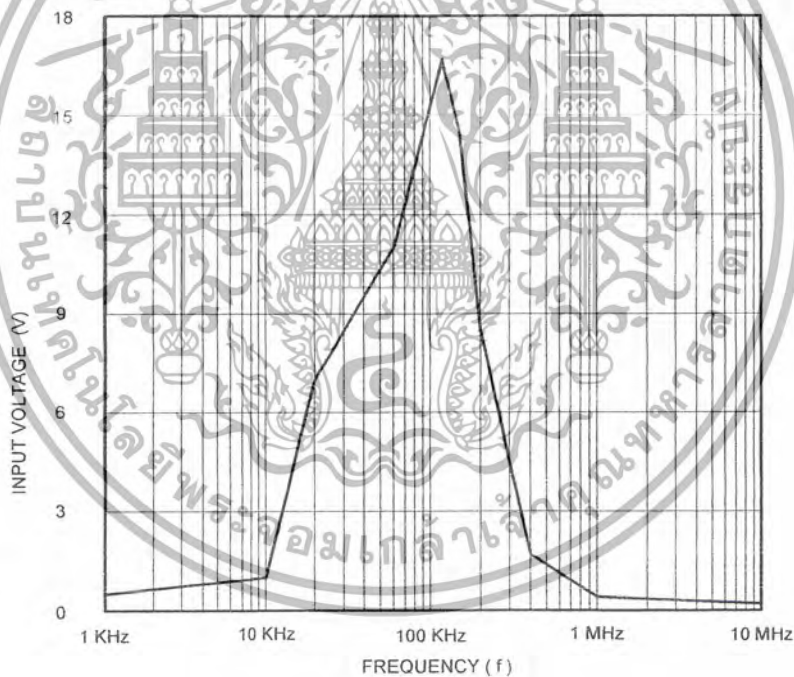
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 การวัดค่าการตอบสนองความถี่ ของการส่งสัญญาณ FSK ที่ Transformer

Frequency (KHz)	10	50	70	110	120	150	200	400	1000
Vout (V)	1.1	3.8	4.1	4.48	4.56	4.4	4.1	3.1	1

ตารางที่ 1.4 แสดงการวัดค่าการตอบสนองความถี่ของการส่งสัญญาณ FSK ที่ Transformer



รูปที่ 3.17 แสดงการวัดค่าการตอบสนองความถี่ของการส่งสัญญาณ FSK ที่ Transformer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 Tune Amplifier

เป็นวงจรที่สามารถให้ค่า Q ที่สูงมากอีกวงจรหนึ่ง ในวงจรที่เรานำมาเป็นตัวกรองความถี่ กลางที่ 120 KHz โดยมีแบนวิดท์ที่แคบ โดยค่าความถี่กลางจะขึ้นอยู่กับโหลดและ R_c ของ วงจรขยายที่มีค่าคงที่ทุกค่าของความถี่ ดังนั้นเราจะใช้การเปลี่ยนค่า Z_c เป็น LC เรโซแนนซ์ หรือวงจรเท็งค์แล้ว ค่าอัตราขยายของวงจรจะมีค่าสูงที่สุดที่ความถี่เรโซแนนซ์ ของ LC เพราะค่าอิมพีแดนซ์ของวงจรขนาน LC จะมีค่าสูงที่สุดที่ความถี่เรโซแนนซ์ดังนั้นค่าอัตรา การขยายของสัญญาณจะได้

$$|A_v| = \frac{\beta(Z_c // Z_L)}{r_{bc}} \quad (3.3)$$

โดยที่ Z_L มีค่าคงที่ เราแทน Z_c ด้วย (L1 , C2 , R3)



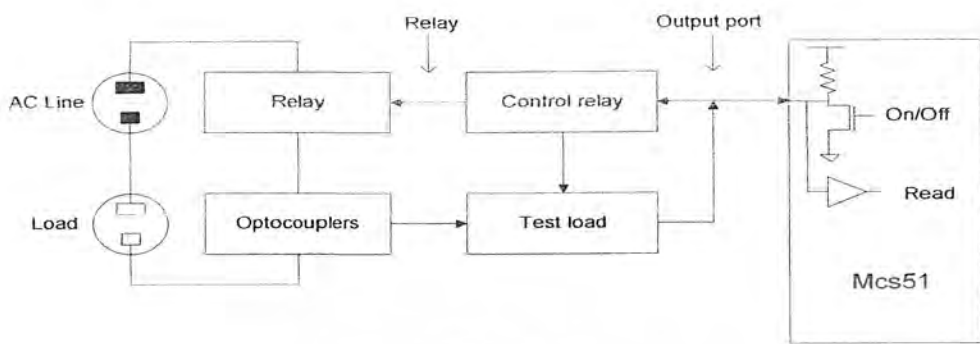
รูปที่ 3.18 แสดงวงจรจูน

$$F_R = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{390\mu * 4.52n}} = 120 \text{ KHz} \quad (3.4)$$

ที่ 3 dB เราจะหาแบนด์วิดท์ได้จากสมการดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.6 Block Diagrams วงจรเช็ค โหลด



รูปที่ 3.20 Block Diagrams วงจรตรวจสอบโหลด

Timing Diagrams

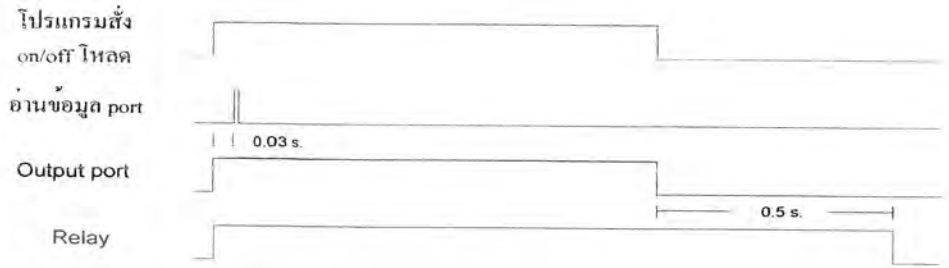
ในการส่งสัญญาณให้ Mcs51 รับทราบว่ามีโหลดต่ออยู่หรือไม่นั้น ไม่สามารถต่อเข้า Mcs51 ในเครื่องรับได้โดยตรง เนื่องจากจำนวน port ของ Mcs51 มีจำนวนไม่เพียงพอ กับการใช้งาน จึงจำเป็นต้องใช้วิธีการ แทรกข้อมูลเข้าที่ port ที่ใช้ควบคุมการเปิด/ปิดอุปกรณ์ต่างๆแทน โดยการ แทรกข้อมูลมีสองค่าคือ ต่อ โหลด และ ไม่ต่อโหลดดังแสดง Timing Diagrams ในรูปที่ 5.29 และ 5.30



รูปที่ 3.21 Timing Diagrams เมื่อไม่ต่อโหลด

จากรูปที่ 5.29 Time Diagrams จะเห็นได้ว่า Output port ถูกวงจรเช็คโหลด ทำการลดระดับสัญญาณลงเป็นระดับ "0" เมื่อเวลาผ่านไป 0.02 s. (เพื่อให้ Mcs51 อ่านข้อมูลที่ 0.03 s. ได้อย่างถูกต้อง) ซึ่ง Output port จะเป็น "0" เป็นเวลานาน 0.4s. เพื่อให้ Mcs51 อ่านข้อมูล แล้ววงจรจะเช็ค Output port ใหม่ว่าเป็นโลจิก "1" หรือ "0" ถ้าเป็น "1" จะกระทำซ้ำดังที่กล่าวมาแล้ว

การหน่วงค่าสถานะของRelay นั้นจะมากกว่าการหน่วงที่ output port เนื่องจากถ้าค่าหน่วงของRelay น้อยกว่าจะทำให้ Relay เปิด/ปิด เป็นช่วงพัลส์ตามสัญญาณ output port



รูปที่ 3.22 Timing Diagrams เมื่อต่อ โหลด

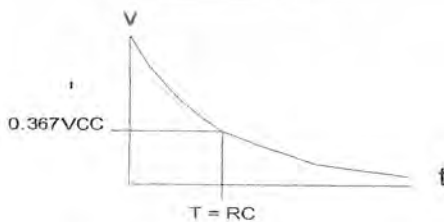
จาก รูปที่ 5.30 Timing Diagrams จะเห็นได้ว่า Output port มีสัญญาณเป็น “1” ที่เวลาผ่านไป 0.02 s. (ซึ่ง Mcs51 อ่านข้อมูลจะทราบว่ามี โหลดต่ออยู่) และจะเป็น “1” จนกว่า โปรแกรมจะสั่ง off

3.1.7 หลักการออกแบบ

ใช้หลักการ RC Time constant ให้ได้ค่าเวลาต่างๆที่ต้องการ



รูปที่ 3.23 วงจร RC Time constant



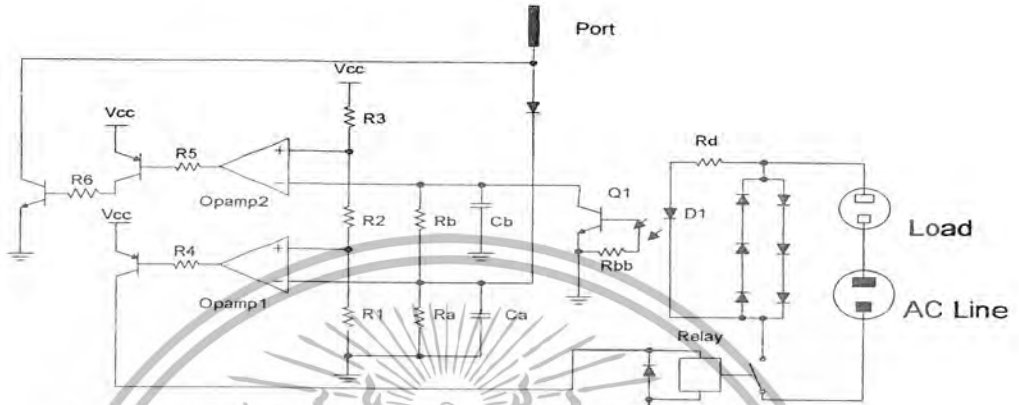
รูปที่ 3.24 RC Time constant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยสมการ V_c คือ

$$V_c = V_{cc} e^{-\frac{t}{RC}} \quad (3.6)$$

การออกแบบวงจร



รูปที่ 3.25 วงจรรีเลย์โหลด

3.1.8 อธิบายวงจรรีเลย์โหลด

การออกแบบใช้หลักการชาร์ท และ ค่ายประจุของตัวเก็บประจุ

โดยเมื่อ port มีแรงดันเป็น "1"

แรงดันจะถูกชาร์ตที่ Ca และ Cb และเมื่อแรงดันที่ Ca สูงขึ้นจนถึงแรงดันค่าหนึ่ง วงจร

Opamp1 ซึ่งคือเป็นวงจร comparator จะสั่งให้ relay ทำงาน

ในกรณีที่ไม่ต่อโหลด

โดยแรงดันที่ถูกชาร์ตที่ Cb จะสูงขึ้น จนทำให้วงจร Opamp2 ซึ่งคือเป็นวงจร Comparator จะสั่งให้ทรานซิสเตอร์ทำงานทำให้แรงดันที่ port เป็น "0"

ในกรณีที่ต่อโหลด

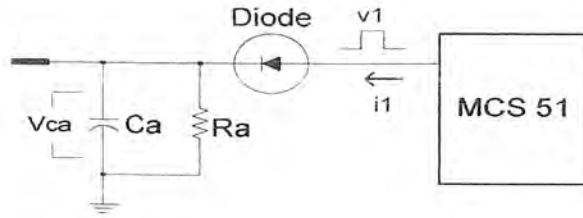
แรงดันที่ถูกชาร์ตที่ Cb จะลดต่ำลงเนื่องจากถูกคิสชาร์ต ผ่านวงจร Optocouplers ซึ่งควบคุมโดยกระแสโหลด

ถ้า port มีค่าเป็น "0"

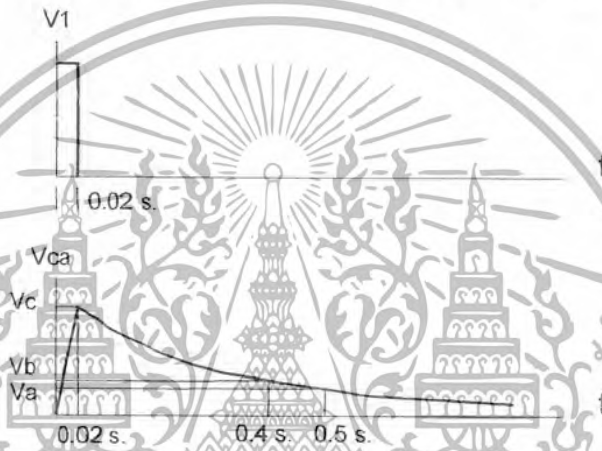
จะทำให้ Ca และ Cb ค่ายประจุออกเป็นผลให้ relay หยุดทำงาน

3.1.9 การคำนวณ

เมื่อไม่ต่อโหลด



รูปที่ 3.26 แสดงวงจรการหน่วงเวลาที่ 0.4 s. และ 0.5 s.



รูปที่ 3.27 แสดงระดับแรงดันค่าคงๆ ที่ต้องการหาค่าเวลา

อธิบายกราฟในรูปที่ 5.35

 V_a คือ ค่าระดับแรงดันของการคายประจุ C_a ที่ 0.5 s. V_b คือ ค่าระดับแรงดันของการคายประจุ C_a ที่ 0.4 s. V_c คือ แรงดันชาร์ตตัวเก็บประจุ C_a ที่ 0.02 s.จากบล็อกลไคอะแกรม $T = RC = 0.5$ s.

$$T = 0.5RC$$

ปรับค่า R และ C ให้เหมาะสม

$$R = 1 \text{ M}\Omega$$

$$C = 0.5 \text{ }\mu\text{F} = 0.47 \text{ }\mu\text{F}$$

สามารถหาแรงดัน V_c ที่(ช่วงเวลาชาร์ตประจุ)

$$\text{โดย } i_1 = 2 \text{ mA.}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$V_c = V_{cc}(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) = (V_{cc} - 0.7)(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \quad (3.7)$$

$$V_c = (12 - 0.7)(1 - e^{-\frac{0.02}{(\frac{12}{2m})^{0.47\mu}}})$$

$$V_c = 11.3 \text{ V.}$$

สามารถหาแรงดัน V_a ที่ระยะเวลา 0.5 s.(ช่วงเวลาที่่ายประจุ)

$$V_a = (V_{cc} - V_d)(e^{-\frac{t}{RC}}) \quad (3.8)$$

$$= (12 - 0.7)(e^{-\frac{0.5}{0.5}})$$

$$= 4.157 \text{ V.}$$

สามารถหาแรงดัน V_b ที่ระยะเวลา 0.4 s.(ช่วงเวลาที่่ายประจุ)

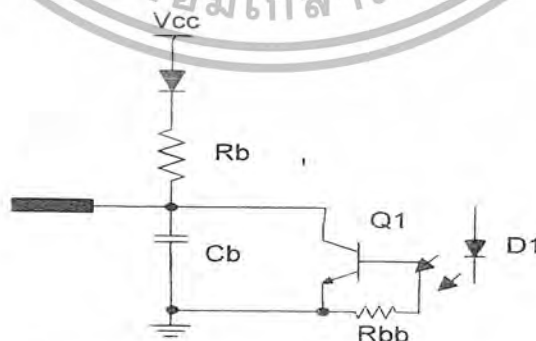
$$V_b = (V_{cc} - V_d)(e^{-\frac{t}{RC}})$$

$$= (12 - 0.7)(e^{-\frac{0.4}{0.5}})$$

$$= 5.077 \text{ V.}$$

เมื่อต่อ โหลด

จากวงจรที่ออกแบบ เมื่อทำการต่อโหลดแล้วจะทำให้ แรงดันตกคร่อม V_{cb} จะตกลงเป็นผลจากวงจร Optocouplers ภายประจุ C_b



รูปที่ 3.28 แสดงวงจรการหน่วงเวลาที่ 0.2 s.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

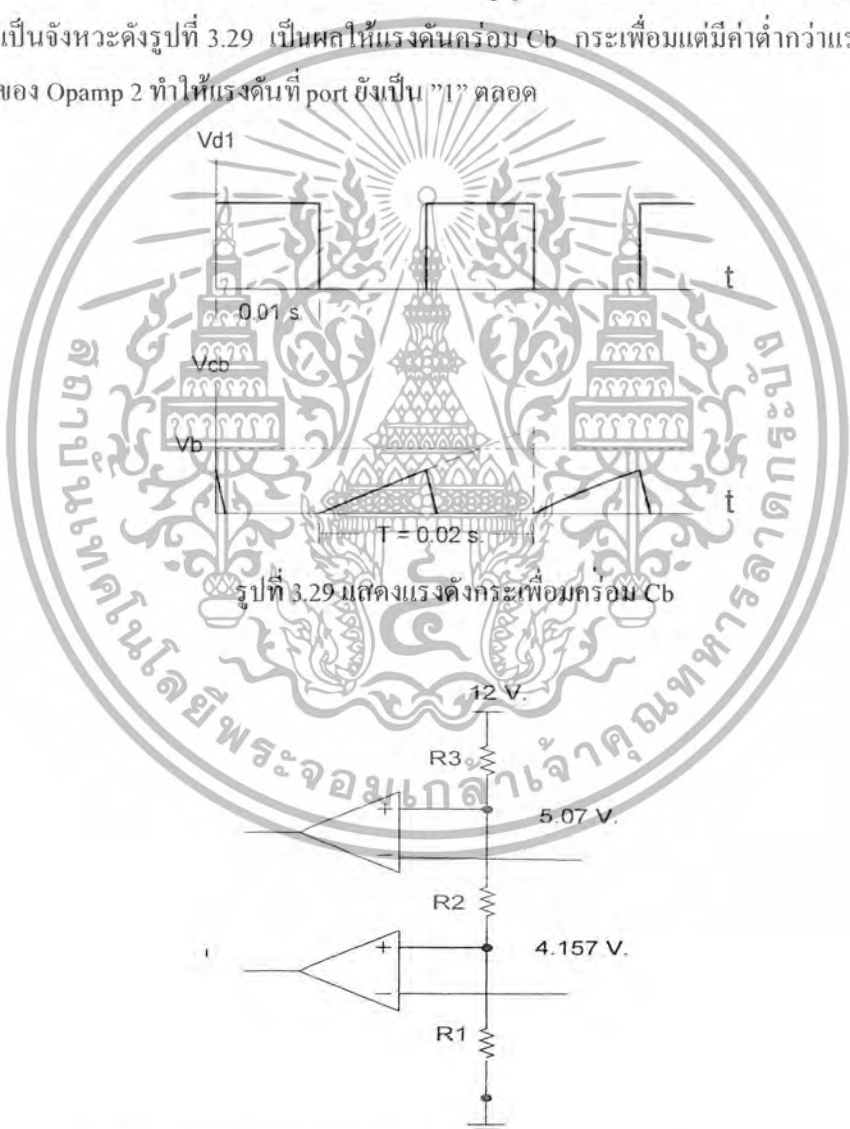
ช่วงเวลาการหน่วงเวลา 0.02 s. กำหนดโดยRbและCb โดยกำหนดให้ Rb = 1 MΩ

$$C = \frac{-t}{R \ln\left(1 - \frac{V_c}{V_{cc} - 0.7}\right)} \tag{3.9}$$

$$= \frac{-0.02}{1 \times 10^6 \ln\left(1 - \frac{5.07}{12 - 0.7}\right)}$$

$$= 33.57 \text{ nF}$$

เนื่องจากแรงดันตกคร่อม ไดโอดD1 เป็นสัญญาณกระแสสลับ(50Hz)ทำให้ Q1 “on” และ “off” เป็นจังหวะดังรูปที่ 3.29 เป็นผลทำให้แรงดันคร่อม Cb กระเพื่อมแต่มีค่าต่ำกว่าแรงดันอ้างอิง (Vb) ของ Opamp 2 ทำให้แรงดันที่ port ยังเป็น ”1” ตลอด



รูปที่ 3.30 แสดงวงจร COMPARATOR ที่ระดับแรงดันอ้างอิงค่าต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถหาค่า R_1, R_2, R_3 ได้ดังนี้

