สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบควบคุมไฟฟ้าในบ้าน

HOME POWER CONTROL SYSTEM

T 046269

โดย

นายนพพล สุนทรขัณฑ์

นายประชา ดวงใจ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 46269
วัน, เดือน, ปี 21 ส.ค. 2546

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมไฟฟ้าในบ้าน
HOME POWER CONTROL SYSTEM

โดย

นายนพพล สุนทรขัณฑ์ 42015181

นายประชา ดวงใจ 42015183

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.สุริภณ สมควรพาณิชย์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมไฟฟ้าในบ้าน

HOME POWER CONTROL SYSTEM

นายนพพล สุนทรขัณฑ์ 42015181

นายประชา ดวงใจ 42015183

โครงงานได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมที่จะทำการสอบได้

.....

(รศ.ดร. สุริภณ สมควรพาณิชย์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2544

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบควบคุมไฟฟ้าในบ้าน

ผู้จัดทำ

นายนพพล	สุนทรชัณฑ์	42015181
นายประชา	ดวงใจ	42015183

รศ.ดร. สุริภณ สมควรพาณิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษา

(.....)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมไฟฟ้าในบ้าน

นายนพพล สุนทรขัณฑ์
นายประชา ดวงใจ
อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ.ดร.สุริภณ สมควรพาณิชย์
ปีการศึกษา 2544

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการออกแบบและการทดลองใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าในบ้าน โดยได้สร้างเครื่องตัวแม่ และเครื่องลูกข่าย ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่อกับเครื่องลูกข่ายนั้น สามารถควบคุมจากเครื่องตัวแม่และเครื่องลูกข่ายเองได้ แต่เครื่องลูกไม่สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่ออยู่กับเครื่องตัวแม่ได้ การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าจะมีฟังก์ชั่นการตั้งเวลาปิดและเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า สำหรับการส่งสัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่ออยู่ที่เครื่องลูกข่ายแต่ละตัวนั้น จะอาศัยหลักการมอดดูเลทสัญญาณที่จะนำไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าเข้าไปในสายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลท์ การมอดดูเลทสัญญาณจะใช้แบบ FSK อุปกรณ์ที่ทำการส่งและรับสัญญาณจะประกอบด้วยชุดส่งสัญญาณควบคุม และชุดมอดดูเลท ซึ่งจะทำการผสมสัญญาณควบคุมแล้วส่งเข้า ไปในสายไฟฟ้ากระแสสลับ ชุดรับสัญญาณจะรับสัญญาณควบคุมจากสายไฟฟ้ากระแสสลับ และทำการเปลี่ยนสัญญาณที่ได้เป็นสัญญาณดิจิตอลเพื่อนำไปใช้ควบคุม อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Home Power Control System

Mr. Noppol Sunthonkhan

Mr. Pracha Duangjai

Advisor

Assoc.Prof.Dr. Suripon Somkuarnpanit

Academic Year 2001

ABSTRACT

This report presents an application of a Micro-controller to control the household electrical appliances. In this system, there are master controller and slave controller. To control electrical equipments can control at the master and slave which the master can control each slaves, but slave can not control master. The master and slave can define the time to control electrical equipments.The principle we followed was to modulate the control signal into 220 volt ac line using FSK modulation. The hardware we used, include transmitter which tranmits the control signal, a signal modulated between the digital signal from controller and the carrier and then transmits it into the ac-line which has a, or more receivers connected to it. The receiver receives the control signal and then converts it back to a digital signal, therefore making it possible to control the ON/OFF switch of the household electrical appliances.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญรูป	ง
สารบัญตาราง	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 การมอดดูเลทดิจิตอลทางขนาด	3
2.2 การมอดดูเลทดิจิตอลทางเฟส	4
2.3 การมอดดูเลทดิจิตอลทางความถี่	5
บทที่ 3 การออกแบบ และการสร้าง	9
3.1 ส่วนประมวลผล	9
3.2 ส่วนการเข้ารหัส และการถอดรหัส	17
3.3 ส่วนมอดดูเลเตอร์ และดีมอดดูเลเตอร์	24
3.4 ส่วนเชื่อมต่อกับเครื่องใช้ไฟฟ้า	33
บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง	34
4.1 การทดลองด้านภาคส่ง	34
4.2 การทดลองด้านภาครับ	37
4.3 การทดลองโดยการรับ – ส่งข้อมูลหลาย ๆ ครั้ง	41
บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์	42
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 บล็อคไดอะแกรมภาคส่ง (MASTER) 2

รูปที่ 1.2 บล็อคไดอะแกรมภาครับ (SLAVE) 2

รูปที่ 2.1 แสดงการมอดดูเลทดิจิตอลทางขนาด 4

รูปที่ 2.2 แสดงการมอดดูเลทดิจิตอลทางเฟส 4

รูปที่ 2.3 แสดงสัญญาณในแบบ BPDK 5

รูปที่ 2.4 แสดงการมอดดูเลทดิจิตอลทางความถี่ 5

รูปที่ 2.5 ช่องสัญญาณในสายส่งเมื่อใช้การมอดดูเลทแบบ FSK ในการส่งข้อมูลแบบฟูลดูเพล็กซ์ 6

รูปที่ 2.6 ช่องสัญญาณในสายส่งเมื่อใช้การมอดดูเลทแบบ FSK ในการส่งข้อมูลแบบ ฮาล์ฟดูเพล็กซ์ 6

รูปที่ 2.7 แสดงการประมาณค่าความกว้างแถบของแบบ FSK 7

รูปที่ 3.1 แสดงตำแหน่งขาของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 10

รูปที่ 3.2 วงจรสร้างสัญญาณความถี่มาตรฐานให้กับไทม์เมอร์ 14

รูปที่ 3.3 แสดงไอซีสแกนคีย์สวิตซ์ 15

รูปที่ 3.4 วงจรภาค ENCODER 17

รูปที่ 3.5 แสดงขาต่าง ๆ ของ IC เบอร์ MC145026 18

รูปที่ 3.6 MC145026 ENCODER Block Diagram 18

รูปที่ 3.7 ENCODER Oscillator Intormation 19

รูปที่ 3.8 Timing diagram 20

รูปที่ 3.9 แสดงลักษณะการเข้ารหัสของ Data bit 21

รูปที่ 3.10 แสดงขาของ MC145027 21

รูปที่ 3.11 DECODER Block Diagram MC145027 22

รูปที่ 3.12 วงจร DECODER 23

รูปที่ 3.13 แสดงวงจรภายในของ XR2206 25

รูปที่ 3.14 วงจร FSK Modulator โดยใช้ IC เบอร์ XR2206 26

รูปที่ 3.15 แสดงวงจรขยายสัญญาณมอดดูเลทและคัปเปลอร์ 27

รูปที่ 3.16 แสดงวงจรภายในของ XR2211 29

รูปที่ 3.17 วงจรที่ใช้ในการ DEMODULATION 30

รูปที่ 3.18 วงจรเซฟบิเซฟฟิลเตอร์ 32

รูปที่ 3.19 ส่วนควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.1 สัญญาณเอาท์พุทจากการเข้ารหัส 34
รูปที่ 4.2 สัญญาณเอาท์พุทของชุด MODULATOR เมื่ออินพุทเป็นลอจิก “0” 35
รูปที่ 4.3 สัญญาณเอาท์พุทของชุด MODULATOR เมื่ออินพุทเป็นลอจิก “1” 35
รูปที่ 4.4 สัญญาณเอาท์พุทของชุด MODULATOR เมื่ออินพุทเป็นคลื่นสี่เหลี่ยมความถี่ 1 KHz 36
รูปที่ 4.5 สัญญาณเอาท์พุทวงจร TUNE 37
รูปที่ 4.6 เอาท์พุทเมื่อผ่าน Band pass filter 37
รูปที่ 4.7 สัญญาณเอาท์พุทของวงจร Demodulator 38
รูปที่ 4.8 สัญญาณที่ขา 11 ของ MC145027 38
รูปที่ 4.9 กราฟตอบสนองความถี่ Band pass filter 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 ตารางความจริงของไอซีเบอร์ 74C922 24

ตารางที่ 3.2 คุณลักษณะสูงสุดของ XR2006 24

ตารางที่ 3.3 คุณลักษณะของ XR2211 28

ตารางที่ 4.1 ขนาดแรงดันเอาท์พุทของ Band pass filter ที่ความถี่ต่าง ๆ 39

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการ รับ – ส่งข้อมูลหลาย ๆ ครั้ง 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 กล่าวนำ

แต่เดิมระบบอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ภายในสำนักงาน อาคาร สำนักงาน และโรงงานอุตสาหกรรมจะทำการควบคุมโดยการใช้ manual switch คือใช้คนในการสั่งงานปิด และ เปิด ซึ่งทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงาน เนื่องจากเวลาการปิดและเปิด จะถูกสั่งงานโดยคนต้องคอยควบคุมด้วยตนเอง ทำให้บางครั้งอาจลืม ยิ่งในระบบไฟฟ้าขนาดใหญ่อย่างอาคาร สำนักงาน หรือ โรงงาน จะเป็นการยากมากที่จะควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้ทำงานสอดคล้องกันตามเวลา บางแห่งอาจใช้การควบคุมด้วยการติดตั้งระบบควบคุมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจำเป็นต้องมีสายคอนโทรลต่อไปยังอุปกรณ์ต่าง ๆ ด้วย

สำหรับโครงงานนี้เป็นการสั่งงานควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบไฟฟ้าด้วยการส่งสัญญาณควบคุมผ่านทางสายไฟ 220 โวลต์ เนื่องจากอุปกรณ์ส่วนใหญ่จะต่ออยู่กับสายไฟฟ้าอยู่แล้วจึงเป็นการประหยัดสายคอนโทรล และพลังงานไฟฟ้าอย่างมาก การทำงานจะอาศัยหลักการของการสื่อสารข้อมูล (Data communication) ทฤษฎีสายส่ง (Transmission line) และทฤษฎีการมอดดูเลชั่นเชิงความถี่สัญญาณดิจิตอล (Frequency Shift Keying Modulation)

การควบคุมอุปกรณ์ผ่านทางสายไฟฟ้า 220 โวลต์ (AC line) ทำการสั่งงานโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCS-51) เป็นศูนย์กลางควบคุม

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้
2. เพื่ออำนวยความสะดวก ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ภายในบ้าน
3. เพื่อสร้างเครื่องควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์ ที่สามารถนำไปใช้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

จากลักษณะของโครงงานที่กล่าวมา จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์แต่ละส่วนที่มีหน้าที่ต่าง ๆ กัน เพื่อทำการควบคุมการเปิดและปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าดังนี้

1. ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

ในส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ จะแบ่งเป็นส่วนควบคุมส่วนกลาง (Master) และส่วนควบคุมส่วนย่อย (Slave) การควบคุมปิดและเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้ามีฟังก์ชั่นการตั้งเวลา ที่สามารถควบคุมได้ที่ส่วนกลางและส่วนย่อย

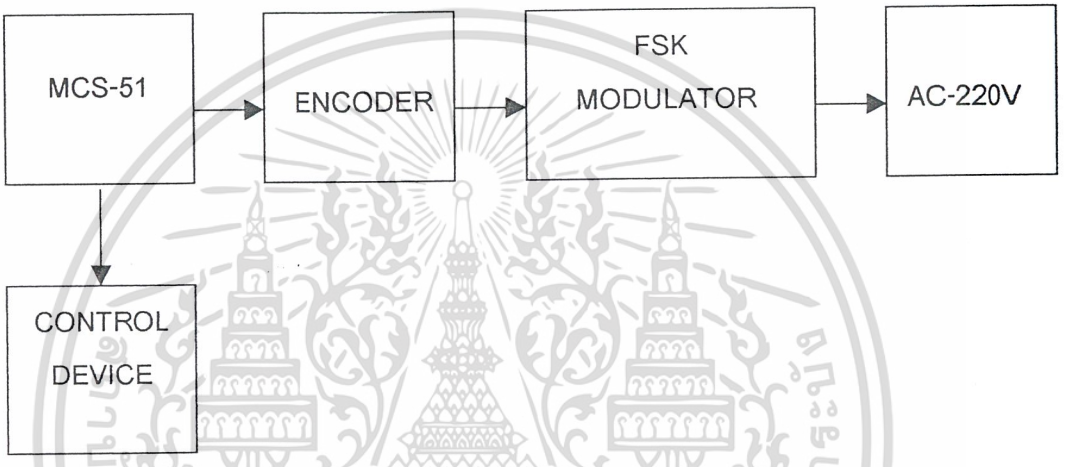
2. การติดต่อสื่อสารระหว่างส่วนกลางและส่วนย่อย

จะใช้การสื่อสารดิจิตอล ซึ่งจะทำการสื่อสารแบบ FSK ผ่านสายไฟฟ้ากำลัง

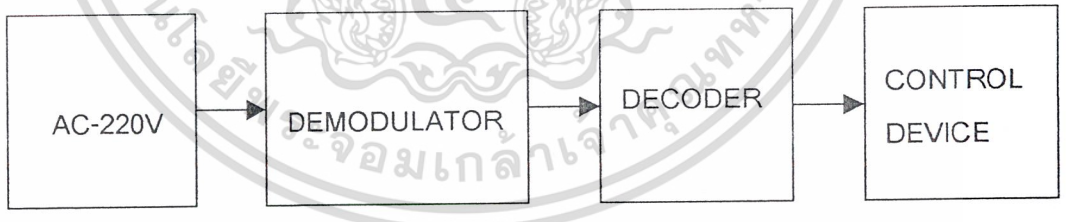
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ส่วนการเข้ารหัสและถอดรหัส
   เพื่อกำหนดการทำงานของส่วนย่อย
4. ส่วนเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้า
   แยกไฟแรงดันต่ำออกจากแรงดันสูง และควบคุมการปิดและเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า เมื่อได้รับคำสั่ง

บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบเป็นดังรูป



รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมภาคส่ง (MASTER)



รูปที่ 1.2 บล็อกไดอะแกรมภาครับ (SLAVE)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

ในบทนี้จะทำการอธิบายเนื้อหาเกี่ยวกับการมอดดูเลทสัญญาณแบบดิจิตอล ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายวิธีเช่น การมอดดูเลทแบบ ASK, FSK และ PSK ซึ่งแต่ละวิธีจะอาศัยหลักการทำงานที่แตกต่างกันออกไป ในบทนี้เราจะเน้นเนื้อหาเกี่ยวกับการมอดดูเลทแบบ FSK เพราะเกี่ยวข้องกับโครงงานที่ได้จัดทำ ซึ่งจะอธิบายโดยละเอียดดังจะกล่าวต่อไปนี้

การมอดดูเลทข้อมูลที่เป็นดิจิตอลจะมีหลักการพื้นฐานอยู่ 3 แบบด้วยกันคือ

1. การมอดดูเลทดิจิตอลทางขนาด (Amplitude Shift Keying ; ASK)
2. การมอดดูเลทดิจิตอลทางเฟส (Phase Shift Keying ; PSK)
3. การมอดดูเลทดิจิตอลทางความถี่ (Frequency Shift Keying ; FSK)

จากสมการทางคณิตศาสตร์ของคลื่นรูปซายน์ที่เราใช้เป็นพาหะ

$$e = A\sin(\omega t + \Phi) \tag{2.1}$$

คุณสมบัติประจำตัวของคลื่นรูปซายน์ที่สำคัญจะมีอยู่ 3 ประการ ซึ่งเราสามารถเปลี่ยนแปลงหรือมอดดูเลทได้ คือ แอมพลิจูด (A), ความถี่เชิงมุม (ω) และเฟส (Φ)

สัญญาณดิจิตอลเบสแบนด์เป็นรูปสี่เหลี่ยมแสดงรหัสไบนารี่ "1" และ "0" ในการมอดดูเลทสัญญาณดิจิตอลนี้ จากคุณสมบัติประจำตัวของคลื่นรูปซายน์ (คลื่นพาหะ) ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงได้คือ แอมพลิจูด , ความถี่เชิงมุมและเฟส จะเปลี่ยนไปตามสถานะ "1" และ "0" ของสัญญาณเบสแบนด์