กำหนดให้ $R_1 = 10\text{k}\Omega$

หาค่า R_2

$$I = \frac{V}{R}$$

$$\frac{V_1}{R_1} = \frac{V_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_1 \frac{V_2}{V_1} = R_1 + R_2 \quad (3.10)$$

$$R_2 = R_1 \frac{V_2}{V_1} - R_1 \quad (3.11)$$

$$R_2 = 10 \times 10^3 \frac{5.07}{4.157} - 10 \times 10^3$$

$$R_2 = 2.2\text{k}\Omega$$

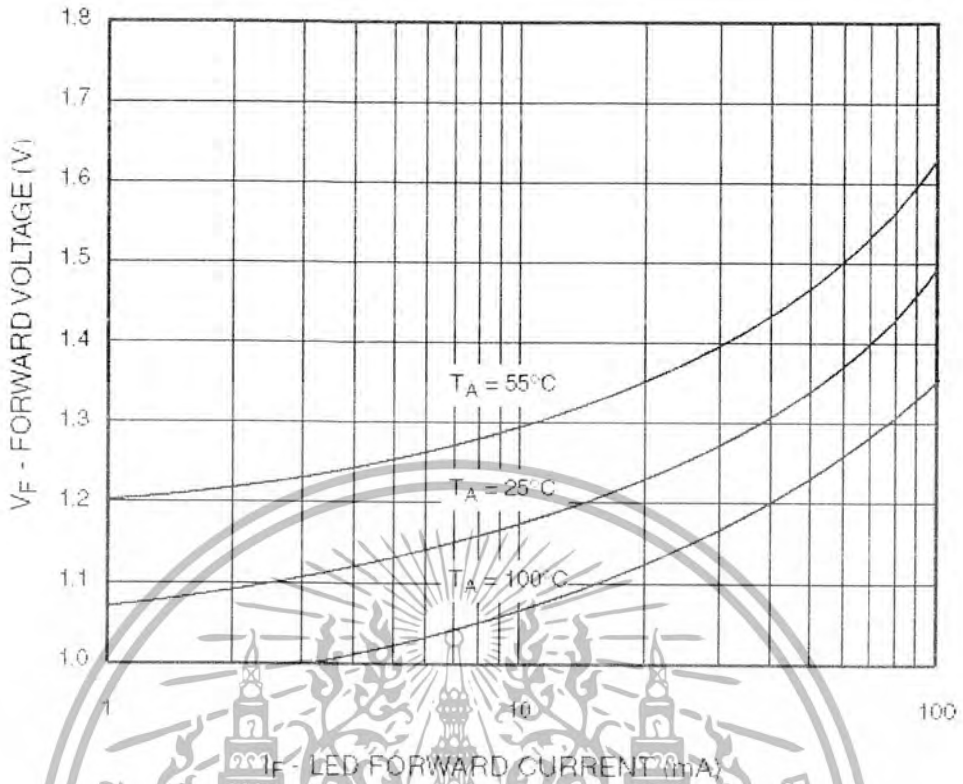
หาค่า R_3

$$R_3 = (R_1 + R_2) \frac{V_{cc}}{V_2} - R_{cc} I - R_2 \quad (3.12)$$

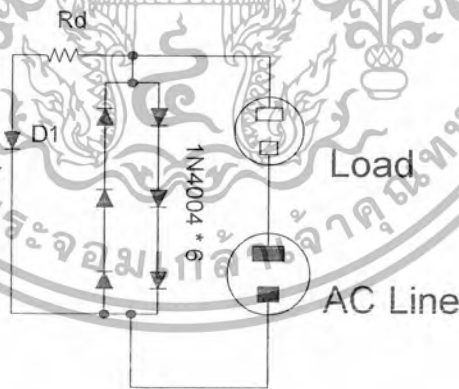
$$R_3 = (10 \times 10^3 + 2.2 \times 10^3) \frac{12}{5.07} - 10 \times 10^3 - 2.2 \times 10^3$$

$$R_3 = 16.7\text{k}\Omega$$





รูปที่ 3.31 แสดงกราฟแรงดัน Forward ของ D1 ที่กระแสเดือ bias ค่าต่างๆ



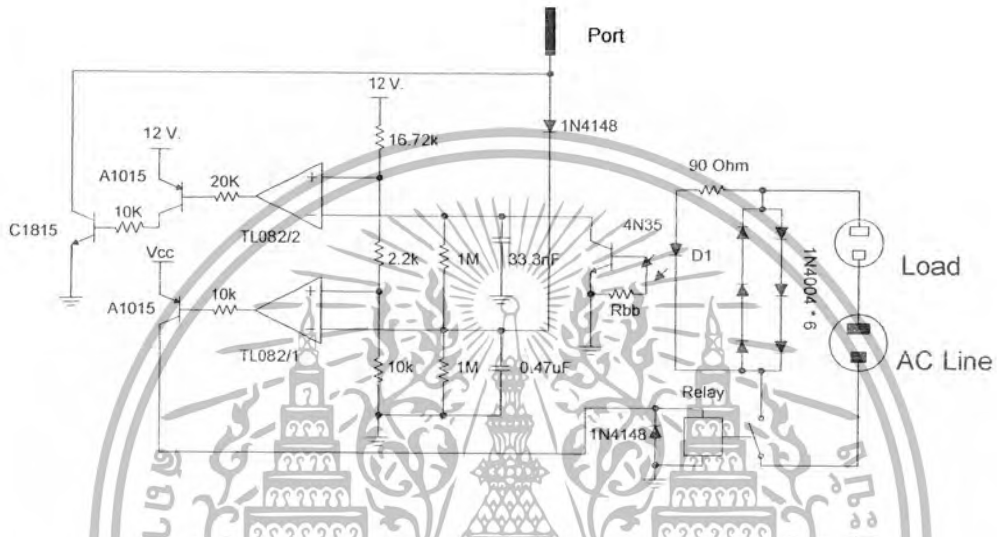
รูปที่ 3.32 แสดงการไบอัส OPTOCOUPERS

กำหนดให้ $I_{D1} = 10\text{mA}$.

ซึ่งมีแรงดันตกคร่อมไดโอด D1 = 1.2 V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 R_d &= \frac{VR_d}{IR_d} = \frac{3V_f - VD_1}{ID_1} \\
 &= \frac{2.1 - 1.2}{10m} \\
 &= 90 \Omega
 \end{aligned}
 \tag{3.13}$$



รูปที่ 3.33 แสดงวงจรเรกติไฟเลอร์ที่ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

โปรแกรมควบคุม

4.1 ส่วนวงจรควบคุมการทำงาน

4.1.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ DS89C420

DS89C420 จะให้ประสิทธิภาพสูงกว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล 8051 และ DS89C420 ได้ถูกออกแบบสถาปัตยกรรมใหม่ในทุก ๆ คำสั่งการ executes ในตระกูล 8051 โดยมีความเร็วสูงสุดเท่ากับ 12 เท่าของ 8051 โดย DS89C420 จะสามารถใช้ความเร็วของสัญญาณนาฬิกาได้สูงสุด 33 MHz



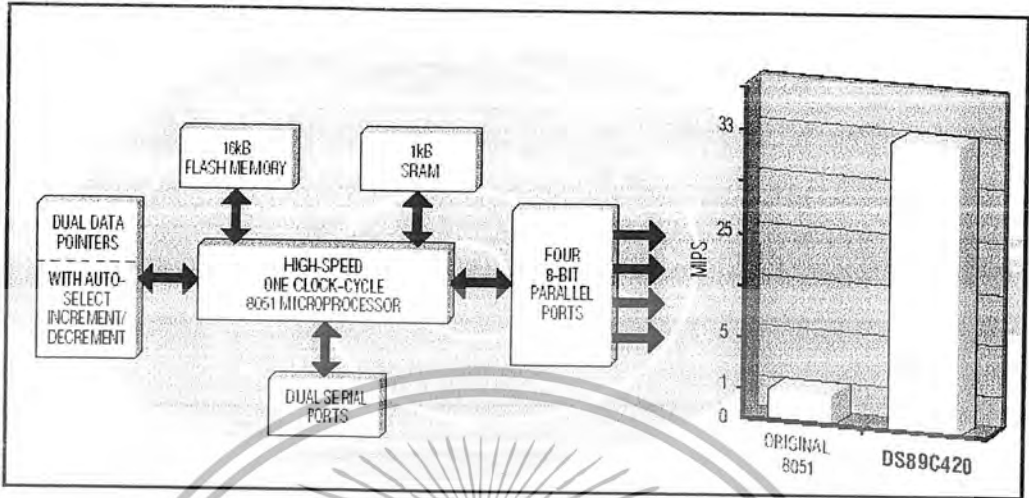
รูปที่ 4.1 แสดงรูป DS89C420

คุณสมบัติที่สำคัญต่างๆ

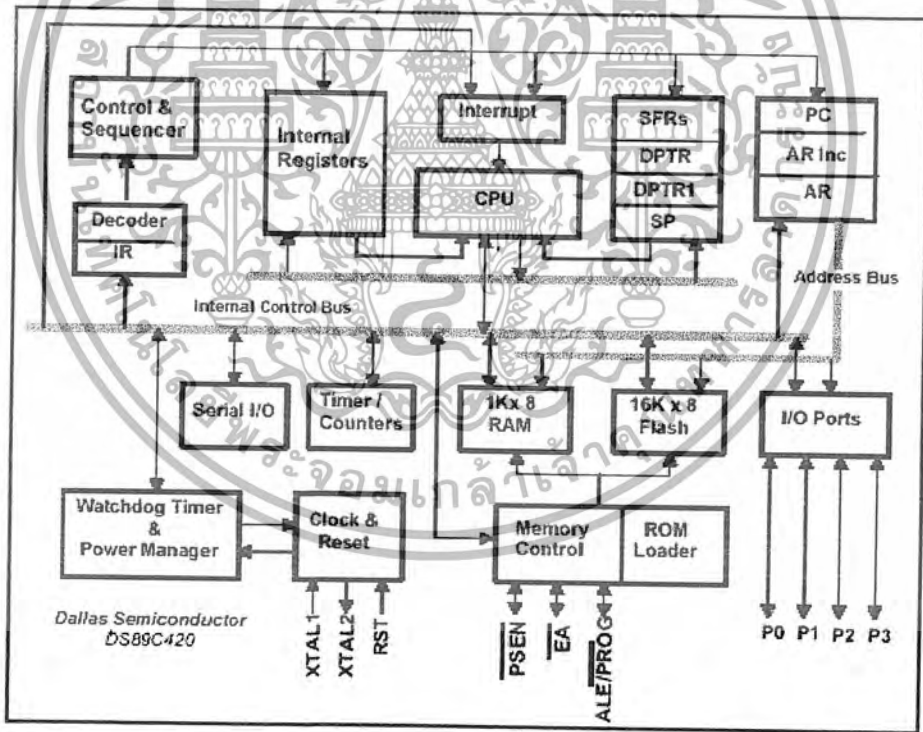
- พอร์ต อินพุต/เอาต์พุต 4 พอร์ต
- ไทม์เมอร์/เคาเตอร์ 16 บิต 3 ตัว
- มีหน่วยความจำ Flash 16 กิโลไบต์ มีหน่วยความจำ SRAM 1 กิโลไบต์
- มีอินเตอร์รัพท์ 13 แหล่ง , เวทดอกซ์ไทม์เมอร์ 1 ตัว
- มีพอร์ตอนุกรม 2 พอร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1 คล็อก ต่อ 1 แมตซีนไซเกิล
- มีตาต้าพ้อยเตอร์ 2 ตัว

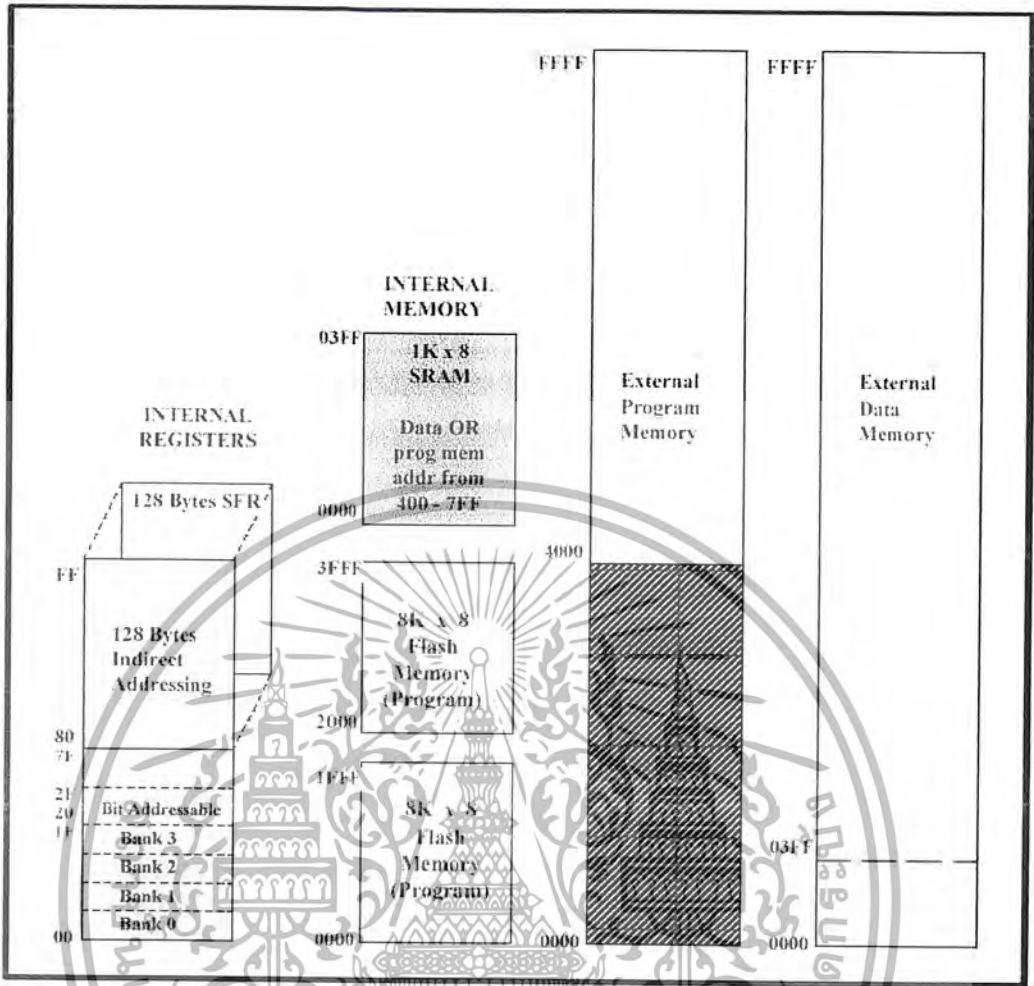


รูปที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบความสามารถของ DS89C420 กับ ORIGINAL 8051



รูปที่ 4.3 แสดงบล็อกไดอะแกรมโครงสร้างการทำงานภายใน DS89C420

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ DS89C420

4.1.2 Real-Time Clock DS17487

DS17487 เป็นนาฬิกาแสดง ปี, เดือน, วัน, ชั่วโมง, นาที และ วินาที สามารถที่จะใช้สายบัสร่วมกับสายข้อมูลได้ มีหน่วยความจำข้อมูลภายใน 4 กิโลไบต์ สามารถผลิตสัญญาณนาฬิกาได้ทางขา SQW และ DS17487 สามารถที่จะเก็บข้อมูลได้โดยไม่ต้องใช้แหล่งจ่ายภายนอกได้

PWR	1	24	V _{CC}
NC	2	23	SQW
NC	3	22	V _{BAUX}
AD0	4	21	R _{CLR}
AD1	5	20	NC
AD2	6	19	IRQ
AD3	7	18	KS
AD4	8	17	RD
AD5	9	16	NC
AD6	10	15	WR
AD7	11	14	ALE
GND	12	13	CS

DS17487 24-Pin Encapsulated Package

รูปที่ 4.5 แสดงรูป DS17487

คุณสมบัติที่สำคัญต่าง ๆ

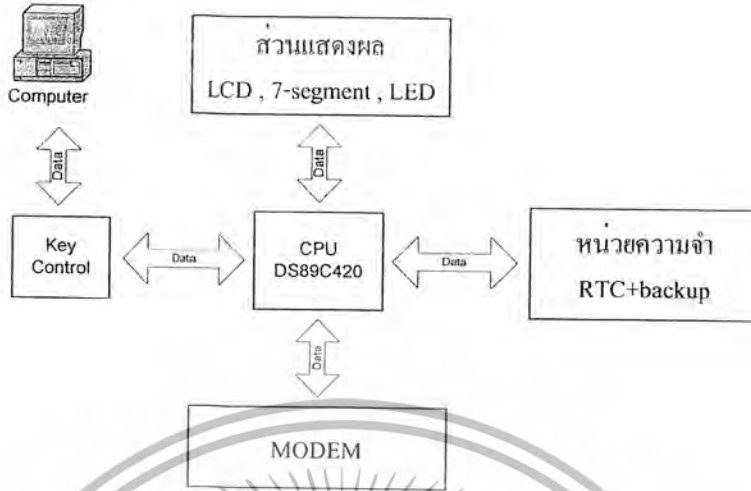
- มีหน่วยความจำภายใน 4 กิโลไบต์ (NVRAM)
- มีแบตเตอรี่ และ คริสตัล ภายในตัวเอง
- แก้ไข Y2K
- สามารถผลิตความถี่สัญญาณนาฬิกาได้ตั้งแต่ 2 Hz - 32 KHz
- มีวงจรการตัดต่อไฟ VCC กับแบตเตอรี่ ที่ดี



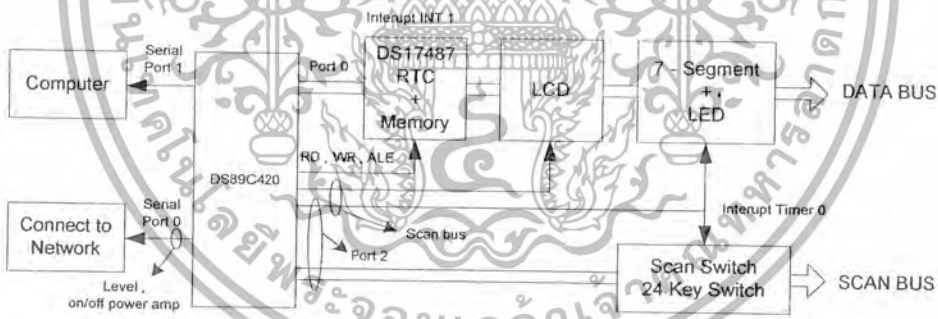
รูปที่ 4.6 แสดงหน่วยความจำภายในตัว Real Time Clock เมอร์ DS17487

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ส่วน Microcontroller



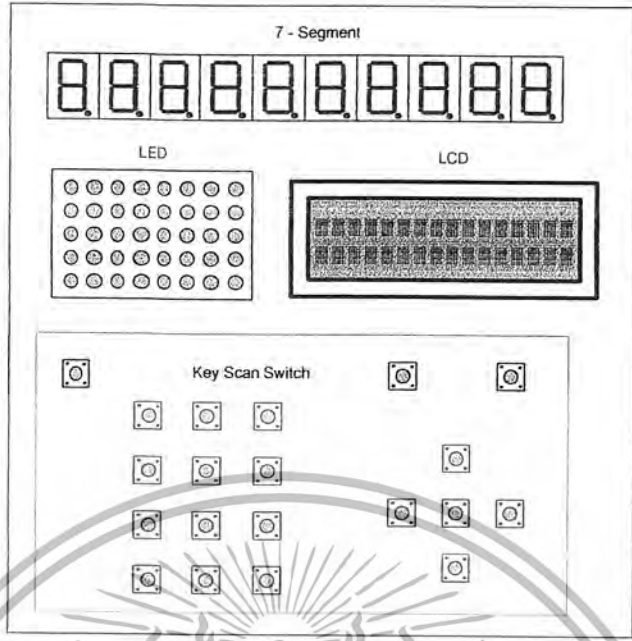
รูปที่ 4.7 แสดงวงจรการเชื่อมต่อภาคต่างๆ ภายในตัว SEVER



รูปที่ 4.8 แสดงการเชื่อมต่อภายในตัว SEVER

จากรูปข้างบนจะเป็นการใช้บัสร่วมกันของตัว SEVER และกติกการทำงานของตัวอุปกรณ์แต่ละตัวบนตัว SEVER อย่างเช่น DS17487 เราจะใช้ Interrupt INT 1 หรือ 7-Segment, LED, Scan Switch จะใช้ Interrupt Timer 0 ในการทำงาน และจากรูปเราจะใช้คำสั่ง MOVX ของ 8051 ในการเชื่อมต่อกับ Memory ภายในตัว DS17487 กับ DS89C420

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 แสดงการออกแบบตำแหน่งของตัวแสดงผลของตัว SEVER