2.1 การมอดดูเลทดิจิตอลทางขนาด (Amplitude Shift Keying ; ASK)

ในการมอดดูเลทดิจิตอลทางขนาดบางครั้งเรียกว่า OOK (on-off keying) เพราะว่าคลื่นพาหะถูก on/off ตามสัญญาณที่เป็น "1" หรือ "0" ถ้าคลื่นพาหะกำหนดโดยสมการที่ 2.1

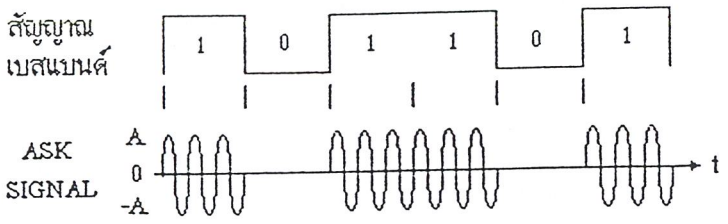
ดังนั้นสัญญาณ ASK จะกำหนดได้เป็น

$e = A\sin(2\pi f_1 t)$; เมื่อสถานะของบิทเป็น "1"

$e = 0$; เมื่อสถานะของบิทเป็น "0"

แสดงดังรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แสดงการมอดดูเลทดิจิตอลทางขนาด

การมอดดูเลทดิจิตอลทางขนาดจัดว่ามีประสิทธิภาพต่ำสุด และมีความผิดพลาดในการส่งข้อมูลสูง และใช้ในสายสื่อสารที่ต้องการความเร็วของข้อมูลต่ำ (น้อยกว่า 100บิท/วินาที) ส่วนหลักการอื่น ๆ ของ ASK จะเหมือนกับแบบ AM

2.2 การมอดดูเลทดิจิตอลทางเฟส (Phase Shift Keying ; PSK)

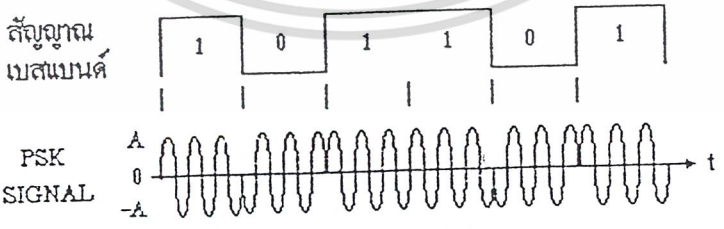
การมอดดูเลทดิจิตอลทางเฟสจะใช้เฟสของสัญญาณอนาลอกแทนสัญญาณดิจิตอล สัญญาณลอจิก "1" จะให้เฟสของสัญญาณอนาลอกเฟสหนึ่ง ในขณะเดียวกันสัญญาณลอจิก "0" ก็จะให้เฟสของสัญญาณอนาลอกอีกเฟสหนึ่ง ถ้าสัญญาณพาหะเป็นดังสมการที่ (1)

ดังนั้นสัญญาณ PSK จะกำหนดได้เป็น (ในกรณีที่ส่งครั้งละหนึ่งบิท)

$e = A\sin(2\pi f_c t)$; เมื่อสถานะของบิทเป็น "1"

$e = A\sin(2\pi f_c t+\pi)$; เมื่อสถานะของบิทเป็น "0"

แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงการมอดดูเลทดิจิตอลทางเฟส

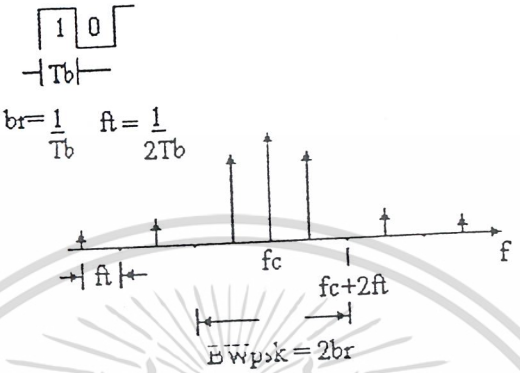
รูปแบบที่ง่ายที่สุดของการมอดดูเลทแบบ PSK คือ Binary PSK (BPSK) แสดงดังรูปที่ 2.3ที่ค่าเฟสของสัญญาณจะมี 2 ค่า คือ 0 องศา และ 180 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการของสัญญาณที่ได้จากการมอดดูเลทแล้วได้เป็น

$$V_{psk} = V_b \sin(2\P f_c t) + V_b \sin(2\P f_c t + \P)$$

เมื่อ V_b แทนค่าสถานะของบิท คือ "1" และ "0"



รูปที่ 2.3 แสดงสัญญาณในแบบ BPSK

ถ้าคิดให้อัตราเร็วบิทเท่ากันแบบ PSK มีค่าความกว้างแถบน้อยกว่าแบบ FSK (แต่ราคาของวงจร PSK สูงกว่า) เราใช้วิธีการมอดดูเลทแบบ PSK ในโมเด็มที่มีอัตราเร็วบิทเท่ากับ 2400 บิท/วินาที และ 4800 บิท/วินาที เพราะว่าวิธการมอดดูเลทแบบ FSK ไม่สามารถทำได้โดยผ่านเครือข่ายโทรศัพท์

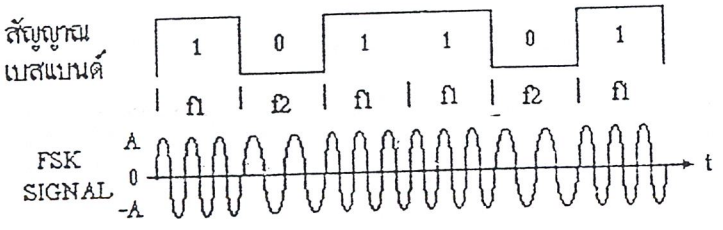
2.3 การมอดดูเลทดิจิตอลทางความถี่ (Frequency Shift Keying ; FSK)

การมอดดูเลทดิจิตอลทางความถี่เมื่อข้อมูลเป็นลอจิก "1" ก็จะได้สัญญาณอนาลอกความถี่หนึ่ง และเมื่อเป็นลอจิก "0" ก็จะได้สัญญาณอนาลอกอีกความถี่หนึ่ง ถ้าสัญญาณพาหะเป็นดังสมการที่ 1

ดังนั้นกรณีของการมอดดูเลทแบบ FSK ความถี่ของคลื่นพาหะจะมี 2 ความถี่ เช่น ความถี่ f_1 สำหรับสัญญาณที่เป็นลอจิก "1" และความถี่ f_2 สำหรับสัญญาณที่เป็นลอจิก "0" แสดงดังสมการข้างล่าง

$e = A\sin(2\P f_1 t)$; เมื่อสถานะของบิทเป็น "1"

$e = A\sin(2\P f_2 t)$; เมื่อสถานะของบิทเป็น "0"



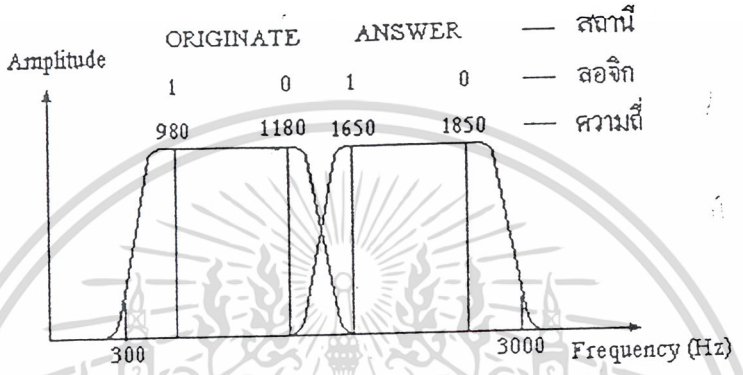
รูปที่ 2.4 แสดงการมอดดูเลทดิจิตอลทางความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการส่งข้อมูลแบบ FSK ที่ใช้งานจริงสามารถแบ่งได้ 2 แบบ

1. ชนิดที่ใช้ในการส่งข้อมูลในระบบฟูลดูเพลกซ์ (Full Duplex)

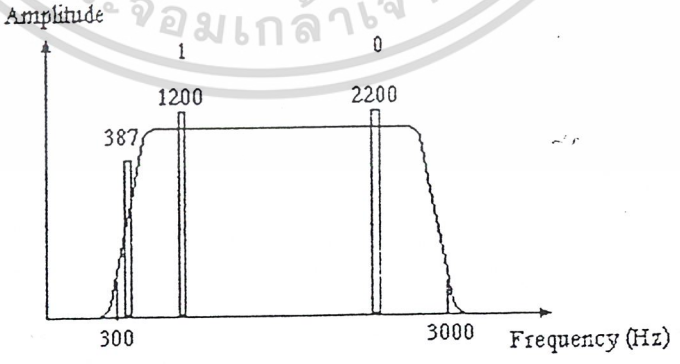
การส่งข้อมูลแบบนี้จะแบ่งแบนด์วิดธ์ของช่องสัญญาณเสียงออกเป็น 2 แบนด์เท่า ๆ กันโดยแบนด์หนึ่งใช้ในการส่งข้อมูล ส่วนอีกแบนด์หนึ่งจะใช้ในการรับข้อมูล ทำให้สามารถส่งข้อมูลเข้าไปในสายได้พร้อม ๆ กัน ผลตอบสนองความถี่สำหรับการรับส่งข้อมูลแบบนี้แสดงดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ช่องสัญญาณในสายส่งเมื่อใช้การมอดดูเลทแบบ FSK ในการส่งข้อมูลแบบฟูลดูเพล็กซ์

2. ชนิดที่ใช้ในการส่งข้อมูลในระบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (Half Duplex)

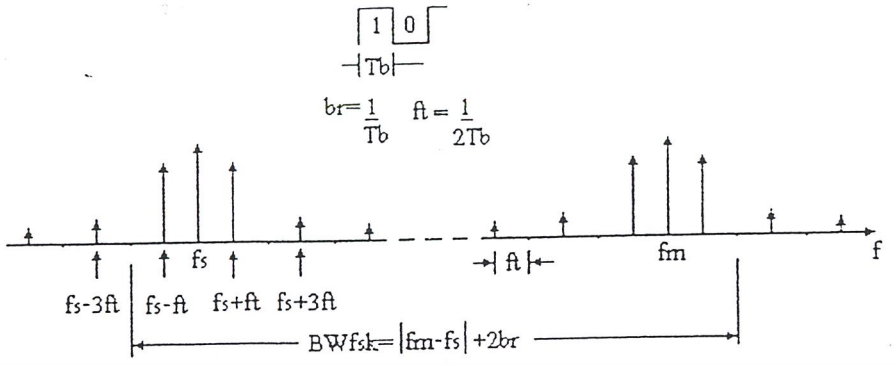
การส่งข้อมูลแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์จะมีแบนด์วิดธ์ 2 แบนด์เหมือนกัน แต่ความกว้างของแบนด์วิดธ์ทั้งสองจะไม่เท่ากัน แบนด์วิดธ์ที่กว้างกว่าจะใช้ในการส่งข้อมูลส่วนแบนด์วิดธ์ที่แคบจะใช้ในการส่งสัญญาณแนะนำควบคุม (Supervisory Signal) ของตัวรับไปยังตัวส่งเพื่อใช้ในการตรวจสอบสภาพการส่งข้อมูลว่าถูกต้องหรือไม่เราเรียกแบนด์วิดธ์แบบนี้ว่าช่องสัญญาณย้อนกลับ (Reverse Channel) ผลตอบสนองความถี่ของการรับส่งข้อมูลแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์แสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ช่องสัญญาณในสายส่งเมื่อใช้การมอดดูเลทแบบ FSK ในการส่งข้อมูลแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์

เราสามารถที่จะอธิบายความหมายของความกว้างแถบ (bandwidth) ในแบบ FSK ได้โดยพิจารณาจากรูปที่ 2.7

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แสดงการประมาณค่าความกว้างแถบของแบบ FSK

จากรูปที่ 2.7 กำหนดให้ b_r = อัตราเร็วบิท (บิท/ วินาที)

T_b = ช่วงเวลาใน 1 บิท

จะได้ $T_b = 1/b_r$ วินาที

สมมุติให้สัญญาณข้อมูลมีสถานะ "1" และ "0" สลับกันเป็นคลื่นสี่เหลี่ยม (square wave) ให้มีความถี่พื้นฐานเท่ากับ f_f

จะได้ $f_f = 1/(2T_b) = b_r/2$ Hz (2.2)

จากสมการที่ 2.2 หมายถึงค่าความถี่พื้นฐานที่มากที่สุดของสัญญาณข้อมูล มีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของอัตราเร็วบิท สำหรับรูปสมการของสัญญาณที่ได้จากการมอดดูเลทแบบ FSK แล้วมีค่าดังสมการข้างล่าง

$$V_{FSK} = V_b \sin(2\pi f_m t) + \overline{V_b} \sin(2\pi f_s t)$$

โดยค่า V_b = ค่าของบิทมีค่าหนึ่งและศูนย์ ขึ้นอยู่กับสถานะของข้อมูลนั้น

f_m = ค่าความถี่ของสถานะมาร์ค (1)

f_s = ค่าความถี่ของสถานะสเปซ (0)

รูปสเปคตรัม (Spectrum) ของสมการ V_{FSK} ประกอบด้วยคลื่นพาหะและแถบความถี่ข้างจำนวนหลายคู่ ซึ่งในการคิดของค่าความกว้างแถบของแบบ FSK กำหนดจากความถี่ 2 ตัวที่อยู่ระหว่างตรงกลางของแถบความถี่ฮาร์โมนิก (Harmonic) ลำดับที่ 1 และ 3 แสดงในรูปสมการได้ว่า

$$BW_{FSK} = (f_m + 2f_t) - (f_s - 2f_t)$$

$$= (f_m - f_s + \Delta f_t) \quad \text{Hz} \quad (2.3)$$

หรือ $BW_{FSK} = |f_m - f_s| + 2b_r$ Hz (2.4)

สรุปความหมายจากสมการที่ 2.3 และ 2.4 ได้ว่า ค่าโดยประมาณของความกว้างแถบเท่ากับค่าแตกต่างระหว่างความพี่ของมาร์ค (Mark) กับสเปซ (Space) บวกด้วยสองเท่าของอัตราเร็วบิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการออกแบบภาคดีมอดดูเลท มีข้อแนะนำในการหาค่าความถี่กลางของ FSK และค่าความแตกต่างระหว่างความถี่ของมาร์ค (Mark) กับสเปซ (Space) ไว้ว่า

$$f_{FSK} = (f_m - f_s)/2 \geq 3b_r \quad (2.5)$$

$$| f_m - f_s | > 2b_r / 3 \quad (2.6)$$

f_{FSK} คือ ความถี่กลาง FSK (ระหว่าง f_m และ f_s)

ตัวอย่าง ในการคำนวณหาค่า f_{FSK} และค่าความกว้างแถบ (BW) ของช่องสัญญาณ FSK

กำหนดให้โมเด็มชนิดมีอัตราเร็ว 600 บิท / วินาที ต้องการใช้ความถี่มาร์ค (Mark) เท่ากับ 1500 Hz และความถี่สเปซ (Space) เท่ากับ 2000 Hz

จากสมการที่ (4)

$$BW_{FSK} = | f_m - f_s | + 2b_r$$

$$BW_{FSK} = | 2000 - 1500 | + 2(600)$$

$$= 1700 \text{ Hz}$$

จากสมการที่ (5)

$$f_{FSK} = (f_m - f_s)/2 \geq 3b_r$$

$$(2000+1500)/2 \geq 3(600)$$

$$1750 \text{ Hz} \geq 1800 \text{ Hz}$$

จากสมการที่ (6)

$$| f_m - f_s | > 2b_r / 3$$

$$| 1500 - 2000 | > 2(600)/3$$

$$500 \text{ Hz} > 400 \text{ Hz}$$

จากการคำนวณสมการที่ 2.5 และ 2.6 เปรียบเทียบกัน ถ้าพิจารณาข้อแนะนำในการออกแบบภาค ดีมอดดูเลทพบว่าจากที่ระบุในสมการที่ 2.5 ก็ยังไม่ดีเท่าที่ควรเพราะว่าค่าที่คำนวณได้ 1750 Hz น้อยกว่า 1800 Hz ส่วนในสมการที่ 2.6 เราจะพบว่าใช้ได้ดีเพราะว่าค่า 500 Hz ที่คำนวณได้มากกว่าสองในสามของ 600 Hz (400 Hz)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ และการสร้าง