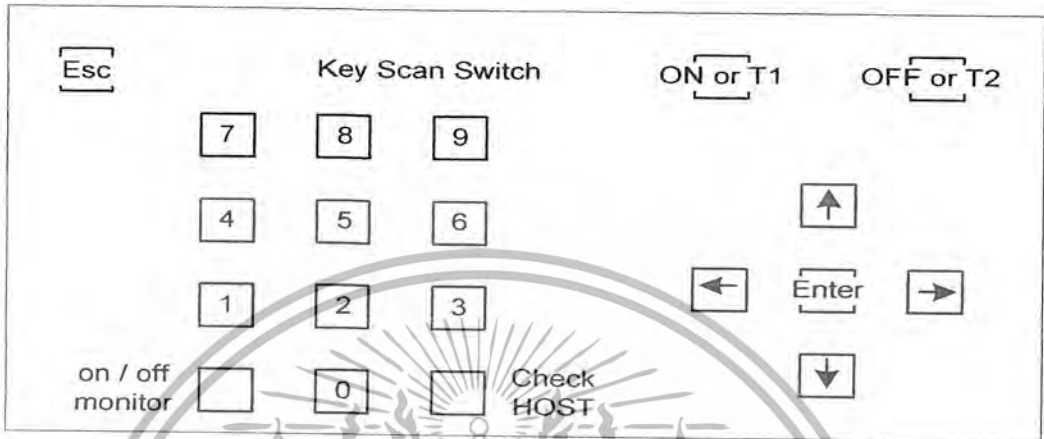
การออกแบบส่วนควบคุมการทำงานการแสดงผลบน 7 - segment , LCD , LED และรูปแบบการกดคีย์ต่างๆ มีโครงสร้างโปรแกรมดังนี้



รูปที่ 4.10 การอธิบายส่วนโปรแกรมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 ตำแหน่งปุ่มกด



รูปที่ 4.11 แสดงการออกแบบปุ่มกดต่างๆ

- ปุ่ม 0 - 9 ใช้ในการกดป้อนเวลา, ป้อนหมายเลข HOST, ตั้งเวลาบน Timer (T1&T2)
- ปุ่ม Esc ใช้ในการยกเลิกการทำงาน
- ปุ่ม on / off monitor ใช้ในการ เปิด/ปิด ส่วนแสดงผล LCD, 7-Segment, LED
- ปุ่ม CHECK HOST ใช้ในการตรวจสอบการติดต่อระหว่าง SEVER กับ HOST
- ปุ่ม ON or T1 ใช้ในการตั้งควบคุมการ "เปิด" อุปกรณ์ไฟฟ้า และ ใช้ในการเลือกใช้ตัวตั้งเวลาตัวที่ 1
- ปุ่ม OFF or T2 ใช้ในการตั้งควบคุมการ "ปิด" อุปกรณ์ไฟฟ้า และ ใช้ในการเลือกใช้ตัวตั้งเวลาตัวที่ 2
- ปุ่ม Enter ใช้ในการตอบตกลงการทำงานใน Functions ต่างๆ
- ปุ่ม ลูกศร ใช้ในการเลือก Functions ต่าง ๆ ในการทำงาน และ ใช้ในการตั้งเวลา การเลือกตำแหน่ง สวิตซ์ตัวที่เท่าไรในการทำงาน เปิด/ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้า

4.1.5 ความหมายของ 7-Segments ต่าง ๆ



รูปที่ 4.12 แสดง 7-Segment นาฬิกา

จากรูปเป็นการแสดง เวลาปัจจุบันในตัว SEVER ที่มีทั้ง ปี , เดือน , วัน , ชั่วโมง , นาที , วินาที เวลาดังต่อไปนี้จะมีการตั้งได้ถึง

ปี	คือ	2000 - 2099
เดือน	คือ	01 - 12
วัน	คือ	01 - 31
ชั่วโมง	คือ	00 - 23
นาที	คือ	00 - 59
วินาที	คือ	00 - 59



รูปที่ 4.13 แสดงการตั้งเวลาของ Timer

ตำแหน่งของ HOST , ระดับสัญญาณ



รูปที่ 4.14 แสดงตำแหน่งของ HOST และระดับของสัญญาณในการส่ง

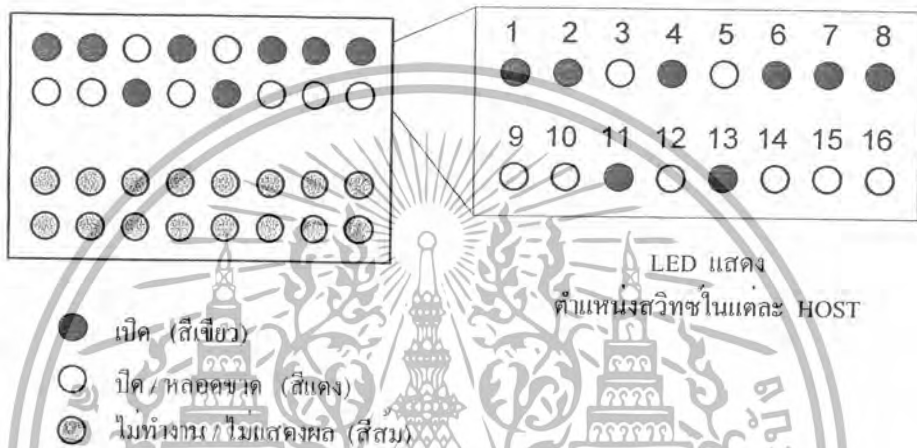
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความหมายของ 7 – Segments นี้จะใช้ในการเลือกการทำงานการติดต่อระหว่าง HOST และ SEVER คือ

Hub - 20 แทน HOST ตั้งแต่ตัวที่ 01 – 20

L-3 แทน ระดับสัญญาณในการส่ง มีอยู่ 3 ระดับ คือ 1 – 3

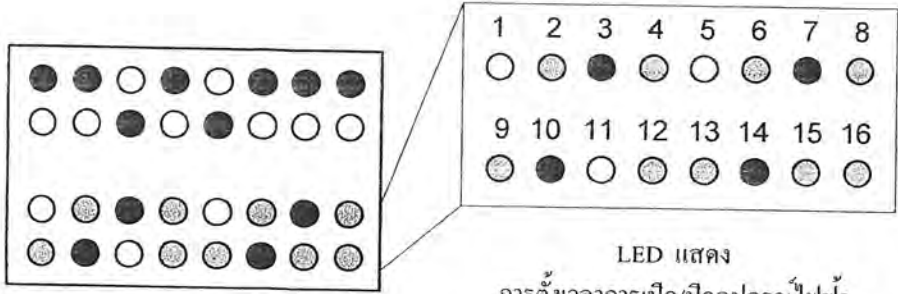
4.1.6 ความหมายของ LED ตำแหน่งต่าง ๆ



รูปที่ 4.15 การแสดงผลการ เปิด/ปิด อุปกรณ์ที่ตำแหน่งสวิทช์ที่ HOST แต่ละตัว

การทำงานเราจะใช้การแสดงผลของ LED ว่าเกิดอะไรขึ้นที่ สวิทช์แต่ละตัว เช่น “สีเขียว” แสดงว่าอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งสวิทช์นั้นถูกเปิดอยู่ แต่ถ้า LED เป็น “สีแดง” แสดงว่าอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นปิดอยู่หรืออาจจะแสดงว่าไม่มีอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ปลายสายไฟฟ้านั้น และ “สีส้ม” จะแสดงว่าการติดต่อสื่อสารนั้นใช้การไม่ได้หรือไม่สามารถติดต่อได้นั้นเอง การเรียงตำแหน่งอุปกรณ์ไฟฟ้าจะเรียงตามรูปที่ 4.15 ที่มีการเรียงจากซ้ายไปขวา

รูปต่อไปจะแสดงการเปิดการใช้งาน Timer ให้ทำงานและการเรียงตำแหน่งสวิทช์จะเหมือนกับรูปที่ 4.15 ที่มีการเรียงจากซ้ายไปขวา เราจะเห็นได้ดังรูปที่ 4.16



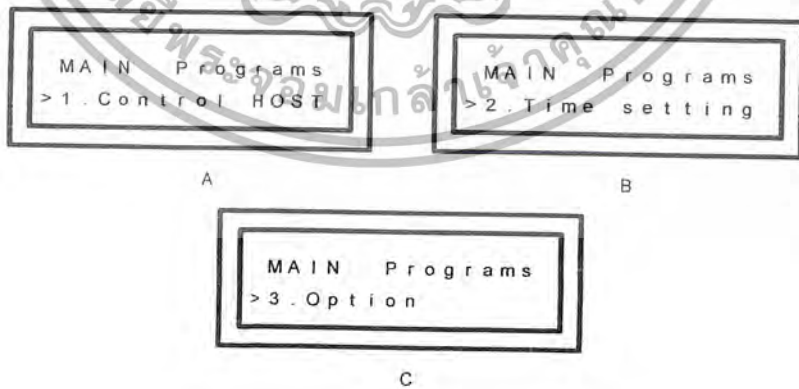
LED แสดง
การตั้งเวลาการเปิด/ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า
ตามตำแหน่งอุปกรณ์ต่างๆ

- ตั้ง Timer ให้เปิดไฟตามเวลาที่ตั้งไว้ (สีเขียว)
- ตั้ง Timer ให้ปิดไฟตามเวลาที่ตั้งไว้ (สีแดง)
- ◐ ไม่ได้ตั้ง Timer (สีส้ม)

รูปที่ 4.16 การแสดงการใช้งาน Timer ในการตั้งเวลาเปิด/ปิด อุปกรณ์ที่ตำแหน่งสวิทช์ที่อยู่

สีต่างๆ ที่เกิดขึ้นที่ LED นั้นเป็นการแสดงให้เห็นว่ามีการใช้งานการตั้งเวลาในการ เปิด/ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าหรือไม่ และเราจะนิยามดังต่อไปนี้ “สีเขียว” แสดงการตั้งเวลาให้ส่งอุปกรณ์ นั้นๆ ที่ต่ออยู่ที่สวิทช์ที่ต้องการ เปิด แต่ในทางตรงกันข้าม “สีแดง” จะแสดงว่าต้องการให้อุปกรณ์ ไฟฟ้านั้นปิดตามที่กำหนดไว้และสีสุดท้ายคือ “สีส้ม” จะแสดงว่าไม่มีการตั้งเวลาในการ เปิด/ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้านั้นๆ

4.1.7 การแสดงผลของ LCD

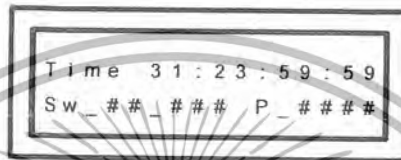


รูปที่ 4.17 การเลือกการทำงานในโหมดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปข้างบนจะแบ่งออกเป็นสามส่วน โปรแกรมย่อยในการทำงานในแต่ละหน้าที่ โดยการทำงานนี้สามารถอธิบายได้ดังนี้

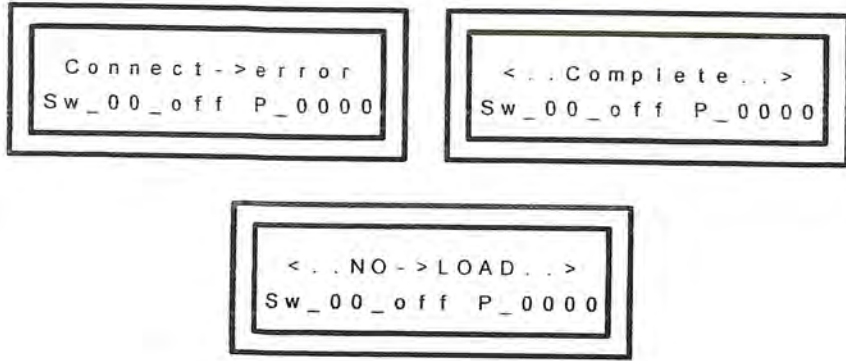
1. Control HOST ใช้ในการติดต่อสื่อสารกันระหว่าง SEVER และ HOST ในการ เปิด/ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า และใช้ในการตั้งเวลาในการเปิด/ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วย
2. Time setting ใช้ในการตั้งนาฬิกาบนตัว SEVER
3. Option ใช้ในการตั้งการทำงานของตัวตรวจสอบการใช้พลังงานไฟฟ้า และสามารถเพื่อการทำงานในส่วนนี้ได้โดยสงวนเอาไว้แล้ว



รูปที่ 4.18 แสดงการทำงานในโหมด Control Host

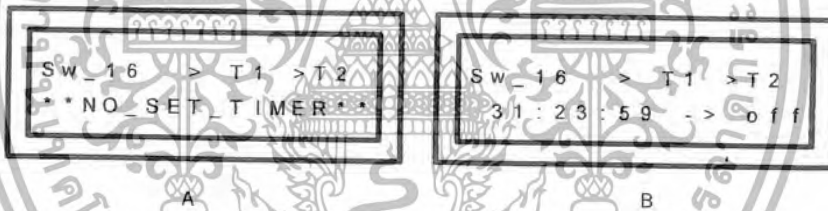
จากรูปเมื่อเราเลือกการทำงานในโหมด Control Host โดยการกด Enter เข้ามาเราจะเห็นดังรูปนี้โดยความหมายจะมีดังต่อไปนี้

Sw_ ## แทน ตำแหน่งสวิตช์ปัจจุบันที่ทำงานอยู่ ที่มีได้ 01- 16
 ### แทน แสดงสถานะว่า เปิด/ปิด หลอดขาด หรือติดต่อไม่ได้ โดย
 off สวิตช์ปิดอยู่
 on สวิตช์เปิดอยู่
 er! ติดต่ออุปกรณ์นั้นไม่ได้หรืออุปกรณ์นั้นไม่ได้ถูกต้องไว้
 @&@ แสดงว่าหลอดขาดหรือไม่ได้ต่ออยู่
 P_#### แทน จำนวนระยะเวลาที่เปิดอุปกรณ์นั้นอยู่มีหน่วยเป็น นาที สามารถ
 นับเวลาการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้สูงสุด 5 วัน



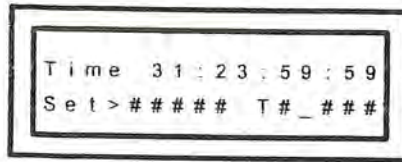
รูปที่ 4.19 แสดงการตอบสนองการ เปิด/ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าในขณะที่กด เปิด/ปิด เอง

จากรูปเราจะเห็นได้ว่าถ้า LCD ขึ้นคำว่า Connect -> error นั้นแสดงว่าไม่สามารถติดต่อสื่อสารกับสวิตช์ปลายทางนั้นได้ แต่ถ้าขึ้นว่า <..Complete..> แสดงว่าการติดต่อนั้นทำได้ อย่างสมบูรณ์ตามที่กดสั่งการ เปิด/ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้านั้น ๆ แต่ถ้า ขึ้นว่า <..NO -> LOAD..> แสดงว่าที่ปลายสายนั้น ไม่สามารถทำการเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้านั้น ได้อันเนื่องมาจากหลอดไฟที่ปลายสายนั้นอาจจะขาด หรือ ไม่ได้ต่ออุปกรณ์เหล่านั้นที่ปลายสายไว้



รูปที่ 4.20 แสดงการตั้งเวลาในการ เปิด/ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้า

ในการ เปิด/ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้านั้นเราสามารถตั้งเวลาในการ เปิด/ปิด ได้อีกด้วยโดยการ กดปุ่ม Enter แทนการกดปุ่ม on / off บน Scan keys เราจะเห็นได้ดังรูปว่ามีทั้งการตั้งเวลาและไม่มีการตั้งเวลาที่ T1 แต่เราก็สามารถที่จะเลือกใช้งาน T1 หรือ T2 ในการตั้งเวลาได้ พอเลือกได้แล้วก็กด Enter เพื่อเข้าโหมดการตั้งค่าเวลาต่อไป



รูปที่ 4.21 แสดงการตั้งเวลาใน Timer

การทำงานในโหมดนี้จะทำงานร่วมกับ 7-Segments โดยเราสามารถกดตั้งเวลาได้จาก Scan key หรือ ปุ่มลูกศร ก็ได้เพื่อใช้ในการตั้งเวลาของ Timer โดยเรานิยามไว้ดังต่อไปนี้

#####	แทน	การตั้งเวลาว่าตั้งอะไรอยู่
	day	ทำการตั้งวันที่
	hour	ทำการตั้งชั่วโมง
	minute	ทำการตั้งนาที
#	แทน	แสดงว่าทำการตั้งเวลาที่ Timer ไหนอยู่
####	แทน	แสดงว่าต้องการตั้งเปิดหรือปิด ใช้คู่ร่วมกับ LED
on		ทำการตั้งเวลาเปิด
off		ทำการตั้งเวลาปิด
###		ยังไม่มีกรตั้งเวลา

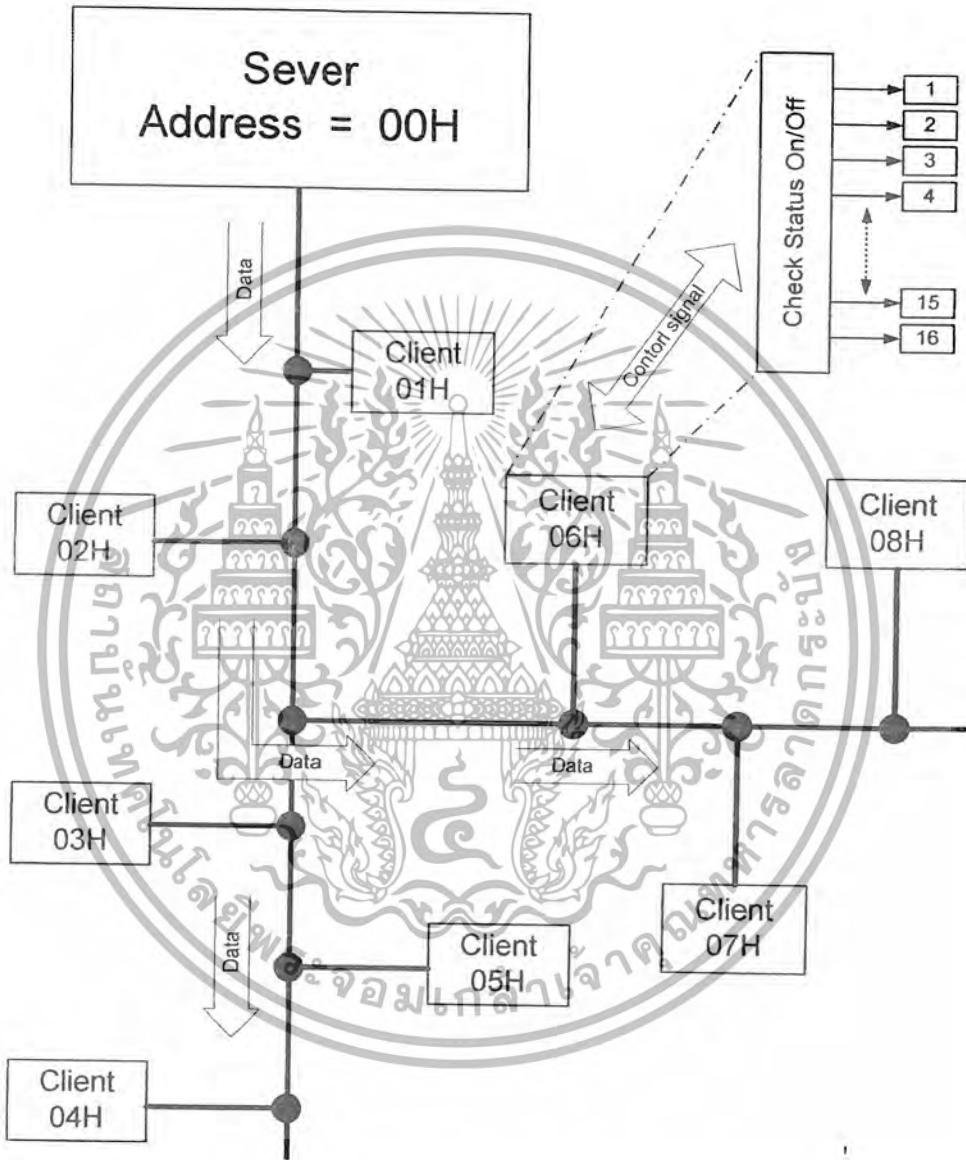
****หมายเหตุ**** การทำงานทั้งหมดนี้สามารถถูกยกเลิกได้โดยการกด ปุ่ม Esc ได้

การทำงานในส่วน Time setting นั้นเราสามารถที่จะตั้งเวลาได้ทั้ง ปี เดือน วัน ชั่วโมง นาที วินาที โดยการใช้โหมด Time setting และเราก็สามารถที่จะตั้งเวลาผ่านทาง Scan key หรือ ปุ่มลูกศร ก็ได้ พอตั้งเวลาเสร็จแล้วก็กดปุ่ม Esc เพื่อออกจากการทำงานในส่วนนี้ได้

การทำงานในส่วน Option นั้นจะมีโหมดการตั้งเวลาการนับเวลาการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าได้ โดยใช้ลูกศรในการทำงาน พอตั้งเวลานับการใช้พลังงานเสร็จแล้วก็กดปุ่ม Esc เพื่อออกจากการทำงานในส่วนนี้ได้