ในการออกแบบและการสร้าง แบ่งออกเป็น 4 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนประมวลผล ส่วนการเข้ารหัสและถอดรหัส ส่วนการมอดดูเลเตอร์และดีมอดดูเลเตอร์ และส่วนเชื่อมต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า

3.1 ส่วนประมวลผล

โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS – 51

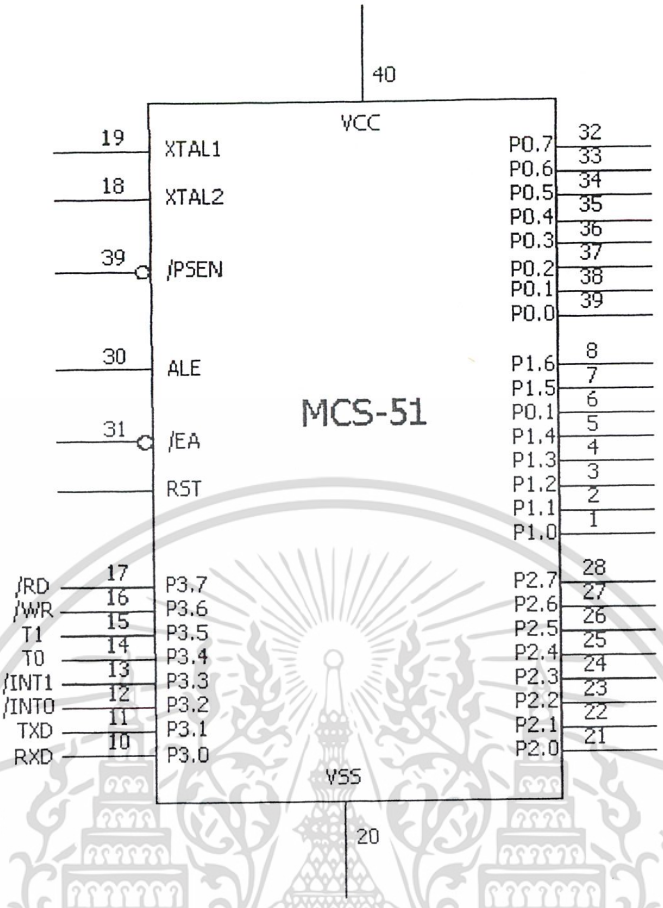
ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีสมาชิกในตระกูลหลายเบอร์ด้วยกัน แต่ละเบอร์จะมีคุณสมบัติพิเศษบางอย่างแตกต่างกัน เช่น มีหน่วยความจำภายในสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลภายในชิปเพิ่มขึ้น มีวงจรเปลี่ยนค่าสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลในตัว สามารถรับสัญญาณอินเตอร์รัพได้หลายชนิด ทำกระบวนการ DMA (Direct Memory Access) ได้ในตัว มีรีจิสเตอร์สำหรับใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์เพิ่มขึ้น

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ทุกเบอร์ใช้แรงดันเพียง 5 โวลท์ในการทำงาน ส่วนกระแสไฟฟ้าที่ใช้ จะแตกต่างกันไปตามชนิดของเทคโนโลยีที่ใช้การผลิต เบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้ที่มีตัวอักษร C อยู่ตรงกลางเบอร์ เช่น 80C31,80C51 จะเป็นเบอร์ของชิปที่ผลิตโดยอาศัยเทคโนโลยี CMOS ซึ่งใช้พลังงานในการทำงานน้อยกว่าและสามารถควบคุมการใช้พลังงานของตัวชิปได้จากโปรแกรมเพื่อการประหยัดพลังงานในระบบ

หน้าที่การใช้งานแต่ละขาของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 มีดังนี้

- ขา Vss (ขา 20) สำหรับต่อลงกราวน์
- ขา Vcc (ขา 40) สำหรับต่อแหล่งจ่ายแรงดันกระแสตรงขนาด 5 โวลต์ (DC 5 Volt)
- ขาพอร์ต 0 (ขา 32 – 39) มี 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 0 ขนาด 8 บิต (P0.0 – 0.7) แบบ Open Drain Bidirectional พอร์ตนี้สามารถใช้งานเป็นอินพุทเอาท์พุทพอร์ตทั่วไปได้ โดยหากใช้งานเป็นอินพุทพอร์ต ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้ เพื่อบังคับให้ขาอยู่ในสถานะถูกปล่อยลอย (มีสถานะ high impedance) นอกจากใช้งานเป็นอินพุทพอร์ตแล้ว พอร์ต 0 ยังใช้ในการติดต่อหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลภายนอกชิปด้วยโดยส่งค่าแอดเดรสบัสไบต์ต่ำ (A0-A7) และมัลติเพลกซ์กับการรับส่งข้อมูล (D0-D7) จากหน่วยความจำภายนอกระหว่างการเขียน หรืออ่านข้อมูลโดยมีวงจรพูลอัพภายใน
- ขาพอร์ต 1 (ขา 1-8) มี 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 1 (P1.0-P1.7) สามารถใช้งานเป็นอินพุทหรือเอาท์พุทพอร์ตทั่วไปได้ หากต้องการใช้งานเป็นอินพุทพอร์ต ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้เพื่อให้มีสถานะ high impedance โดยมีวงจรพูลอัพภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดงตำแหน่งขาของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

- ขาพอร์ต 2 (ขา 21-28) มี 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 2 (P2.0-P2.7) ขนาด 8 บิต แบบ Open Drain Bidirectional พอร์ตนี้สามารถใช้งานเป็นอินพุทเอาท์พุทพอร์ตทั่วไปได้ โดยหากใช้งานเป็นอินพุทพอร์ต ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้ เพื่อบังคับให้ขาอยู่ในสถานะ high impedance นอกจากจะใช้งานเป็นอินพุทเอาท์พุทพอร์ตทั่วไปแล้ว พอร์ต 2 ยังใช้งานในการติดต่อหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลภายนอกชิปด้วย โดยใช้สำหรับส่งค่าแอดเดรสบัสไบต์สูง (A8-A15) และมีวงจรพูลอัพภายใน

- ขาพอร์ต 3 (ขา 10-17) มี 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 3 (P3.0 – 3.7) สามารถใช้งานเป็นอินพุทเอาท์พุทพอร์ตทั่วไปได้ หากต้องการใช้งานเป็นอินพุทพอร์ต ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้ เพื่อให้มีสถานะ high impedance โดยใช้วงจรพูลอัพภายใน นอกจากนี้ยังใช้งานในหน้าที่พิเศษต่าง ๆ อีกหลายอย่างดังนี้

ขา P3.0 ใช้รับข้อมูลภายนอกแบบอนุกรม

ขา P3.1 ใช้ส่งข้อมูลไปภายนอกแบบอนุกรม

ขา P3.2 ใช้เป็นอินพุทเพื่อรับสัญญาณอินเตอร์รัพชนิดที่ 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา P3.3 ใช้เป็นอินพุทเพื่อรับสัญญาณอินเตอร์รัพชนิดที่ 1

ขา P3.4 สัญญาณอินพุทให้เคาน์เตอร์ของไทม์เมอร์ 0

ขา P3.5 สัญญาณอินพุทให้เคาน์เตอร์ของไทม์เมอร์ 1

ขา P3.6 ใช้เป็นสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูล ไปยังหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิป

ขา P3.7 ใช้เป็นสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิป

การใช้งานพอร์ต 3 ในหน้าที่พิเศษดังกล่าวนี้จะต้องโหลดค่า 1 แต่ละบิตที่ต้องการใช้ก่อนทุกครั้ง

- ขา RST (ขา 9) ใช้สำหรับการรีเซตวงจรทุกอย่างภายในชิป เพื่อเริ่มต้นการทำงานใหม่ การรีเซตใช้เมื่อเริ่มจ่ายพลังงานหรือเมื่อโปรแกรมเกิดทำงานผิดพลาด เมื่อต้องการรีเซตชิป MCS – 51 ขานี้ต้องมีสถานะ 1 เป็นเวลาอย่างน้อย 2 แมชชีนไซเคิลระหว่างที่ออสซิลเลเตอร์ยังทำงานอยู่ โดยต้องต่อตัวต้านทานค่า 8.2 กิโลโอห์มเพื่อทำหน้าที่พูลดาวน์ (รักษาค่าแรงดันไฟฟ้าให้มีสถานะเป็นกราวน์) และเพื่อให้ตัวชิปรีเซตเองเมื่อเริ่มจ่ายพลังงานให้ต่อตัวเก็บประจุขนาด 10 ไมโครฟารัดคร่อมระหว่างขา RST กับ Vcc

- ขา ALE/PROG (ขา 30) เป็นขาใช้สำหรับส่งสัญญาณออกไปภายนอก เพื่อควบคุมการแลตช์ค่าแอดเดรสไบต์ต่ำ (address latch enable) จากพอร์ต 0 ในระหว่างการติดต่อหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม หรือข้อมูลภายนอก ปกติเมื่อไม่มีการติดต่อหน่วยความจำภายนอก ขานี้จะส่งสัญญาณพัลซ์ออกมาด้วยความถี่ 1/8 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ ที่ใช้ตลอดเวลา ดังนั้นเราสามารถใช้ความถี่ที่จากขานี้ไปใช้งานอย่างอื่นได้ แต่ความถี่ที่ขานี้จะลดลงครึ่งหนึ่งในระหว่างติดต่อกับหน่อยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิป นอกจากนี้ขา ALE ยังใช้สำหรับควบคุมการเขียนโปรแกรมลงไปใน EPROM สำหรับ MCS-51 เบอร์ที่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปเป็น EPROM

- ขา PSEN (ขา 29) ใช้ส่งสัญญาณสโตรปเพื่ออ่านสัญญาณจากโปรแกรมที่เก็บไว้ในหน่วยความจำภายนอกชิป (program strobe enable) เมื่อชิปทำงานด้วยโปรแกรมภายนอก ขานี้จะส่งสัญญาณสโตรป 2 ครั้งในแต่ละแมชชีนไซเคิล แต่ในช่วงการเขียนหรืออ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอกหรือเมื่อใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปจะไม่มีสัญญาณออกมาจากขานี้

- ขา EA/Vpp (ขา 31) เป็นขาสำหรับใช้เลือกให้ MCS-51 ทำงานจากโปรแกรมที่อยู่ภายในหรือภายนอกชิป โดยหากขานี้มีสถานะเป็น 0 หมายถึงให้ใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำที่เก็บโปรแกรมภายนอก หากขานี้มีสถานะเป็น 1 หมายถึงบังคับให้ MCS-51 ใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป และสำหรับ MCS-51 ที่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป สามารถเลือกให้ทำงานได้ทั้งจากโปรแกรมที่เก็บในหน่วยความจำภายในชิป หรือจากโปรแกรมที่เก็บไว้ในหน่วยความจำภายนอกชิปด้วยการต่อขา EN กับไฟเลี้ยงหรือกราวน์ตามลำดับ ส่วนใน MCS-51 ที่ไม่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป ให้ต่อขานี้ลงกราวน์เสมอ

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขา XTAL1 (ขา 19) ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นอินพุทเข้าสู่วงจรออสซิลเลเตอร์
- ขา XTAL2 (ขา 18) ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นเอาท์พุทออกจากวงจรออสซิลเลเตอร์

โครงสร้างพอร์ต MCS- 51

MCS-51 ทุกเบอร์จะมีพอร์ตขนาด 8 บิตจำนวน 4 พอร์ต (P0,P1,P2,P3) โดยสามารถกำหนดให้ทำงานแบบพอร์ตขนาน 8 บิต 4 พอร์ต หรือจะใช้เป็นพอร์ตขนาด 1 บิตได้ถึง 32 พอร์ต ทั้งนี้ผู้ใช้ยังสามารถกำหนดให้แต่ละพอร์ตใช้งานเป็นอินพุทหรือเอาท์พุทพอร์ตอย่างใดอย่างหนึ่งได้อย่างอิสระ

ในกรณีที่ผู้ออกแบบต้องการใช้หน่วยความจำภายนอกไม่ว่าจะเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลหรือสำหรับเก็บโปรแกรม พอร์ต 0 จะถูกกำหนดการใช้งานเป็นดาต้าบัสและแอดเดรสบัสไบต์ต่ำ ส่วนพอร์ต 2 จะถูกกำหนดการใช้งานเป็นตัวส่งแอดเดรสบัสไบต์สูง และบางส่วนของพอร์ต 3 จะถูกใช้ส่งสัญญาณควบคุมหรือคอนโทรลบัส (สัญญาณที่ใช้ควบคุมการอ่านหรือเขียนข้อมูล) แต่หากหน่วยความจำที่ใช้ภายนอกต้องการใช้ไม่ถึง 64 กิโลไบต์ พอร์ต 2 ที่ใช้เป็นแอดเดรสบัสไบต์สูงจะไม่ถูกนำมาใช้ทั้งหมด แต่พอร์ต 0 จะถูกใช้หมดทั้ง 8 เส้น เพราะต้องใช้เป็นดาต้าบัส ส่วนพอร์ต 3 จะนำมาใช้ติดต่อกับหน่วยความจำด้วยหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับหน่วยความจำที่ใช้ภายนอกว่ามีหน่วยความจำส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลด้วยหรือไม่ ดังนั้นในการออกแบบระบบ หากต้องการใช้หน่วยความจำภายนอกมากขึ้นเพียงใดก็ยิ่งทำให้เหลือจำนวนพอร์ตที่จะนำมาใช้งานลดลง ในการออกแบบจริงจึงต้องพยายามลดขนาดหน่วยความจำภายนอกให้เหลือน้อยที่สุด

พอร์ต 3 ซึ่งมีขนาด 8 บิต นอกจากจะใช้ส่งสัญญาณสำหรับการอ่านหรือเขียนข้อมูลในการติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิปแล้ว มันยังถูกใช้เป็นตัวรับสัญญาณอินเตอร์รัพ (INTO,INT1) สัญญาณอินพุทที่ต้องการนับสำหรับเคาน์เตอร์ (TO,T1) รวมทั้งใช้งานในการติดต่อสื่อสารข้อมูลอนุกรมกับอุปกรณ์ภายนอก (รับและส่งข้อมูลผ่านขา RXD,TXD) อีกด้วย

ภายในแต่ละพอร์ตที่ใช้เป็นอินพุทหรือเอาท์พุท ผู้ใช้สามารถกำหนดให้ทำงานเป็นอินพุทหรือเอาท์พุทพอร์ตได้อย่างอิสระ โดยอาศัยการควบคุมจากโปรแกรม ซึ่งสามารถควบคุมให้แต่ละพอร์ตถูกใช้เป็นอินพุทในช่วงเวลาหนึ่ง และเป็นเอาท์พุทในอีกช่วงเวลาหนึ่งได้

ไทม์เมอร์ / เคาน์เตอร์

ใน MCS-51 มีรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะที่สามารถนับจำนวนสัญญาณนาฬิการหรือแมชชีนไซเคิลของ วงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน (ทำงานเป็นไทม์เมอร์) หรือนับจำนวนครั้งของการเปลี่ยนสถานะของสัญญาณภายนอก (นับจำนวนพัลซ์ภายนอก) ที่ขา TO,T1 ของพอร์ต 3 (ทำงานเป็นเคาน์เตอร์) รีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์มีขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัว คือรีจิสเตอร์ไทม์เมอร์ 0 และรีจิสเตอร์ไทม์เมอร์ 1 ตามลำดับ เมื่อต้องการใช้ไทม์เมอร์ 0 หรือ ไทม์เมอร์ 1 จะต้องโหลดค่าที่ต้องการนับไปไว้ในรีจิสเตอร์ไทม์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมอร์ 0 หรือรีจิสเตอร์ไทม์เมอร์ 1 และเมื่อนับได้ครบจำนวนที่ตั้งไว้จะมีสัญญาณอินเตอร์รัพเพื่อบอกให้ซีพียูทราบ

การควบคุมการทำงานของไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ สามารถควบคุมได้จากวงจรภายนอก หรือควบคุมจากคำสั่งในโปรแกรม ดังนั้นรีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นไทม์เมอร์ใน MCS-51จะสามารถวัดช่วงห่างของเวลา วัดความกว้างของพัลซ์ หรือนับจำนวนครั้งของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นภายนอกที่เปลี่ยนให้อยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้าแล้ว รวมทั้งใช้กำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัพที่คาบเวลาที่แน่นอนได้

โครงสร้างการอินเตอร์รัพ

MCS-51 สามารถรับสัญญาณอินเตอร์รัพได้ถึง 5 ชนิด โดยจะเป็นสัญญาณอินเตอร์รัพที่เกิดจากภายนอก 2 ชนิด และที่เกิดจากภายในชิปอีก 3 ชนิด เมื่อมีสัญญาณอินเตอร์รัพเกิดขึ้น MCS-51 จะละการทำงานโปรแกรมที่กำลังทำอยู่และข้ามไปทำงานโปรแกรมบริการอินเตอร์รัพ (interrupt service routine) ที่อยู่ในหน่วยความจำตำแหน่งต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับชนิดของสัญญาณอินเตอร์รัพได้

เราสามารถเลือกให้ซีพียูใน MCS-51 ถูกอินเตอร์รัพโดยสัญญาณอินเตอร์รัพที่เกิดขึ้นได้โดยการกำหนดค่าในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ IE นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัพของ MCS-51 ได้ด้วยรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ IP

รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ IE (Interrupt Enable Register) เข้าถึงข้อมูลได้ในระดับบิต

รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ IP (Interrupt Priority Register) เข้าถึงข้อมูลได้ในระดับบิต

วิธีการเข้าถึงข้อมูล

คำสั่งที่ใช้ควบคุมการทำงานของ MCS-51 มีสองประเภทคือ คำสั่งที่ต้องการข้อมูลมาดำเนินการเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ และ คำสั่งที่ไม่ต้องการข้อมูลมาดำเนินการคำสั่งที่ต้องการข้อมูลจะมีวิธีในการเข้าถึงข้อมูลได้หลายวิธีดังนี้

- วิธีการเข้าถึงข้อมูลโดยตรง (direct addressing)
- วิธีการเข้าถึงข้อมูลโดยทางอ้อม (indirect addressing)
- วิธีการเข้าถึงข้อมูลในรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป (register instructions)
- วิธีการเข้าถึงข้อมูลในรีจิสเตอร์เฉพาะของตัวคำสั่ง (register – specific instructions)
- วิธีการเข้าถึงข้อมูลที่กำหนดเองโดยตรง (immediate constants)
- วิธีการเข้าถึงข้อมูลที่มีตัวชี้อ้างอิง (indexed addressing)

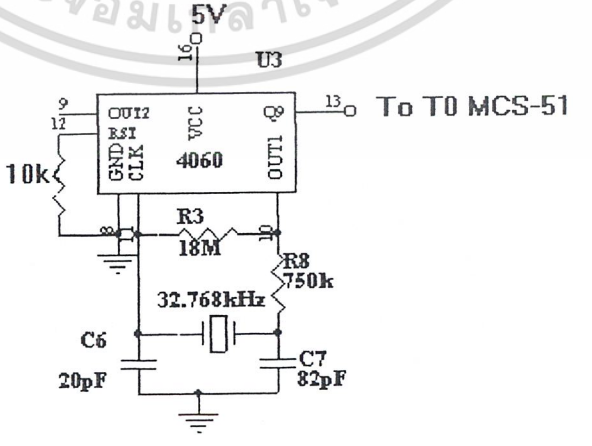
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างฐานเวลาให้แก่ MCS-51

ในระบบที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุม ส่วนใหญ่ต้องใช้เวลาเป็นตัวกำหนดการทำงาน เช่น การกำหนดการทำงานให้เครื่องจักรทำการปิดหรือเปิดในเวลาที่กำหนด การบันทึกเวลาในการทำงานเครื่องจักร ดังนั้นหากในระบบควบคุมที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์มีวงจรกำเนิดฐานเวลารวมอยู่ด้วยจะทำให้การออกแบบระบบและการเขียนโปรแกรมสะดวกมากขึ้น

การสร้างฐานเวลาให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์มี 2 วิธี วิธีแรกจะใช้ชิปที่ทำหน้าที่สร้างฐานเวลาเพื่อส่งค่าเวลาปัจจุบันในขณะเวลาใด ๆ ให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนวิธีที่สองจะใช้วงจรกำเนิดความถี่ที่มีค่าคงที่ป้อนให้แก่เคาน์เตอร์ของไทม์เมอร์ 0 หรือ ไทม์เมอร์ 1 เพื่อให้ไทม์เมอร์ทั้งสองอินเทอร์รัปต์ซีพียูในช่วงเวลาตามที่กำหนดจากเวลาภายนอกได้

วิธีแรกในการสร้างฐานเวลาแก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่กล่าวข้างต้น มีข้อเสียตรงที่ต้องใช้ชิปซึ่งมีราคาแพง และยังต้องเรียนรู้คำสั่งในการควบคุมการทำงานของชิป RTC ไม่ว่าจะใช้ชิปเบอร์ DS1202 หรือชิปเบอร์อื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวถึงก็ตาม จึงไม่สะดวกในการใช้งาน ในโครงงานนี้จึงได้สร้างฐานเวลาตามวิธีที่ 2 ซึ่งไม่ซับซ้อนเกินไปเราสามารถสร้างฐานเวลาขึ้นเองได้ โดยใช้รีจีสเตอร์ที่ใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ใน MCS-51 เป็นตัวกำหนดฐานเวลา โดยทำงานร่วมกับ ซอฟต์แวร์ที่เขียนขึ้นเอง ดังนั้นวิธีที่สองที่เราจะกล่าวถึงต่อไปนี้จะเป็นวิธีที่ใช้ไทม์เมอร์ 0 หรือไทม์เมอร์ 1 เป็นตัวกำหนดฐานเวลา โดยใช้สัญญาณความถี่มาตรฐานจากภายนอกป้อนให้กับรีจีสเตอร์ที่ใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ซึ่งทำงานในโหมดเคาน์เตอร์เพื่อสร้างสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่มีความถี่ 1 Hz และทำงานร่วมกับโปรแกรมเพื่อกำหนดฐานเวลาให้แก่ MCS-51 ดังวงจรแสดงในรูป วงจรนี้ใช้คริสตอลความถี่ 32.768 KHz ทำงานร่วมกับไอซีเบอร์ 4060 โดยไอซีเบอร์นี้จะทำหน้าที่หารความถี่จากคริสตอลด้วย 2^9 เพราะฉะนั้นความถี่เอาท์พุทจะเป็น 32.768 KHz / 2^9 เท่ากับ 64 Hz นำความถี่นี้ไปใช้เป็นอินพุทให้แก่ไทม์เมอร์ 0 ที่ขา T0