4.2 ส่วน Protocols และ Network ของสายไฟฟ้า

4.2.1 ส่วนการทำงานของ Network ภายในสายไฟฟ้า



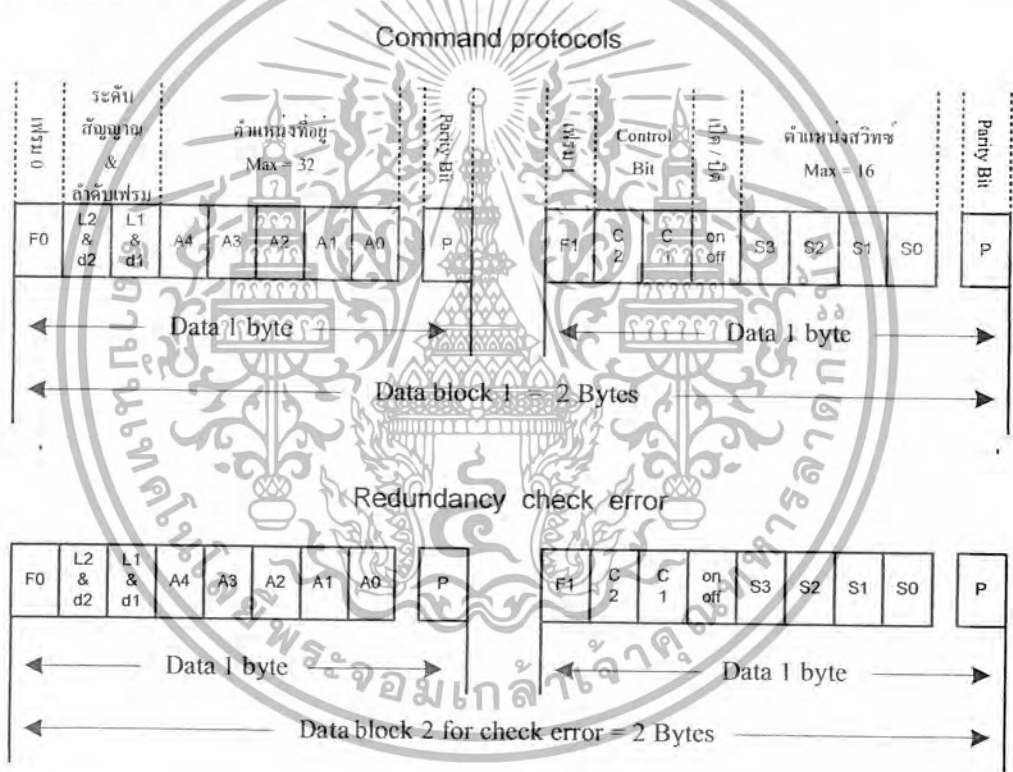
รูปที่ 4.22 แสดงการเชื่อมต่ออุปกรณ์ HOST กับ SEVER แบบ Bus Network

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบที่ใช้ในการเชื่อมต่อสื่อสารภายในสายไฟฟ้านั้นจะเป็นการสื่อสารแบบ Bus Network และในวงจรที่เป็นโมเด็มนั้นเราได้ออกแบบมาให้เป็น Half-duplex เพราะฉะนั้นในเวลาเดียวกันนั้นเราสามารถที่จะส่งสัญญาณข้อมูลได้เพียงทีละตัวเท่านั้น ถ้าเราทำการส่งสัญญาณข้อมูลออกมาพร้อม ๆ กันนั้นก็就会产生การชนกันของข้อมูลได้เช่นเดียวกัน ดังนั้นเราจะต้องทำการกำหนดกติกาในการสื่อสารข้อมูลเหล่านั้นด้วยซึ่งจะกล่าวดังต่อไปนี้

4.2.2 การออกแบบ Protocols ในการสื่อสารข้อมูล

ในการออกแบบเราจะคำนึงถึงความถูกต้องของสัญญาณเป็นหลักดังนั้นเราจะทำการตรวจสอบการ Error ทุก ๆ บิตของข้อมูล โดยรูปต่อไปจะแสดงการกำหนด Protocols ที่ใช้ในการสื่อสารในเครือข่ายนี้



รูปที่ 4.23 แสดงการกำหนด Protocols ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร

DATA 2 byte = DATA 1 block

DATA 2 block = DATA 1 package

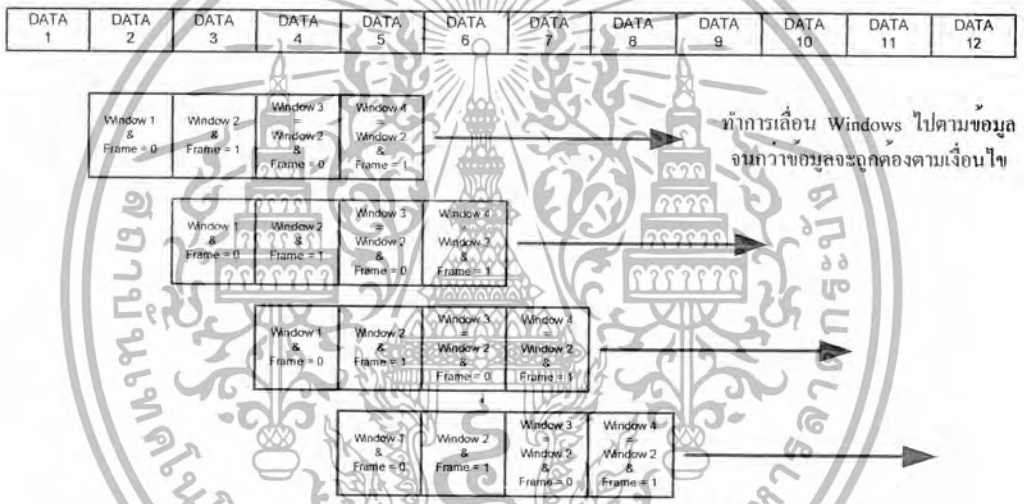
ตารางแสดงคำสั่ง Control Bit		
C2	C1	ความหมาย
0	0	การติดต่อเพื่อ เปิด/ปิด สวิตช์
0	1	<p>บิต on/off = 0</p> <p>SEVER ส่ง</p> <p>Sw = 1111 SEVER = broadcast</p> <p>Sw = 0000 เป็นคำสั่งยกเลิกการทำงานของ HOST (no ACK)</p> <p>HOST ส่ง</p> <p>การตอบสนองคำสั่งเปิด แสดงว่าอุปกรณ์ไม่ได้ต่ออยู่ หรือ เสีย เปิดไม่ได้</p> <p>บิต on/off = 1 มีผลต่อ L2&d2, L1&d1 = 4 FRAME</p> <p>SEVER ส่ง</p> <p>HOST ตอบสนองสถานะสวิตช์ ของตัวเองไปยัง SEVER</p> <p>HOST ส่ง</p> <p>SEVER ตอบสนองสถานะสวิตช์ ของตัวเองไปยัง HOST</p>
1	0	<p>SEVER ส่ง</p> <p>Sw = 00000 SEVER = ACK => HOST</p> <p>HOST ส่ง</p> <p>Sw = 00001 - 10100 HOST = ACK => SEVER</p>
1	1	<p>SEVER ส่ง</p> <p>เป็นการติดต่อกับ HOST ที่ต่ออยู่ ณ ปัจจุบัน เพื่อ update สวิตช์</p> <p>HOST ส่ง</p> <p>HOST ต้องการ update สวิตช์ ทั้งหมด</p>

$A_0 - A_4$	ตำแหน่งที่อยู่มี 5 บิต แสดงจำนวนลูกข่ายได้สูงสุด 31 ตัว (ยกเว้น 00H)
$S_0 - S_3$	ตำแหน่งสวิตช์ มี 4 บิต จะต่อจำนวนสวิตช์ได้สูงสุด 16 ตัว
P	บิตตรวจสอบ (มีอยู่ในการส่งข้อมูลผ่าน Serial Port ของ 8051)
F_1, F_2	บิตแสดงเลขที่ เฟรมข้อมูล (0 แทนด้วยเฟรมที่ 1, 1 แทนด้วยเฟรมที่ 2)
ON/OFF	แสดงคำสั่ง เปิด / ปิด หลอดไฟ , คำสั่งต้องการ Check host (sw or connect)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงคำสั่งระดับสัญญาณ			
L2 & d2	L1 & d1	ความหมาย	
		C2 = 0 , C1 = 0	C2 = 0 , C1 = 1
0	0	None	Frame switch ที่ 1
0	1	แสดงการส่งสัญญาณระดับที่ 1	Frame switch ที่ 2
1	0	แสดงการส่งสัญญาณระดับที่ 2	Frame switch ที่ 3
1	1	แสดงการส่งสัญญาณระดับที่ 3	Frame switch ที่ 4

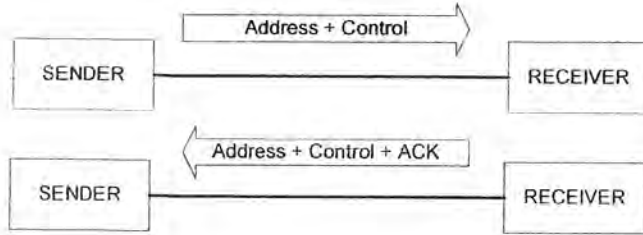
รูปที่ 1.5 แสดงการออกแบบ Protocols ที่ใช้ในการสื่อสาร



รูปที่ 4.24 แสดงการรับข้อมูลแบบ Slide windows

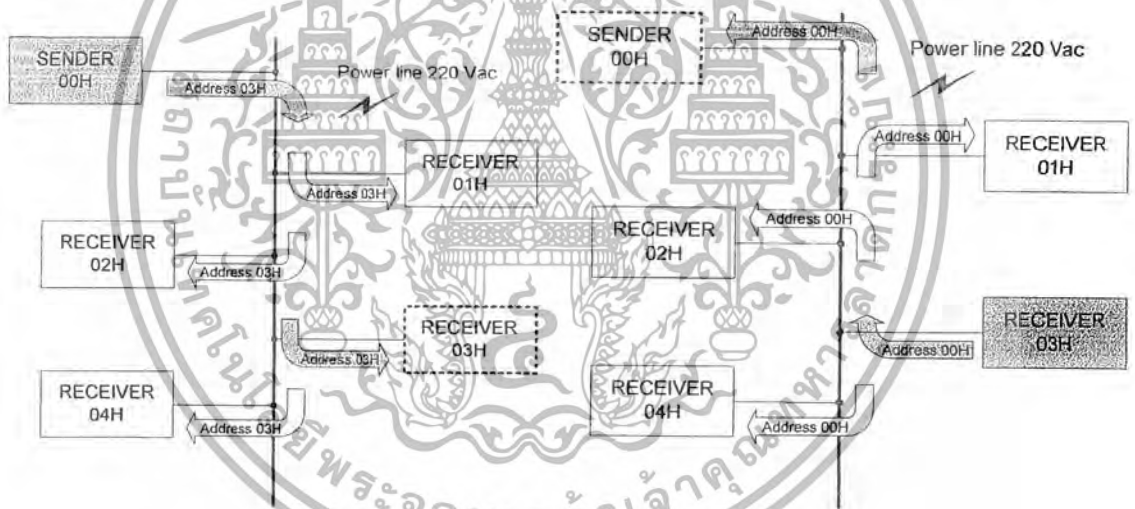
เนื่องจากรูปที่ 7.2 เราจะใช้การส่งข้อมูล 4 ไบต์ หรือเท่ากับ 1 แพ็กเก็ต ดังนั้นการใช้ระบบ Slide windows จะใช้ความยาวที่ 4 ไบต์ ดังรูปข้างบน การทำงานของ Slide windows ก็คือ Slide windows จะทำการตรวจสอบข้อมูลแบบ byte stream ทีละ 4 ไบต์ และนำมาตรวจสอบว่าถูกต้องตามเงื่อนไข Protocols ที่กำหนดหรือไม่ ถ้าไม่ถูกต้องก็จะทำการเลื่อน Slide windows ไปอีก 1 ไบต์ ดังรูปข้างบน แต่ถ้าข้อมูลถูกต้องตาม Protocols ที่ตั้งไว้ Slide windows ก็ จะทำการแจ้ง SEVER ให้ทราบว่ามีข้อมูลได้ถูกต้องตามรูปแบบที่ตั้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.25 การแสดงการรับส่งข้อมูลและการตรวจสอบการตอบสนองของตัวรับ

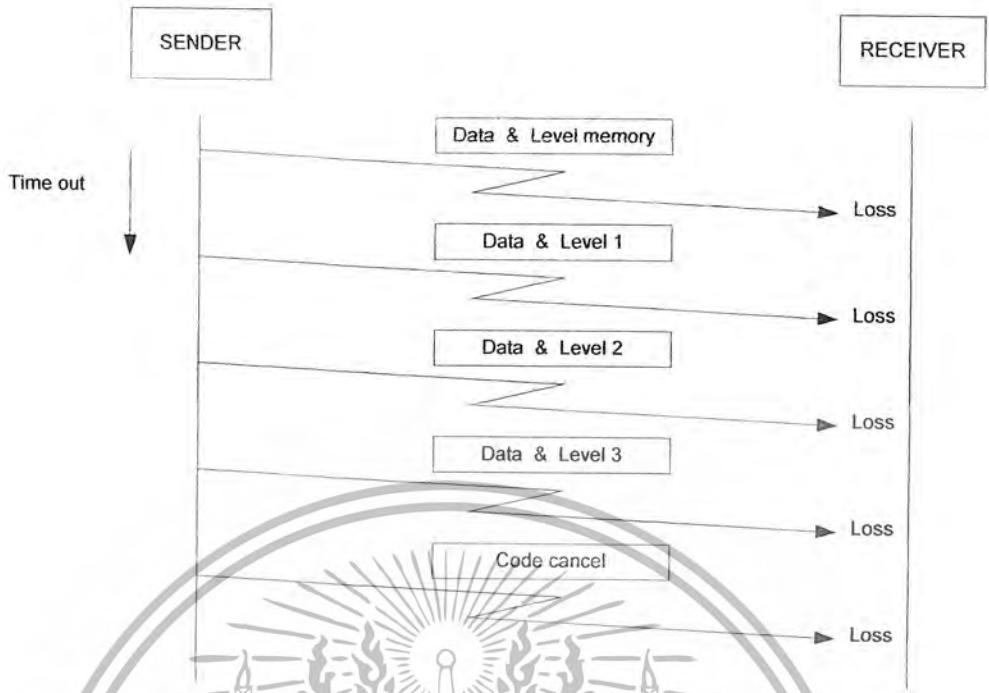
รูปแบบการรับส่งข้อมูลนั้น SENDER จะทำการส่งข้อมูลไปยัง RECEIVER ตามตำแหน่ง Address ที่กำหนดไว้ใน Package นั้น ๆ ถ้า RECEIVER นั้นได้รับข้อมูลอย่างถูกต้อง RECEIVER ก็จะส่งสัญญาณ ACK นั้นกลับไปยัง SENDER เพื่อแจ้งให้ทราบว่า การส่งนั้นทำได้ อย่างถูกต้อง แต่ถ้าข้อมูลไม่ถูกต้องระบบก็จะทำการส่งข้อมูลนั้นใหม่ตามจำนวนรอบที่ตั้งไว้ใน ส่วนต่อไปนี้



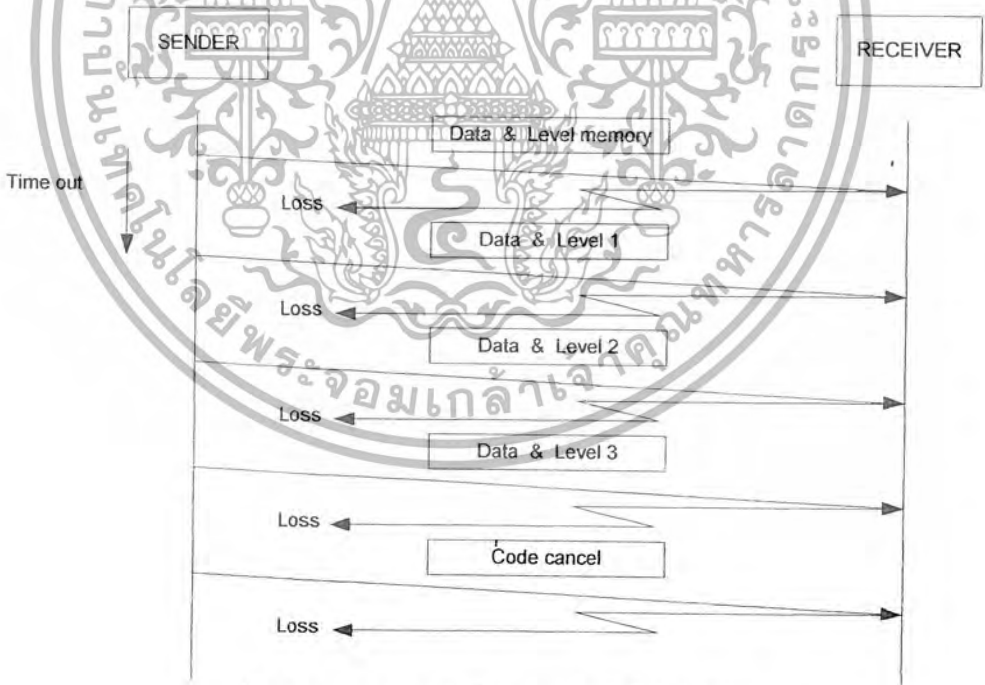
รูปที่ 4.26 แสดงการรับส่งข้อมูลตามตำแหน่ง Address ที่กำหนดบน Package

จากรูปข้างบนเวลาที่เราส่งข้อมูลออกไปในระบบบัสนั้นข้อมูลจะถูกส่งออกไป ในทุกๆ ลูก ข่ายทุกตัว ดังนั้นการออกแบบ Protocols นั้น เราจะต้องมีการใส่ Address ปลายทางไปกับ Package นั้นด้วย โดย SENDER นั้นจะมี Address อยู่ที่ #00H และเราซึ่งได้ออกแบบช่อง Broadcast ไว้ด้วยโดยมี Address อยู่ที่ #1FH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.27 แสดงข้อมูลถูกส่งไม่ถึงตัวรับ



รูปที่ 4.28 แสดงว่าตัวส่งข้อมูลจากตัวรับไม่ถึงตัวส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 7.7 และรูปที่ 7.8 แสดงจำนวนรอบของการส่งข้อมูล โดยเราจะตั้งรอบที่ใช้ในการส่งข้อมูลค่าที่สุด คือ 5 รอบดังต่อไปนี้

- รอบที่ 1 คือ Data & Level memory ทำการส่งข้อมูลในระดับสัญญาณที่ตั้งไว้
- รอบที่ 2 คือ Data & Level 1 ทำการส่งข้อมูลในระดับสัญญาณที่ 1
- รอบที่ 3 คือ Data & Level 2 ทำการส่งข้อมูลในระดับสัญญาณที่ 2
- รอบที่ 4 คือ Data & Level 3 ทำการส่งข้อมูลในระดับสัญญาณที่ 3
- รอบที่ 5 คือ Code cancel ทำการส่งสัญญาณยกเลิกการทำงานของ HOST

ถ้าส่งครบทั้ง 5 รอบ แล้วและยังทำ การติดต่อไม่ได้แสดงว่าการติดต่อนั้นเกิดความผิดพลาดขึ้น แต่ถ้าทำการติดต่อได้ที่รอบที่เท่าไรนั้นแสดงว่าการติดต่อนั้นทำได้สำเร็จ

ในการตั้งเวลา Time out ในการกำหนดระยะเวลารอ Package ที่ส่งกลับมาจากตัวรับ ข้อมูลเราจะใช้ระยะเวลาในการรอเท่ากับ 2 เท่าของระยะเวลา 1 Package มีการคำนวณดังนี้

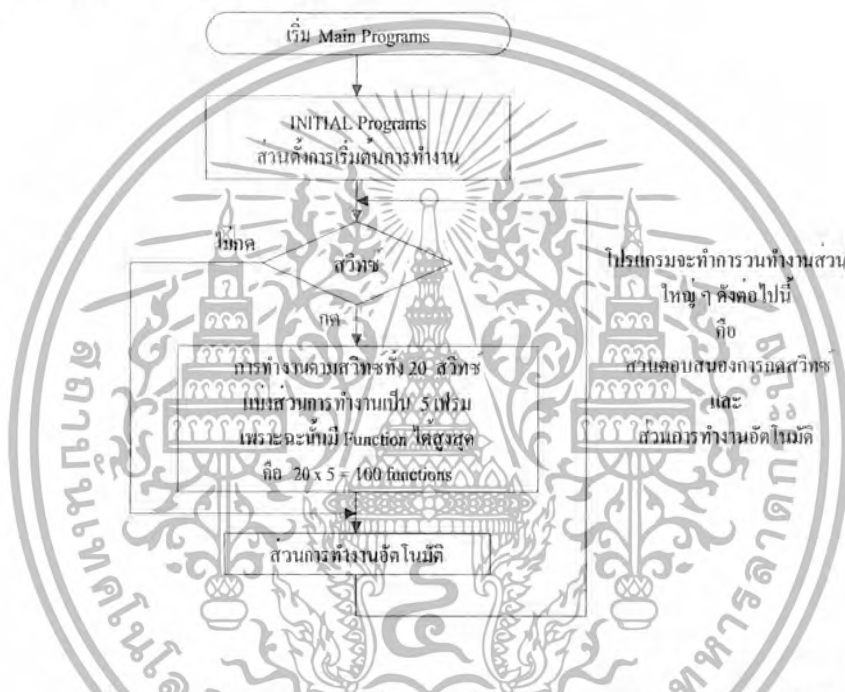
การส่งข้อมูล 1200 บิต/วินาที
 เพราะฉะนั้น 1 วินาทีจะได้ข้อมูล $= 1200/8 = 150$ ไบต์
 และ 1 Package มี 4 ไบต์ ดังนั้น 1 Package จะใช้เวลาในการส่งข้อมูลคือ
 $= 4/150 = 0.02666$ หรือประมาณ 0.03 วินาที
 ดังนั้นเราจะตั้งเวลา Time out อยู่ที่ 0.06 วินาที



4.3 การออกแบบโปรแกรมในการควบคุมการทำงาน

ในการอธิบายโปรแกรมในการทำงานนั้นเนื่องจากส่วนโปรแกรมมีความยาวมากกว่า 7000 บรรทัด ดังนั้นผู้จัดทำโครงการนี้จึงได้บันทึกเป็นแผ่น CD Rom โดยในแผ่นจะมีส่วนโปรแกรมที่สมบูรณ์ แต่ในบทนี้เราจะอธิบายเฉพาะส่วนแนวคิดการเขียน โปรแกรม และรายละเอียดหลักใหญ่ ๆ เท่านั้น

4.3.1 โปรแกรมส่วน SEVER



รูปที่ 4.29 แสดงการทำงานโดยรวมของโปรแกรมการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

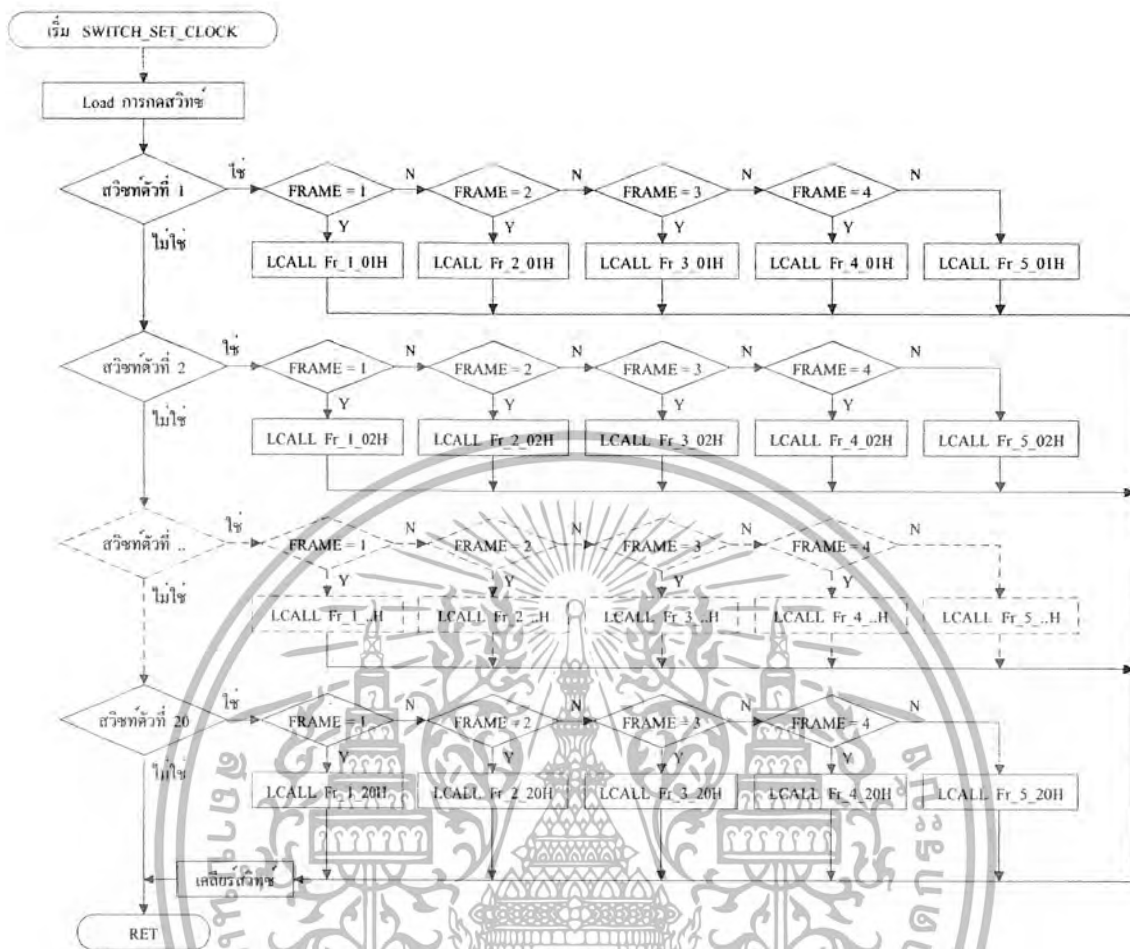
ในส่วนนี้เราจะไม่แสดง Flowchart ในส่วนควบคุมการทำงาน 7 – Segments , LED , LCD โปรแกรมทั้งหมดจะอยู่ในแผ่น CD Rom เท่านั้น

การทำงานในส่วน SEVER นั้นเราจะใช้ Interrupt 4 ตัว และเรียงลำดับความสำคัญดังนี้คือ

1. Interrupt INTO
2. Timer 0
3. Serial Port 0
4. Serial Port 1

โปรแกรมการตอบสนองสวิตซ์มีทั้งหมด 100 functions

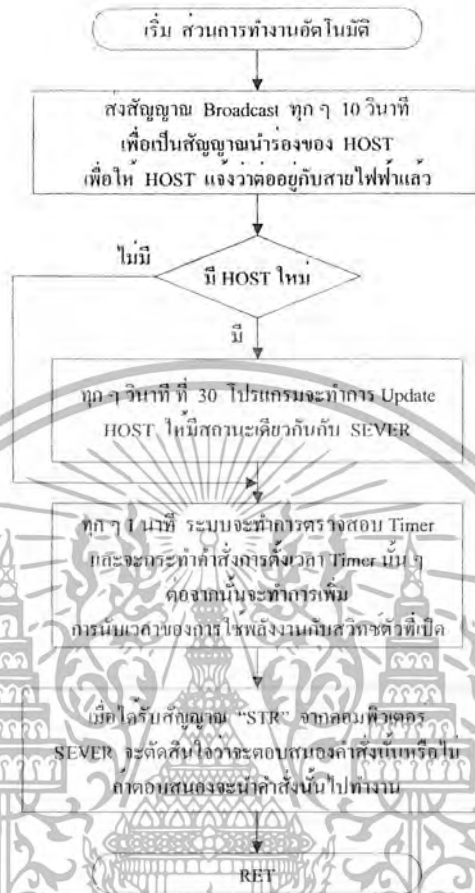
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.30 แสดงการตอบสนองการกดสวิตช์แต่ละตัว

เมื่อเรากดสวิตช์ โปรแกรมการสแกนสวิตช์ที่ใช้ Interrupt Timer 0 จะทำงานสแกนสวิตช์ตลอดเพื่อตรวจสอบการกดสวิตช์ และเมื่อมีการกดสวิตช์ ค่าที่ได้ก็จะถูกส่งเข้าสู่โปรแกรมการตอบสนองสวิตช์เพื่อตอบสนองกระบวนการดังกล่าวนี้ตาม Flowchart รูปข้างบน และส่วนโปรแกรมการสแกนก็ก็จะแสดงในส่วนต่อไป

โปรแกรมส่วนการทำงานอัตโนมัติ



รูปที่ 431 แสดงส่วนโปรแกรมการควบคุมอัตโนมัติ

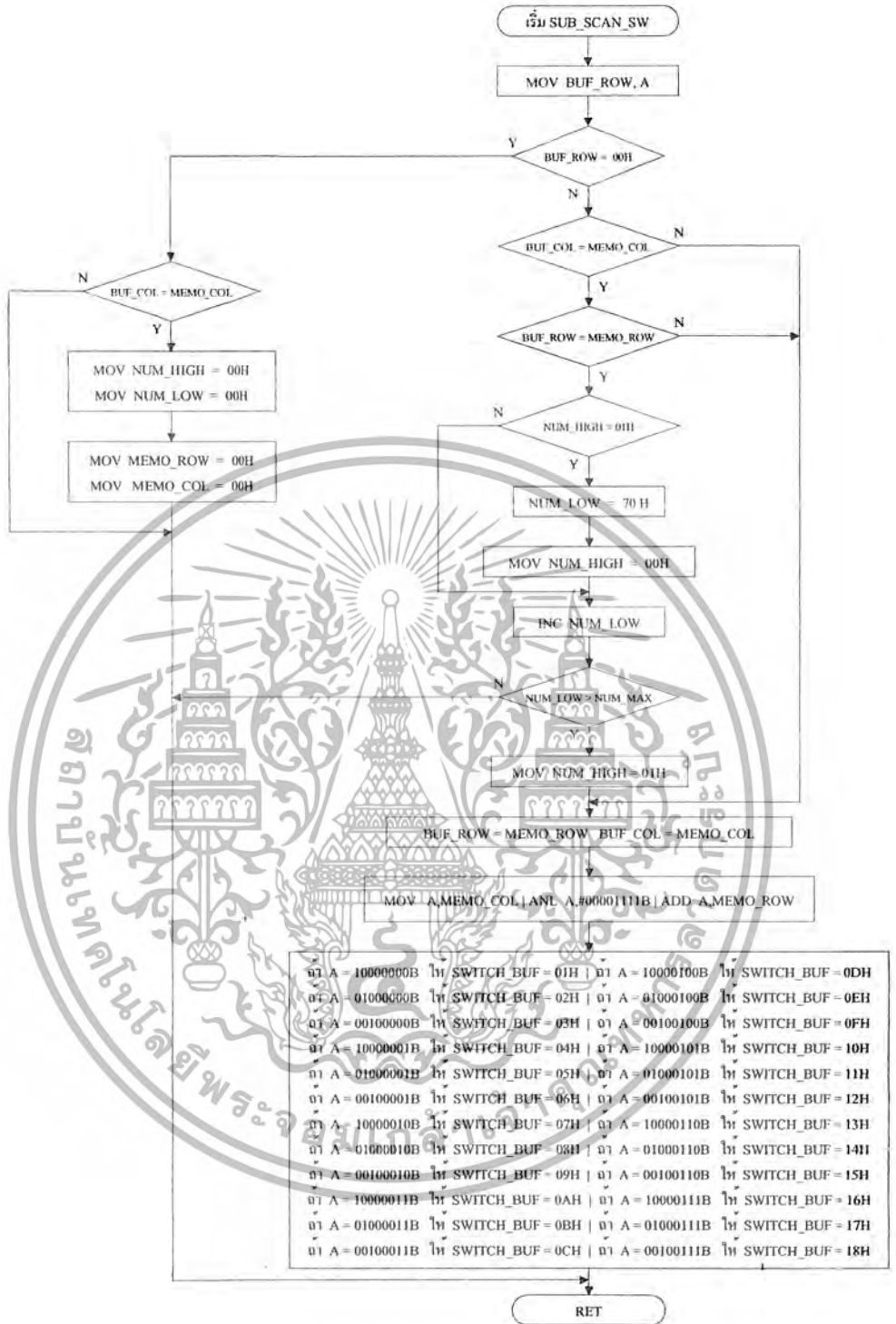
โปรแกรมย่อยในส่วนของโปรแกรมการทำงานอัตโนมัตินี้จะทำงานตลอดเวลาที่มีการวนรอบการทำงานโปรแกรมหลัก ดังนั้นเวลาที่มาจากร Real Time Clock จะเป็นตัวกำหนดเวลาในการทำงานด้วย เพราะฉะนั้นการแก้ไขหรือทำการตั้งเวลาในเมนู Time setting นั้นจะทำให้โปรแกรมส่วนการทำงานอัตโนมัตินั้นผิดพลาดไป

โปรแกรมในส่วนสแกนก็ยโดยใช้ Interrupt Timer 0



รูปที่ 4.32 แสดงการทำงานการสแกนสวิทช์

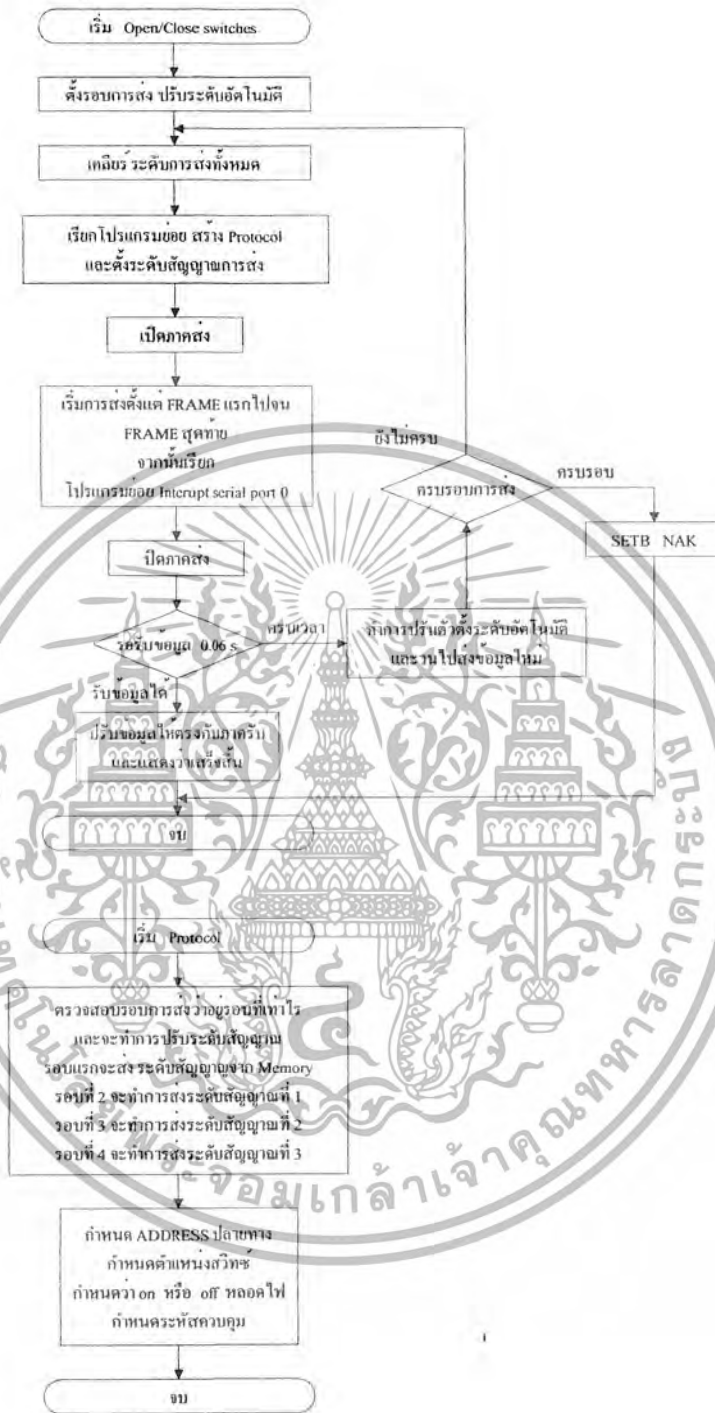
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.33 แสดงการทำงานการสแกนสวิทซ์ (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

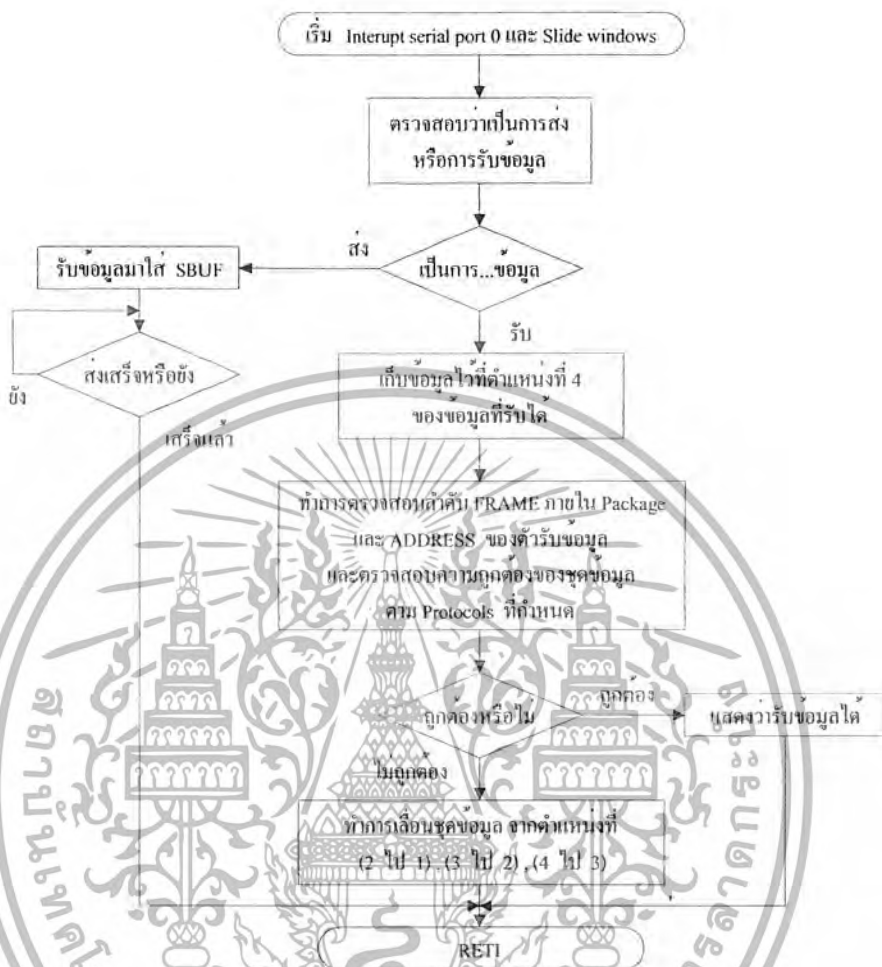
โปรแกรมในส่วนควบคุมการ เปิด/ปิด สวิตช์ และโปรแกรมส่วนสร้าง Protocols



รูปที่ 4.34 แสดงการส่ง เปิด/ปิด สวิตช์ และ โปรแกรมส่วนสร้าง Protocols

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

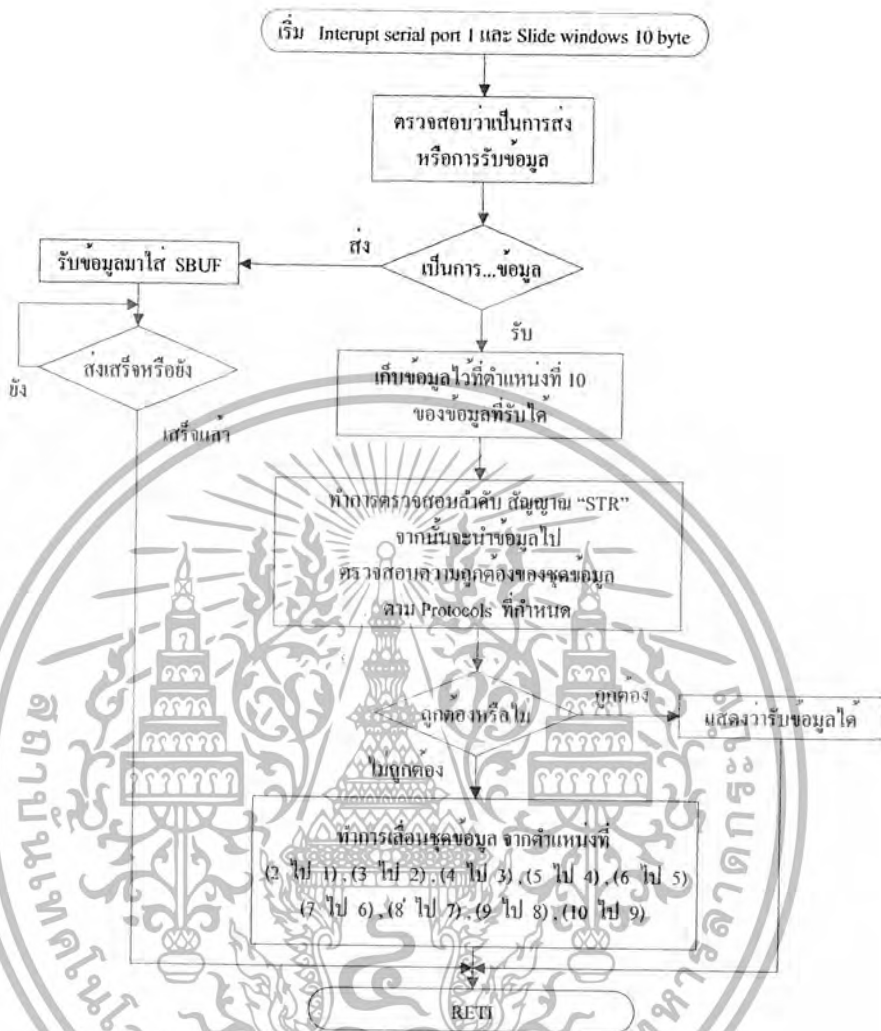
โปรแกรมควบคุม Interrupt serial port 0 และระบบ Slide windows



รูปที่ 4.35 แสดงการทำงานของ Interrupt serial port 0 และระบบ Slide windows

จาก Flowchart ข้างบนนี้จึงทำหน้าที่ควบคุมการสื่อสารระหว่าง Modem กับส่วนควบคุม โปรแกรมหลัก และจะทำหน้าที่ควบคุม Interrupt serial port 0 และระบบ Slide windows โดย Slide windows จะทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลและการตรวจสอบความผิดพลาดในการส่งข้อมูลระหว่าง SEVER กับ HOST

โปรแกรมควบคุม Interrupt serial port 1 และระบบ Slide windows ที่ติดต่อกับ computer



รูปที่ 4.36 แสดงการทำงานของ Interrupt serial port 1 และระบบ Slide windows 10 byte

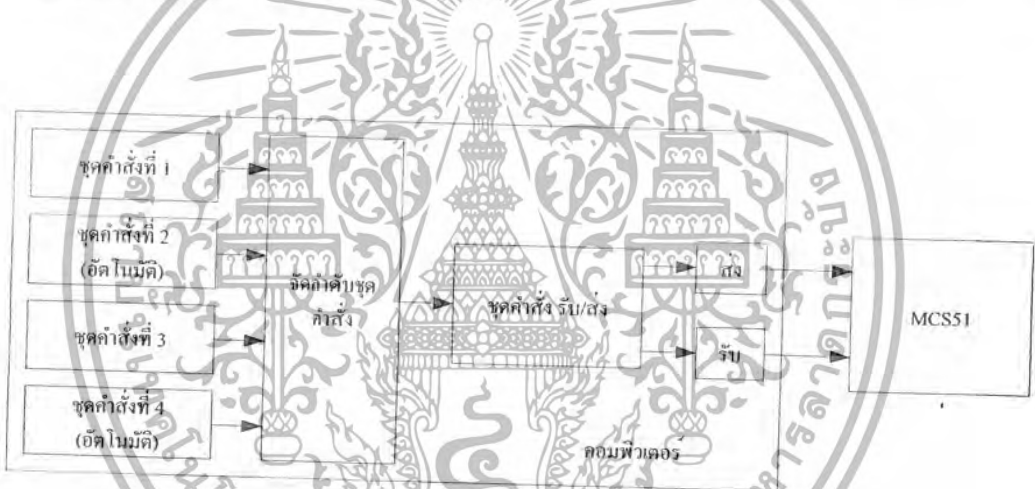
โปรแกรมในส่วนนี้จะทำการติดต่อกับระบบ คอมพิวเตอร์ เพื่อนำไปแสดงผลบนคอมพิวเตอร์ และทำการควบคุมการทำงานผ่านคอมพิวเตอร์ด้วยการทำงานในส่วนนี้จะถูกโปรแกรมหลักควบคุมจังหวะในการติดต่อสื่อสาร

4.4 โปรแกรมควบคุม SERVER ผ่านคอมพิวเตอร์

4.4.1 แสดงการออกแบบโปรแกรมควบคุม SERVER ผ่านคอมพิวเตอร์

ในบางครั้งการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านตัว SERVER กระทำได้ไม่สะดวกนัก เนื่องจากการแสดงผลที่ซับซ้อนมากกว่าสำหรับผู้ใช้งานโดยทั่วไป ซึ่งการใช้คอมพิวเตอร์สื่อสารกับ SERVER นั้นจะทำให้มีความสะดวกมากยิ่งขึ้น

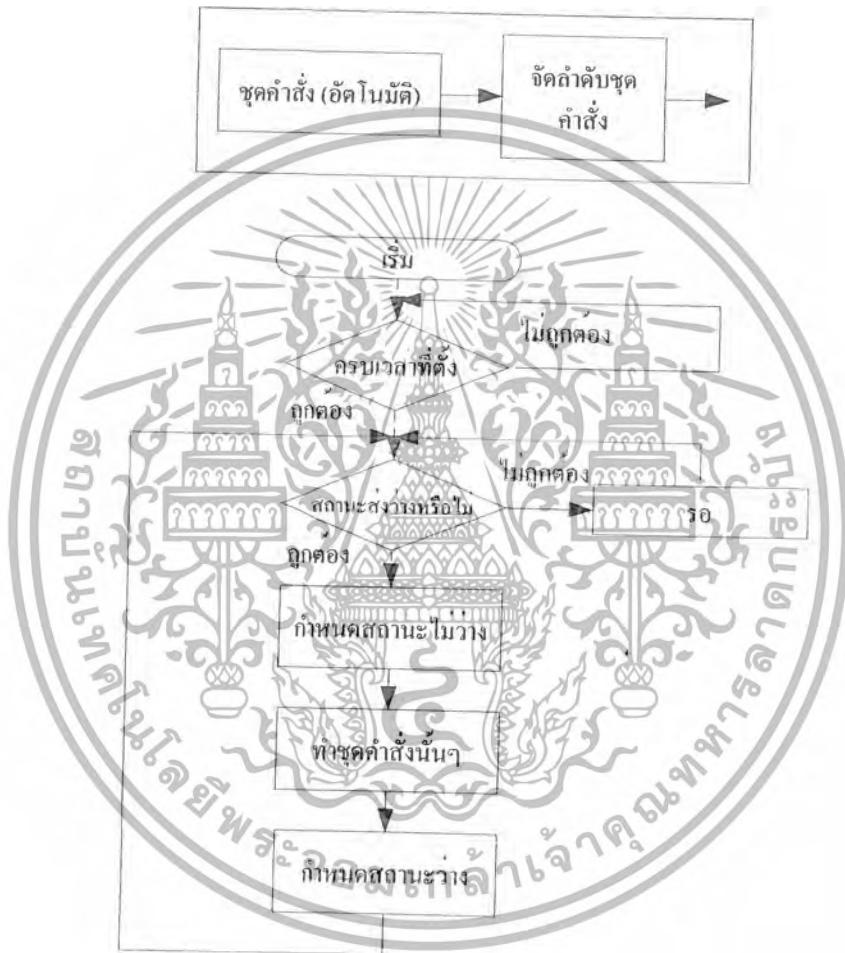
โปรแกรมควบคุมนั้นประกอบด้วย ชุดคำสั่งต่างๆเช่น สั่ง เปิด/ปิด อุปกรณ์ , ควบคุมเวลา ปิด/เปิด อุปกรณ์แต่ละตัว คุณสมบัติของโหลด เป็นต้น ซึ่งชุดคำสั่งต่างๆที่ทำหน้าที่เสมือน สื่อสารกับSERVER โดยตรงซึ่งแต่ละคำสั่งต้องสามารถทำงาน ได้พร้อมๆกัน ซึ่งในการส่งและรับข้อมูลจริงๆ นั้นไม่สามารถทำได้ เราจึงจำเป็นต้องมีส่วนของการจัดลำดับคำสั่งนั้นๆ อีกทีหนึ่ง แล้วค่อยทำการสื่อสารกับ SERVER ผ่านพอร์ตอนุกรม



รูปที่ 4.38 แสดง Block Diagrams ของโปรแกรมดังกล่าว

ในส่วนของชุดคำสั่งนั้นมี 2 แบบด้วยกันซึ่งจะประกอบด้วย ส่วนของชุดคำสั่งอัตโนมัติ และชุดคำสั่งธรรมดา

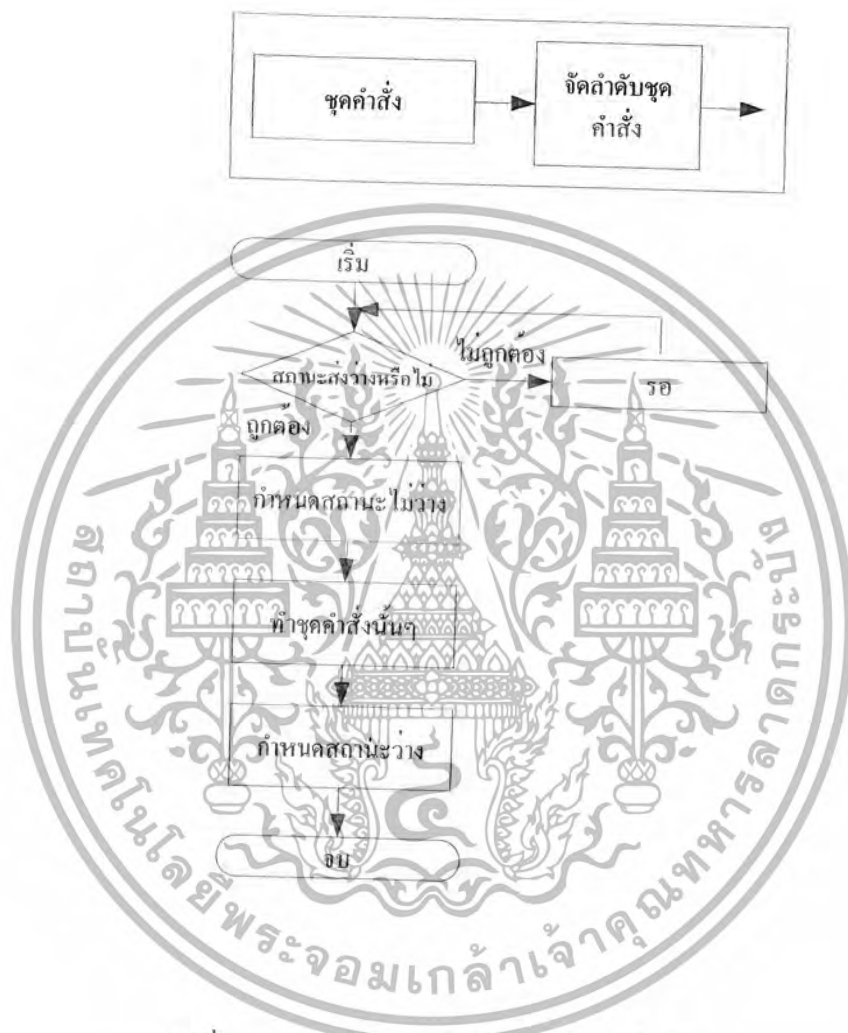
ชุดคำสั่งอัตโนมัติจะอาศัยการกำหนดเวลา ให้ทำงานตามเวลาที่กำหนดไว้ซึ่งจะทำงานตลอด ไม่สามารถควบคุมให้หยุดได้ เช่น ชุดคำสั่งการแสดงค่าเวลา เป็นต้น



รูปที่ 4.39 แสดงโปรแกรมในส่วนของชุดคำสั่งอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดคำสั่งธรรมดา จะทำงานเมื่อมีการสั่งให้ทำจากผู้ใช้ โดยผ่านปุ่มต่างๆที่กำหนดไว้ เช่น ปัด/เปิด อุปกรณ์ไฟฟ้า เป็นต้น



รูปที่ 4.40 แสดงโปรแกรมในส่วนของชุดคำสั่งธรรมดา

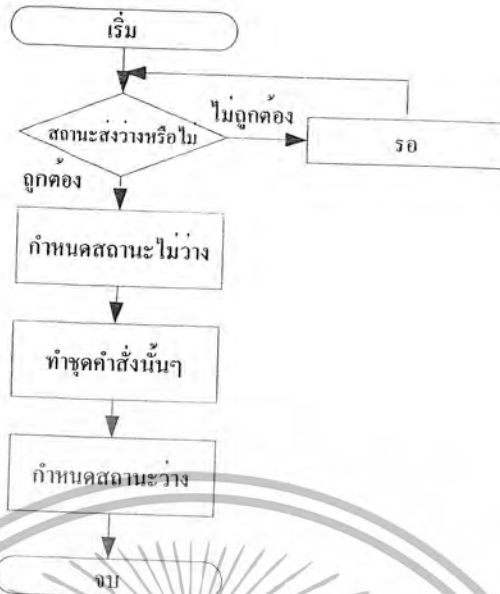
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการสื่อสารกับ SERVER นั้นในบางครั้งอาจมีการผิดพลาดซึ่งในโปรแกรมจำเป็นต้องมีส่วนของการเรียกข้อมูล และทำการตรวจสอบเวลาที่ SERVER จะต้องตอบสนองกลับมายังคอมพิวเตอร์ เมื่อข้อมูลใดๆส่งมาผิดหรือไม่ตอบสนอง ก็จำเป็นต้องทำชุดคำสั่งเดิมนั้นใหม่ เพื่อข้อมูลที่ถูกต้อง

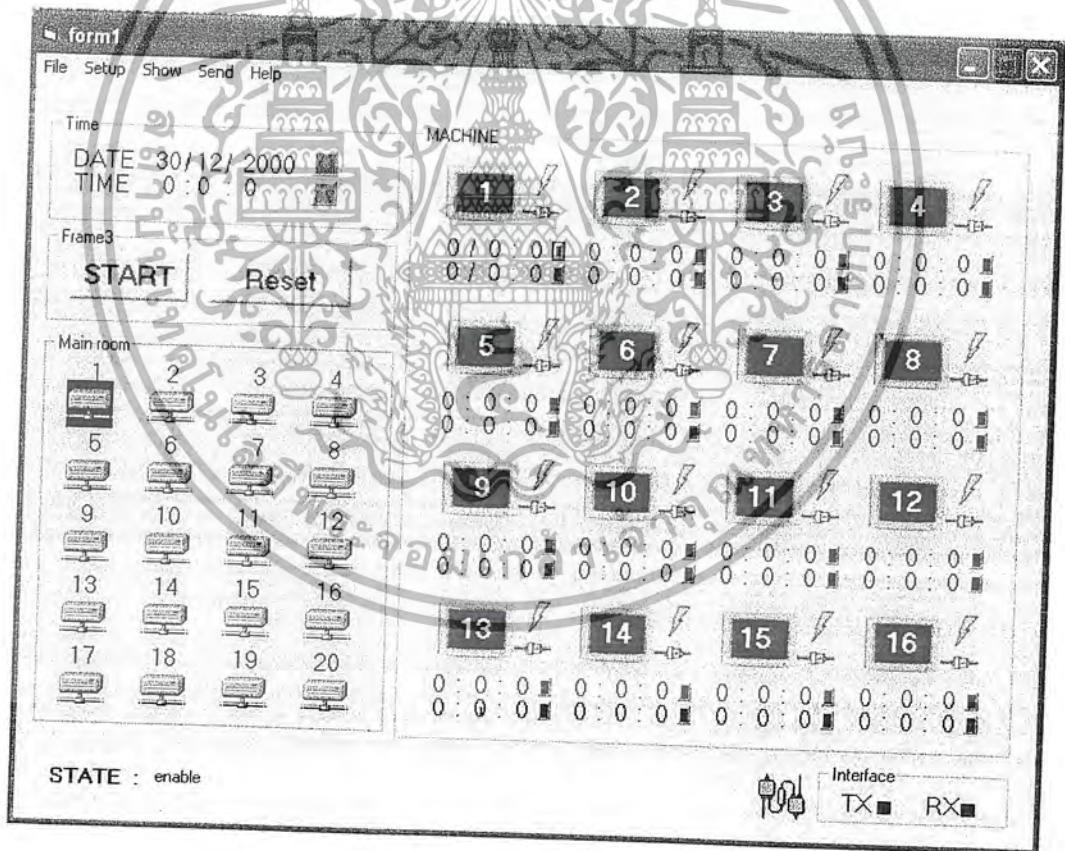


รูปที่ 4.41 แสดง โปรแกรมในส่วน ตรวจสอบการตอบสนองจาก SERVER และรับส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.42 แสดงโปรแกรมในส่วนการจัดลำดับชุดคำสั่ง



รูปที่ 4.43 แสดงส่วนการใช้งานติดต่อกับผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 สภาพแวดล้อมของสายไฟฟ้าและมาตรฐานที่ใช้

4.5.1 สภาพแวดล้อมของสายไฟฟ้ากำลัง

เนื่องจากสายส่งของระบบไฟฟ้ากำลัง ถูกออกแบบมาเพื่อให้ใช้ในการส่งสัญญาณไฟฟ้า ความถี่ต่ำ (50 Hz หรือ 60 Hz) ดังนั้น ในการส่งสัญญาณความถี่สูงจึงอาจเกิดปัญหาในสื่อสารได้นั้นคือ

- การลดทอนของสัญญาณสื่อสารอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงอิมพีแดนซ์ของสายไฟฟ้า ซึ่งอิมพีแดนซ์จะเปลี่ยนแปลงเนื่องมาจากอุปกรณ์ที่ต่อเข้ากับระบบไฟฟ้า ทำให้สัญญาณสื่อสารถูกลดทอนได้ อีกประการหนึ่งคือที่จุดเชื่อมต่อของสายไฟฟ้ามีอิมพีแดนซ์มีอิมพีแดนซ์ไม่เท่ากัน สัญญาณสื่อสารบางส่วนจะสะท้อนกลับทำให้เกิดการลดทอนได้เช่นกัน
- สัญญาณรบกวนต่างๆในระบบไฟฟ้า เช่น อิมพัลส์นอยส์ (Impulse noise), ไวท์นอยส์ (White noise), คอนตินิวอัสเวฟ ซอส (Continuous wave source) โดยที่อิมพัลส์นอยส์เกิดจากการต่อโหลดประเภทอินดักทีฟเข้ากับระบบไฟฟ้า จะเกิดสัญญาณอิมพัลส์ขึ้นมีหน้าคลื่นชันเป็นสัญญาณรบกวนที่ป้องกันได้ยาก ถ้าวางในระบบมีโหลดประเภทคาปาซิทีฟ ที่สามารถเกิดเรโซแนนซ์กับความถี่ของอิมพัลส์นอยส์พอที่จะเกิดสัญญาณรบกวนที่เรียกว่า คอนตินิวอัสเวฟ ซอส ซึ่งจะรบกวนสัญญาณสื่อสารตลอดเวลา โดยที่ไม่สามารถคาดได้ว่าสัญญาณรบกวนนี้จะมีค่าเท่าใด และยังมีสัญญาณรบกวนอีกอย่างหนึ่งมีการกระจายของพลังงานทุกความถี่ เรียกว่า ไวท์นอยส์
- ผลกระทบจากการติดตั้งสายไฟฟ้าหลายเส้นทาง เนื่องจากระบบไฟฟ้ากำลังจะมีการส่งสัญญาณไฟฟ้าไปตามสายไฟฟ้าหลายเส้นทางและ ความยาวของสายไฟฟ้าก็จะต่างกัน สัญญาณสื่อสารที่ถูกส่งไปในสายไฟฟ้าเส้นต่างๆจะมีเฟสต่างกันหากมาบรรจบกันสัญญาณอาจถูกลดทอนได้ หรืออาจจะหายไปที่จุดบรรจบนั้นมีสัญญาณ สื่อสารจากสองเส้นทางที่มีเฟสต่างกัน 180 องศาพอดี

4.5.2 ค่าอิมพีแดนซ์ในสายส่ง

โดย อิมพีแดนซ์ภายในสายมีค่าประมาณ 10-100 โอห์ม ขนาดของตัวเก็บประจุภายในสายประมาณ 10-1000 พิโคฟารัดต่อ 1000 ฟุต ขนาดความต้านทานในสายประมาณ 0.1-1 โอห์มต่อ 1000 ฟุต อิมพีแดนซ์ภายในสายยังมีความไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับจำนวนการต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าอีกด้วย

4.5.3 มาตรฐานที่ต้องคำนึงถึง

- มาตรฐาน EN50065-1 เป็นมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารบนสายไฟฟ้ากำลัง มีข้อกำหนดดังนี้
 - การเลือกความถี่ของคลื่นพาห้ต้องไม่เกินความสามารถของสายไฟฟ้า
 - EN 50065-1 กำหนดความถี่ของการส่งสัญญาณสื่อสารบนสายไฟฟ้ากำลังภายในที่อยู่อาศัยไว้ที่ความถี่ 95-148.5 กิโลเฮิร์ตซ์
 - ค่าแรงดันเอาต์พุตของเครื่องส่ง ค่าแรงดันเอาต์พุตของเครื่องส่งที่ใช้ภายในที่อยู่อาศัยถูกกำหนดไว้ไม่เกิน 122dBuV หรือ 3.56 Vpp ส่วนการใช้ในสถานที่พิเศษ เช่น โรงงาน อุตสาหกรรม ถูกกำหนดไว้ไม่เกิน 140 dBuV หรือ 23.8 Vpp

** การออกแบบจึงควรออกแบบเครื่องส่งตามเงื่อนไขของมาตรฐานดังกล่าวนี้ **

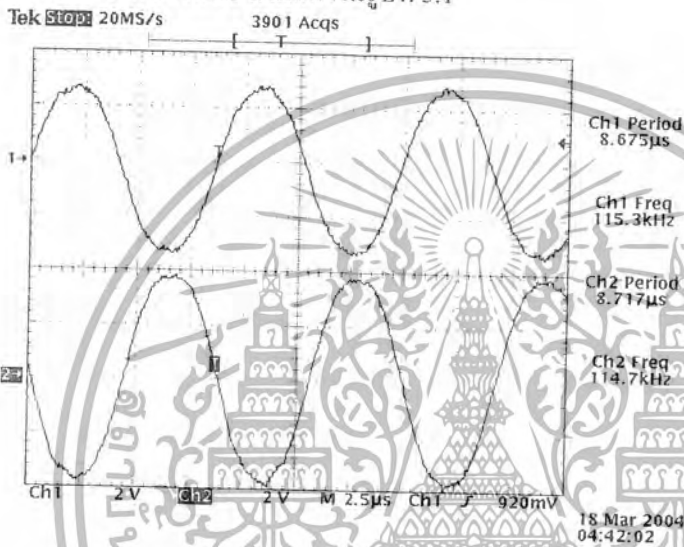


บทที่ 5

ผลการทดลอง

5.1 ภาคส่ง

สัญญาณรูปคลื่นเอาต์พุตของ FSK Generator ที่ DATA ของ FSK เป็น "0" จะได้สัญญาณที่ความถี่ 115 กิโลเฮิรตซ์ ดังแสดงในรูปที่ 5.1

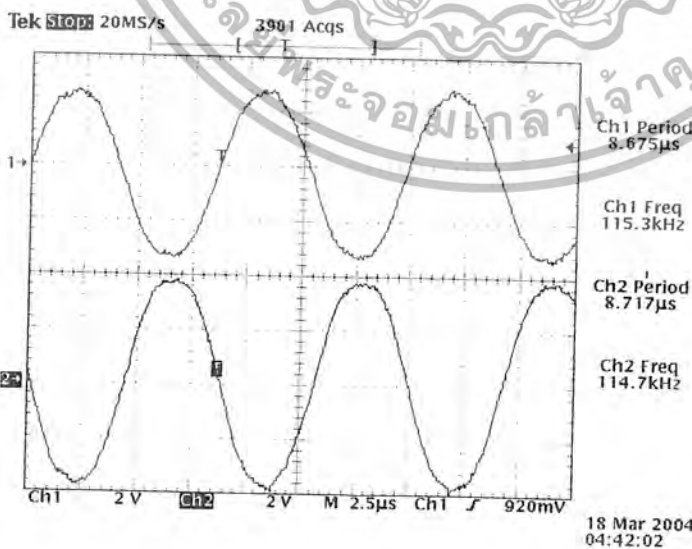


รูปที่ 5.1

CH1 เป็นเอาต์พุตของ FSK Generator

CH2 เป็นสัญญาณที่ตกคร่อมหม้อแปลง

สัญญาณรูปคลื่นเอาต์พุตของ FSK Generator ที่ DATA ของ FSK เป็น "1" จะได้สัญญาณที่ความถี่ 125 กิโลเฮิรตซ์ ดังแสดงในรูปที่ 5.2

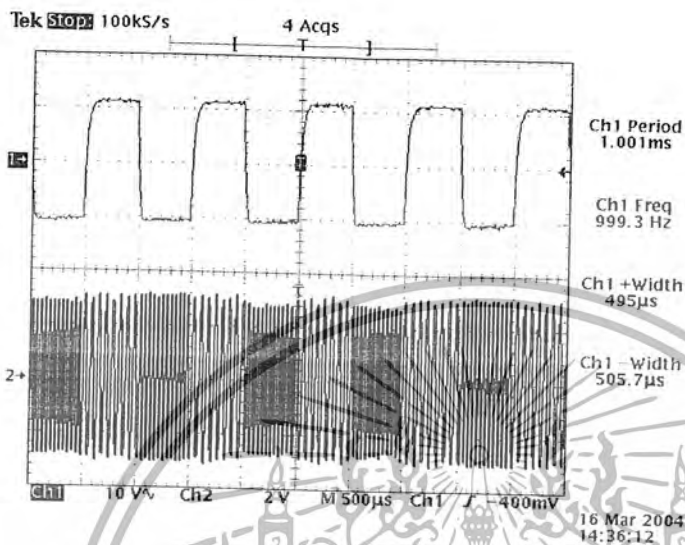


รูปที่ 5.2

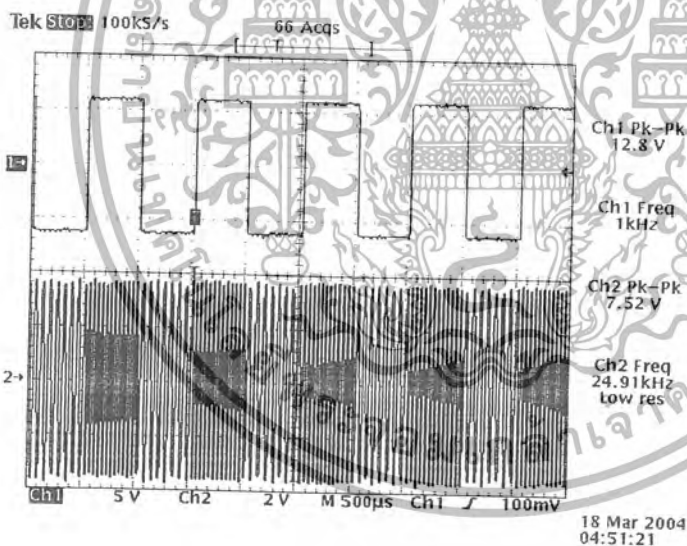
CH1 เป็นเอาต์พุตของ FSK Generator

CH2 เป็นสัญญาณที่ตกคร่อมหม้อแปลง

สัญญาณรูปคลื่นเอาต์พุตของ FSK Generator ที่ DATA ของ FSK เป็น Singnal 1 กิโลเฮิร์ตซ์ ดังแสดงในรูปที่ 5.3 และ 5.4



รูปที่ 5.3
CH1 เป็น Data input FSK
CH2 เป็นเอาต์พุตของ FSK Generator



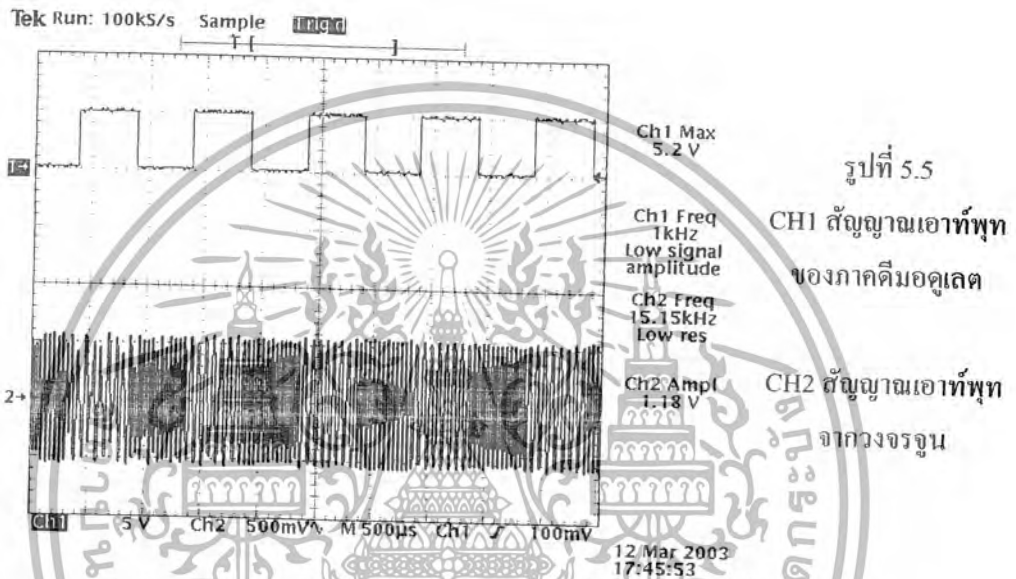
รูปที่ 5.4
CH1 เป็น Data input FSK
CH2 เป็นสัญญาณคกรวมหม้อแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ภาครับ

5.2.1 การทดลองวัดระดับสัญญาณที่ภาครับ (ระดับข้อมูล 2000 บิต/วินาที)

จากการทดลองโดยการส่งสัญญาณ FSK ที่ภาคส่งผ่านสายไฟฟ้ามายังภาครับสัญญาณ โดยทำการมอดูเลตสัญญาณที่อัตราบิตเรต 2000 บิต/วินาที และทำการดีมอดูเลตที่อัตราบิตเรต 2000 ครั้ง/วินาที จากการทดลองเราจะเห็นว่าที่ความถี่สูง (125 กิโลเฮิร์ต) เราจะได้ความถี่สเปซออกมา และที่ความถี่ต่ำ (115 กิโลเฮิร์ต) เราจะได้ความถี่มาร์คออกมา



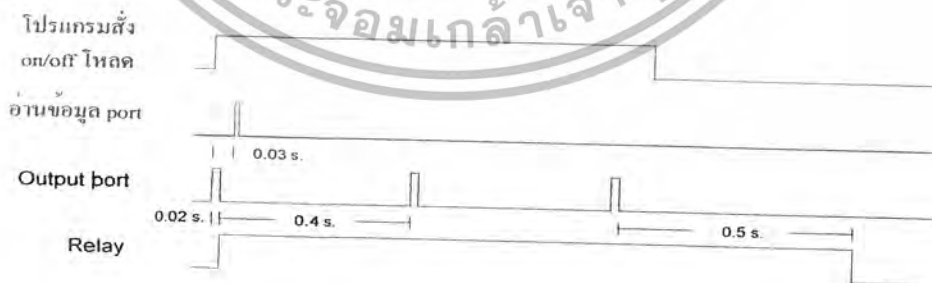
รูปที่ 5.5

CH1 สัญญาณเอาต์พุตของภาคดีมอดูเลต

CH2 สัญญาณเอาต์พุตจากวงจรจูน

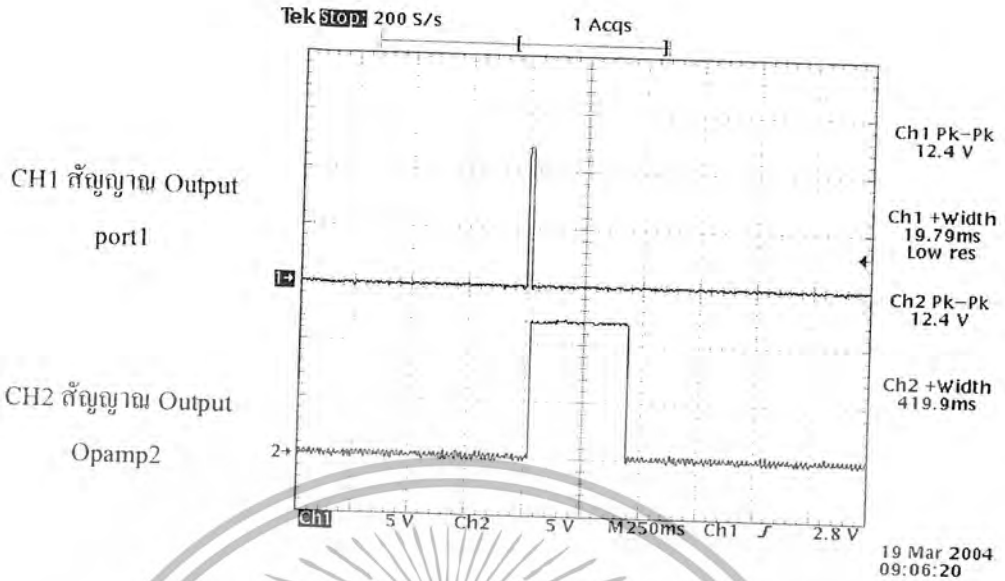
5.2.2 วงจรเช็ทโหลด

จากการทดลองสามารถทำงานได้ตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยมีช่วงเวลาการเช็ทโหลดที่ 0.02 s. และหน่วงสัญญาณ output port อีก 0.4 s. และหน่วง Relay อีก 0.5 s.

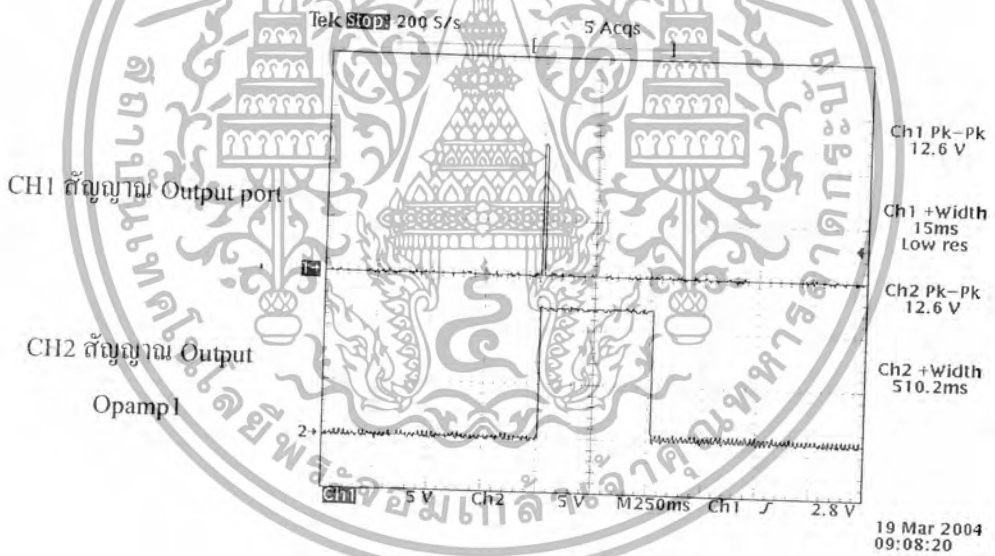


รูปที่ 5.6 Timing Diagrams เมื่อไม่ต่อโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



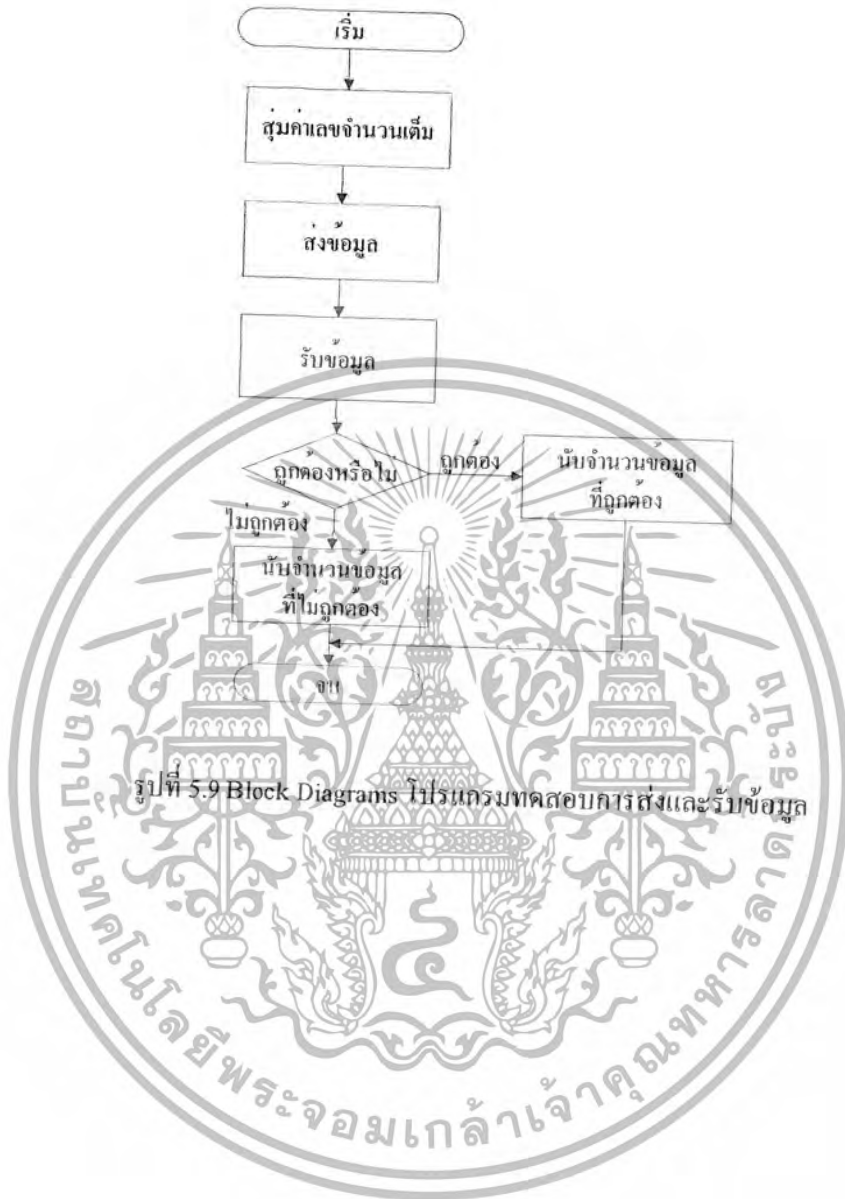
จากรูปที่ 5.7 แสดงสัญญาณ Output Opamp2 ที่หน่วงสัญญาณไป 0.4 s.



จากรูปที่ 5.8 แสดงสัญญาณ Output Opamp1 ที่หน่วงสัญญาณไป 0.5 s.

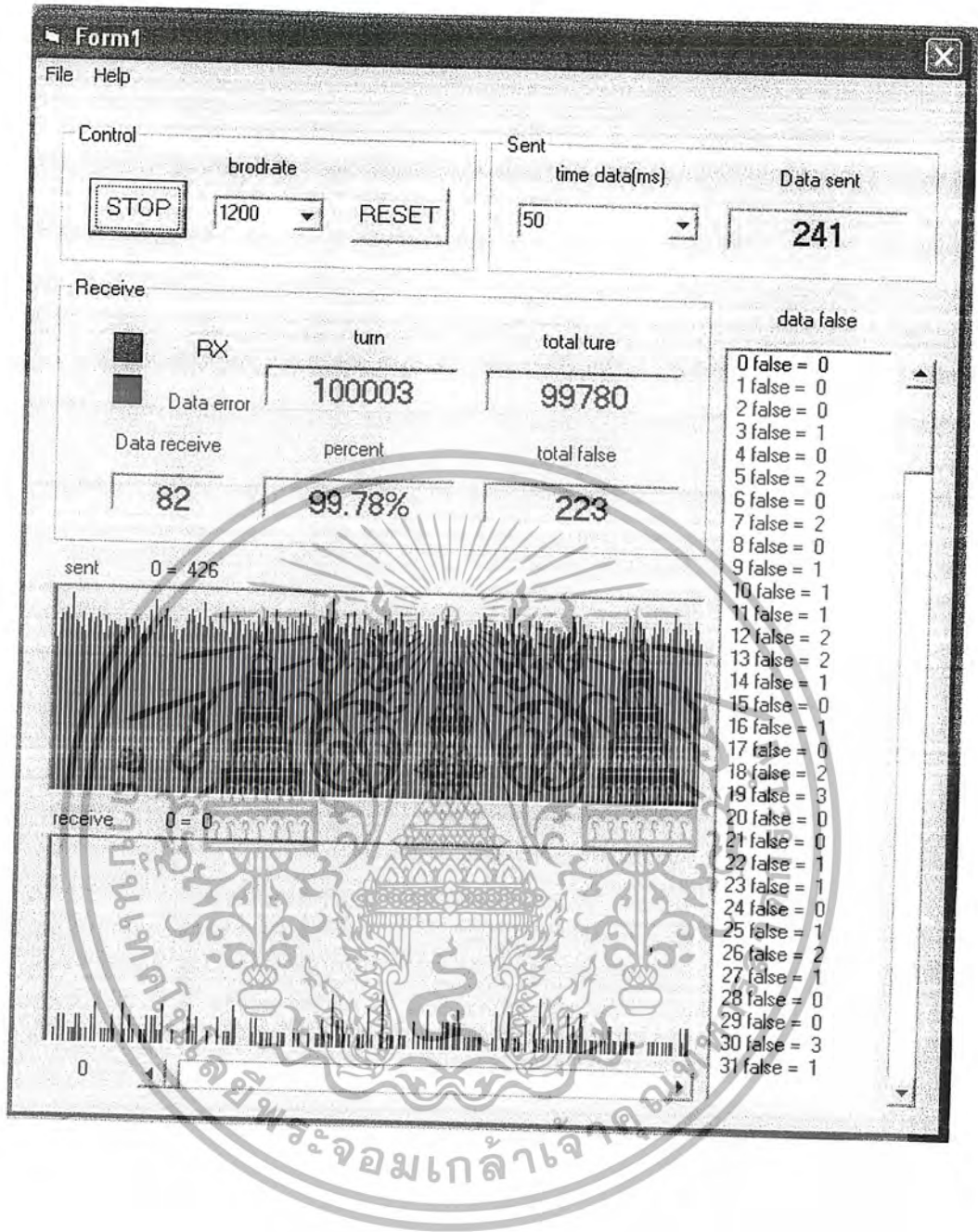
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 โปรแกรมทดสอบการส่งและรับข้อมูล



รูปที่ 5.9 Block Diagrams โปรแกรมทดสอบการส่งและรับข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.10 ภาพโปรแกรมใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

บทสรุป

6.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลอง วงจรภาคส่งนั้นสามารถส่งสัญญาณได้อย่างถูกต้อง โดยระยะทางของการส่งระหว่างเครื่องรับและเครื่องส่งจะขึ้นอยู่กับค่าอิมพีแดนซ์ของโหลด และระยะทางจะลดลงไปพร้อมกับน้อยที่เพิ่มขึ้นด้วย

6.2 วิจัยกรณีโครงการ

1. ถ้าระยะห่างระหว่างเครื่องรับส่งอยู่ไกลมากเกินไปข้อมูลอาจเกิดความผิดพลาดเนื่องจากสัญญาณคลื่นพาห์ถูกลดทอน วิธีการที่จะเพิ่มระยะทางการรับส่งได้คือ การเพิ่มกระแสของที่เอาต์พุตของเครื่องส่งให้มีค่ามากขึ้น เพื่อลดผลของความต้านทานที่ไม่แน่นอนภายในสายไฟฟ้ากำลัง โดยการเปลี่ยนการไบอัส(Bias) ของวงจรรับสัญญาณ หรือเปลี่ยนภาคขับสัญญาณใหม่ ซึ่งอาจใช้ไอซีเพาเวอร์ไลน์โมเด็ม (Power line modem) โดยเฉพาะเช่นเบอร์ TDA5051, ST7537 เป็นต้น
2. ในอนาคตจะใช้ USB พอร์ตแทนพอร์ตอนุกรม เนื่องจากสะดวกกว่าและความเร็วในการส่งข้อมูลที่สูงกว่า
3. ถ้าพัฒนาต่อไปเราก็สามารถที่จะ เปิด/ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ลูกค้าได้โดยโดย SEVER จะทำการตรวจสอบโดยอัตโนมัติได้
4. ในอนาคตเราจะต้องเพิ่มอัตราส่งสัญญาณภายในสายไฟฟ้าให้ได้มากกว่า 1200 bps เราก็จะสามารถต่ออุปกรณ์ลูกค้าได้มากขึ้นด้วย

6.3 ปัญหาและอุปสรรค

1. การออกแลตวงจรรองความถี่ ระหว่างการคำนวณและการปฏิบัติจริงมีความคลาดเคลื่อนของความถี่กลางที่กำหนดไว้เกิดความคลาดเคลื่อนการปรับหาความถี่กลางทำได้ด้วยการเพิ่มและลดค่าของตัวเก็บประจุแต่มีผลทำให้อัตราขยายของวงจรถดลง
2. การออกแบบวงจรรองความถี่ ที่มีความกว้างของแถบความถี่ที่แคบเกินไปทำให้การปรับหาช่วงตอบสนองความถี่เป็นไปได้ยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การคำนวณค่าอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรบางค่าไม่มีขายในท้องตลาดต้องใช้ค่าใกล้เคียงทำให้ต้องมีการปรับค่าอุปกรณ์บางตัวในวงจรเพื่อให้วงจรทำงานได้ถูกต้อง

4. การเลือกใช้ค่าอุปกรณ์ที่ได้จากการคำนวณของไอซีคิมอลูเลตสัญญาณฟรีควีนซีพียูอิ่ง ถ้าไม่ตรงกับกรคำนวณหรือบางค่าไม่สามารถหามาใช้ได้จะมีผลต่อการปรับช่วงความถี่ที่ต้องการในการคิมอลูเลตสัญญาณทำให้อาจต้องลดความกว้างช่องสัญญาณ(แบนด์วิดท์)ของภาคส่งเพื่อเป็นการแก้ปัญหา หรืออาจแก้ปัญหาโดยทำการเพิ่มค่าอุปกรณ์ที่ยังผิดพลาดให้ใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้

5. การต่อทดลองชุดรีเลย์ควบคุมต้องอาศัยความระมัดระวังในการทดสอบเพราะหากเกิดความผิดพลาดจะเกิดความเสียหายอย่างมากและต้องใช้เทปพันสายไฟพันทุกจุดที่เกี่ยวข้องกับจุดเชื่อมต่อของสายไฟฟีกำลังเพื่อความปลอดภัยแก่ผู้สร้างและผู้ใช้งาน

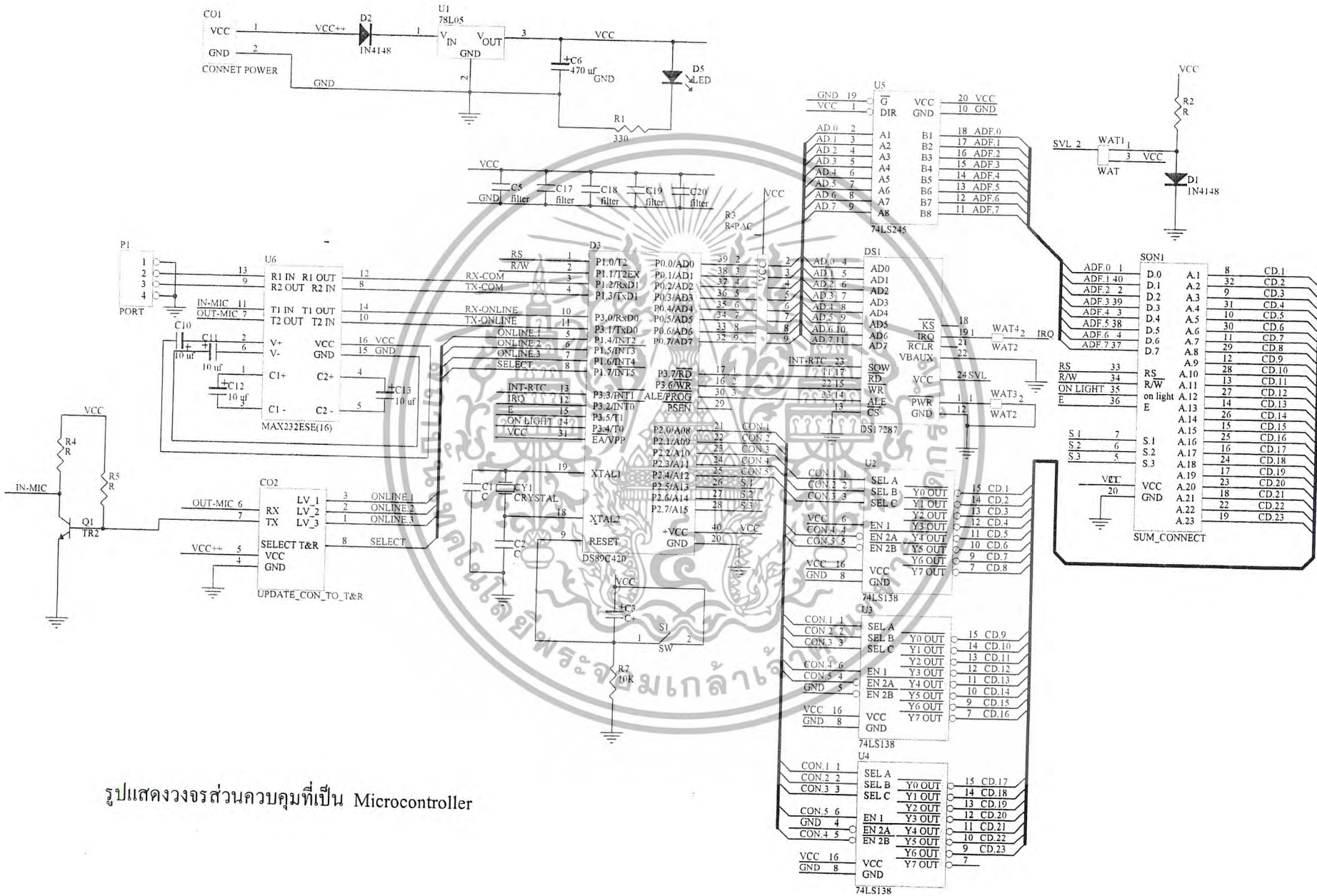
6. การทำงานของไอซีคิมอลูเลตสัญญาณฟรีควีนซีพียูอิ่งต้องทำการปรับบอดเลต(Baud rate) ให้ตรงกับที่กำหนดได้ในกรเขียนโปรแกรมของเครื่องรับและส่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ ถ้าไม่เช่นนั้นการรับ/ส่งข้อมูลระหว่างเครื่องรับและเครื่องส่งจะผิดพลาดหรือไม่อาจสื่อสารกันได้



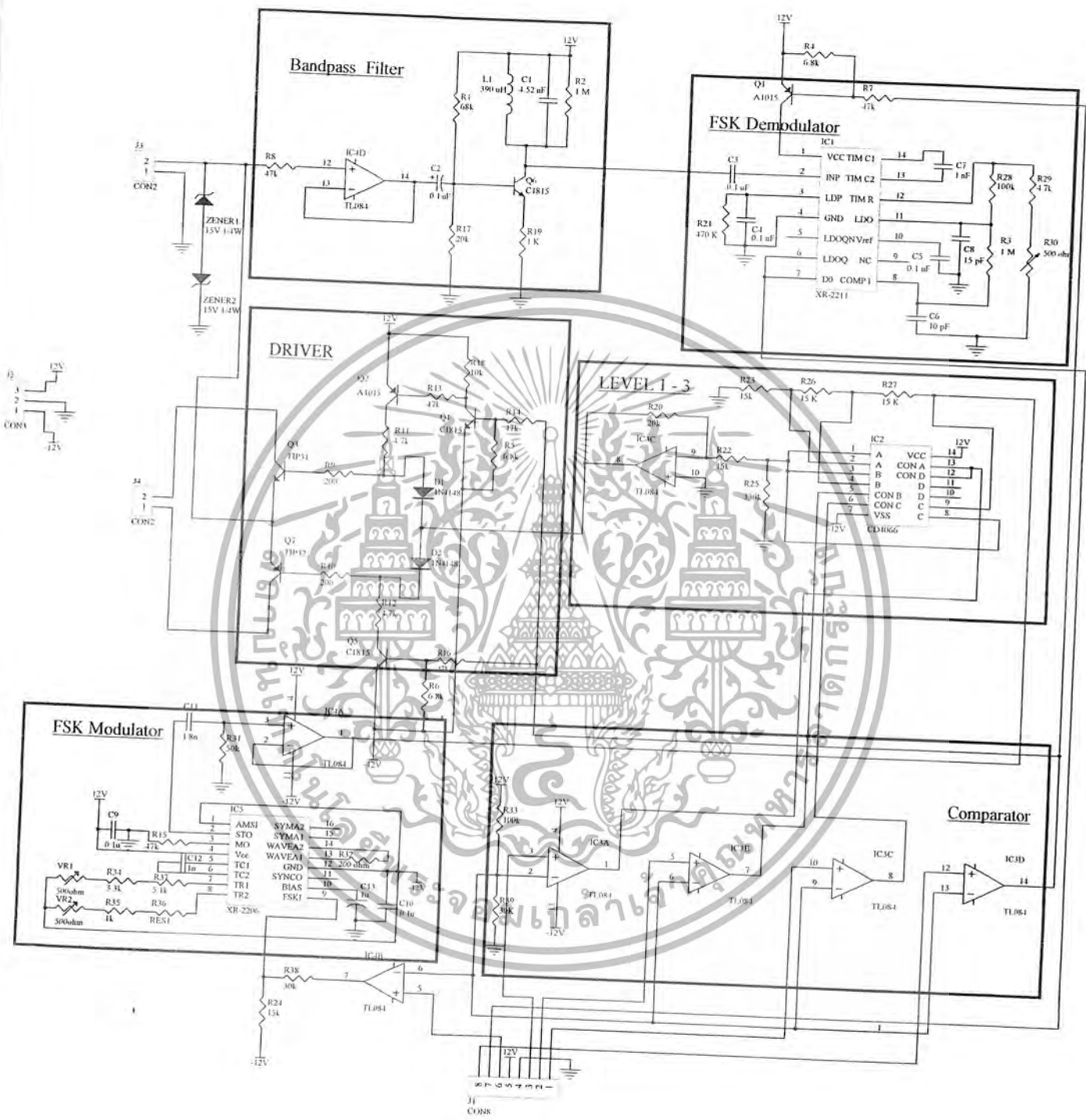
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

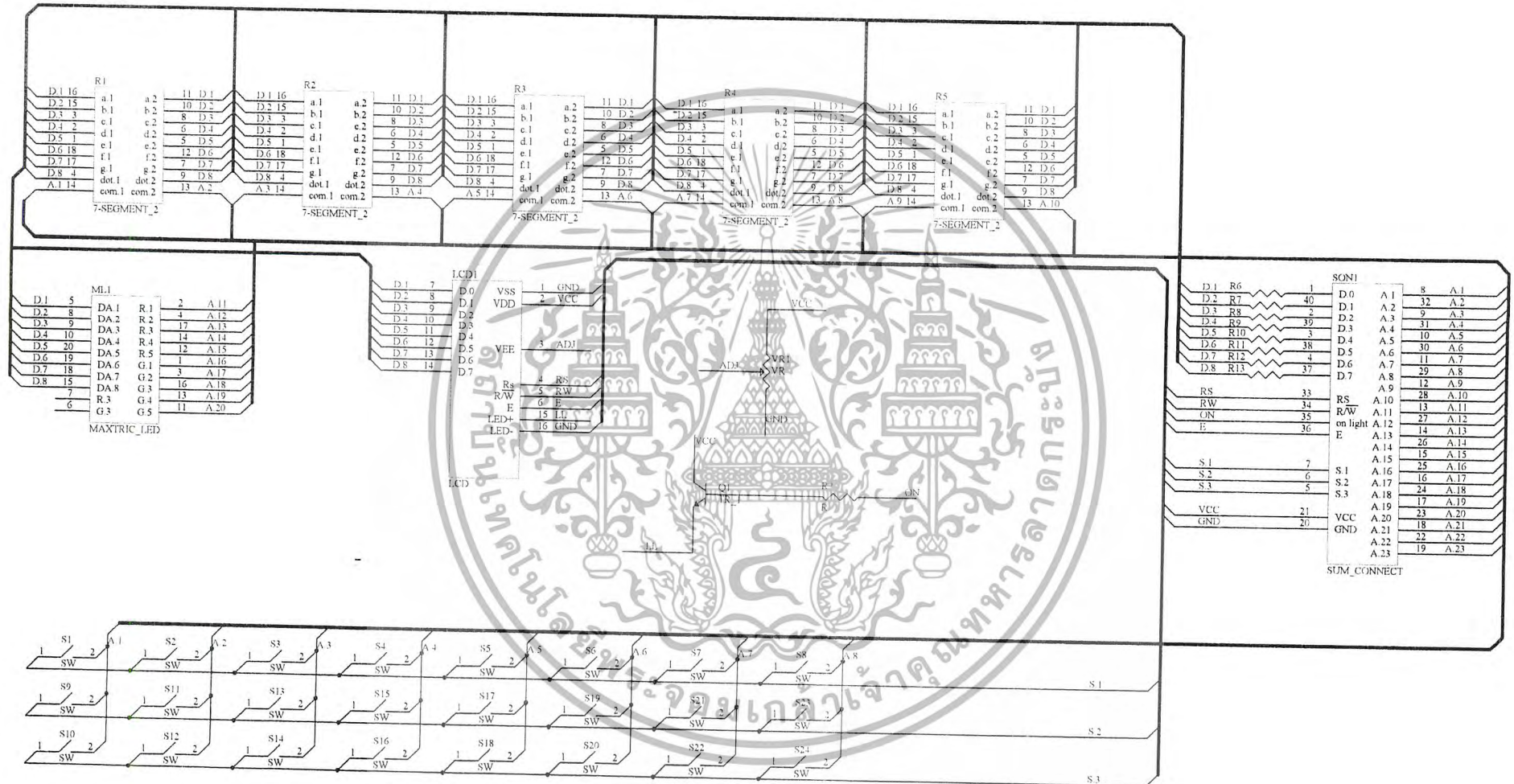


รูปแสดงวงจรส่วนควบคุมที่เป็น Microcontroller

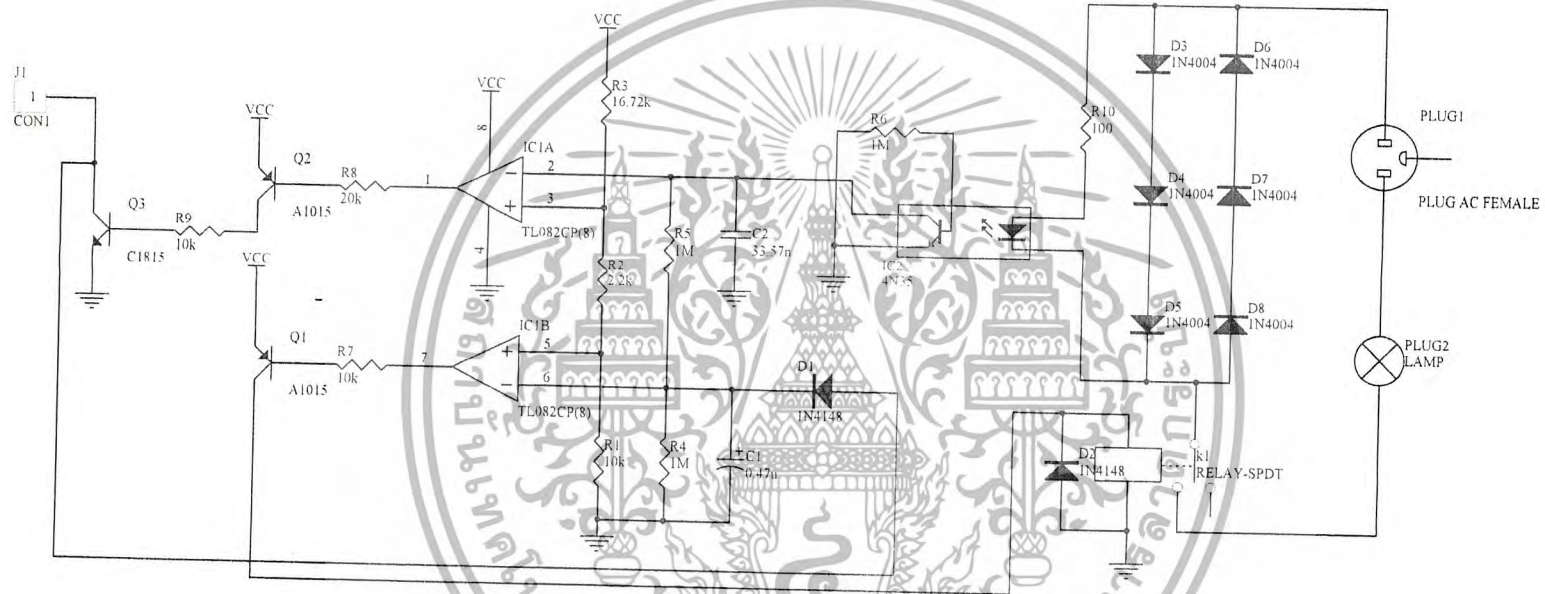


รูปแสดงวงจร MODEM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดงวงจรส่วนแสดงผล LED , 7-Segments , LCD และส่วนสแกนสวิทช์



รูปแสดงวงจรส่วนตรวจสอบโหลด