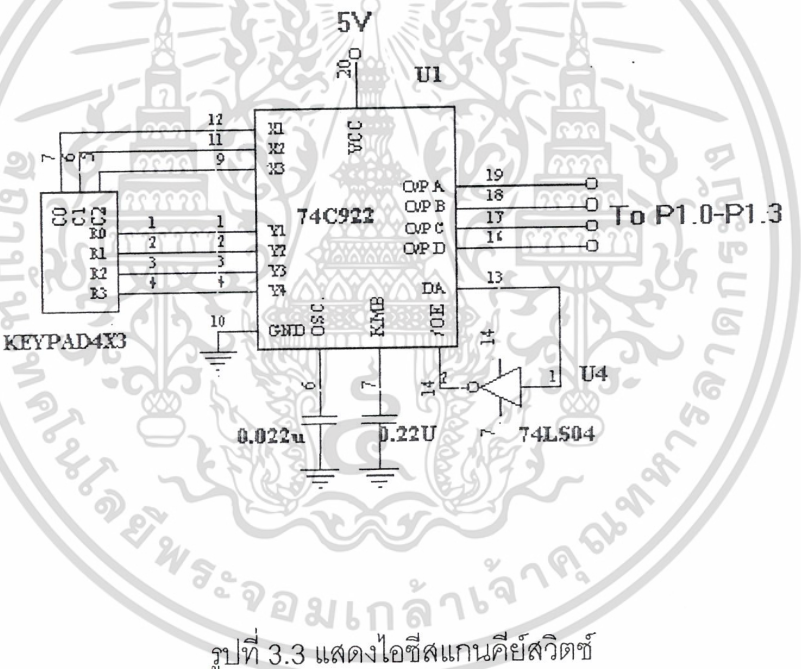
รูปที่ 3.2 วงจรสร้างสัญญาณความถี่มาตรฐานให้กับไทม์เมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณที่ได้จากวงจรจะมีความถี่ 64 Hz นั่นเคือ มีพัลส์ส่งออกมา 64 ลูกทุก ๆ 1 วินาที ดังนั้นในโปรแกรมจะต้องตั้งค่าให้ไทม์เมอร์นับสัญญาณพัลส์จากภายนอกครบ 64 ครั้ง แล้วสร้างสัญญาณอินเตอร์รัปต์พร้อมทั้งโหลดค่าใหม่เมื่อนับสัญญาณพัลส์ได้ครบ 64 ครั้ง ในขณะนี้เราจะได้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีการอินเตอร์รัปต์ทุก ๆ วินาที ซึ่งสามารถใช้เป็นฐานเวลาเพื่อกำหนดการทำงานแก่ซีพียูได้

การใช้ไอซีสแกนคีย์สวิตซ์

ในปัจจุบันได้มีการออกแบบไอซีสแกนคีย์สวิตซ์แบบเมทริกซ์ โดยเอาต์พุตที่ออกจากไอซีจะเป็นเลขไบนารี จากนั้นนำไปต่อกับพอร์ทของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ทำให้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่ต้องเสียเวลาในการทำโปรแกรมสแกนคีย์สวิตซ์ ในที่นี้จะใช้ไอซีเบอร์ 74C922 หรือ 74C923



รูปที่ 3.3 แสดงไอซีสแกนคีย์สวิตซ์

การต่อใช้งานต้องต่อ C ที่ขา osc เพื่อกำหนดความถี่ในการสแกนสวิทซ์ ในที่นี้ใช้ C ค่า 0.022 uF จะได้ความถี่ในการสแกนประมาณ 3 KHz ส่วน C ที่ค่า KMB เป็น C ที่ใช้แก้ปัญหาซึ่งเกิดจากการสั่นของหน้าสัมผัสสวิทซ์ ทำให้เกิดการแกว่งของสัญญาณ ค่า C ที่ใช้จะมากกว่า C osc 10 เท่า

เมื่อมีการกดคีย์เกิดขึ้น ที่ขา DA จะเปลี่ยนสถานะจาก Low เป็น High และที่ขา /OE จะได้รับ Logic “0” ข้อมูลจึงถูกปล่อยออกมา และเมื่อสวิทซ์ถูกปล่อย ที่ขา DA จะกลับมาเป็น Logic “0” ที่ขา DATA OUTPUT จะมีสถานะเป็น 3-state

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ตารางความจริง ของไอซีเบอร์ 74C922

Switch	D	C	B	A
Y1, X1	0	0	0	0
Y1, X2	0	0	0	1
Y1, X3	0	0	1	0
Y1, X4	0	0	1	1
Y2, X1	0	1	0	0
Y2, X2	0	1	0	1
Y2, X3	0	1	1	0
Y2, X4	0	1	1	1
Y3, X1	1	0	0	0
Y3, X2	1	0	0	1
Y3, X3	1	0	1	0
Y3, X4	1	0	1	1
Y4, X1	1	1	0	0
Y4, X2	1	1	0	1
Y4, X3	1	1	1	0
Y4, X4	1	1	1	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

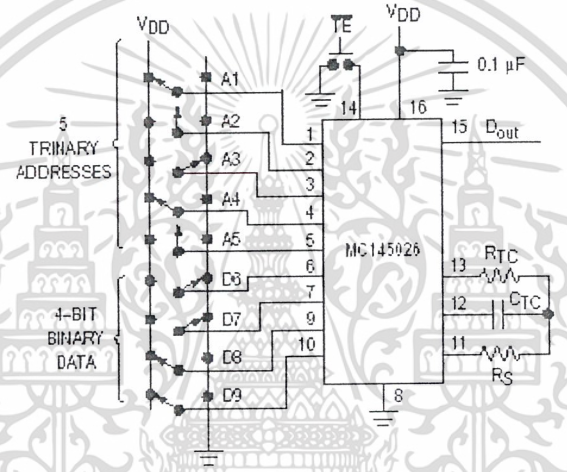
สถานีทรัพยากรกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.2 ส่วนการเข้ารหัสและการถอดรหัส

ในส่วนของภาคการเข้ารหัสและถอดรหัสนี้ เป็นภาคที่ทำการเปลี่ยนสัญญาณที่เป็นดิจิตอลทางด้านอินพุทที่เข้ามาเป็นแบบขนาน ให้ออกไปเป็นสัญญาณอนุกรมในทางด้านเอาท์พุท ซึ่งได้ถูกเข้ารหัสเรียบร้อย โดยในการเข้ารหัสจะใช้ไอซีเบอร์ MC145026 และในการถอดรหัสจะใช้ไอซีเบอร์ MC145027

3.2.1 ส่วนการทำงานของการเข้ารหัส (ENCODER)

Input ของภาคส่งนั้นจะรับ สัญญาณจาก Microcontroller ไปยังภาค ENCODER ซึ่งจะทำหน้าที่เข้ารหัส โดยจะมี IC เบอร์ MC145026 เป็นหัวใจสำคัญของภาคนี้

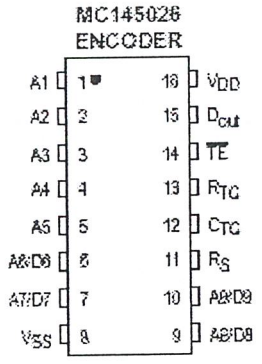


รูปที่ 3.4 วงจรภาค ENCODER

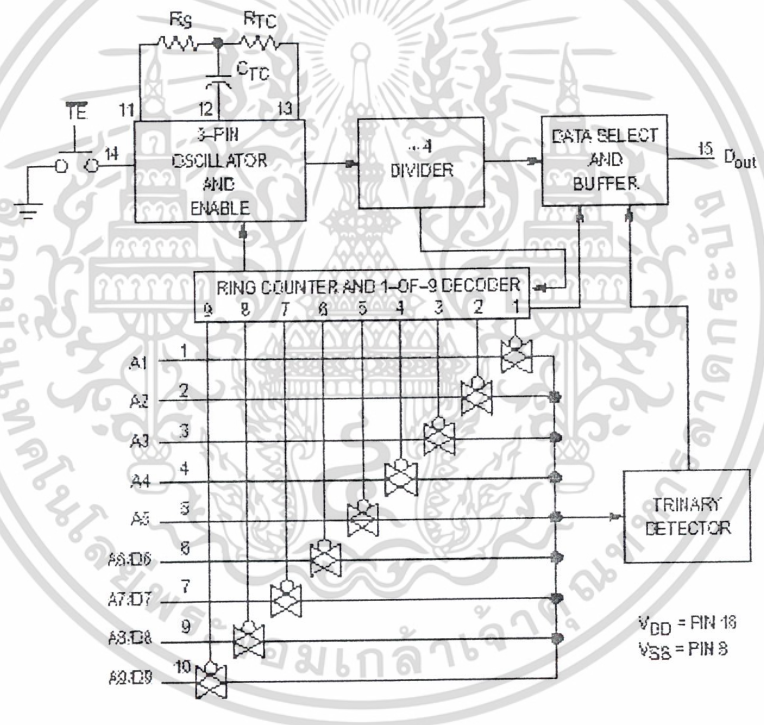
IC เบอร์ MC145026 จะเข้ารหัสแบบ 9 บิท ของข่าวสาร และจะส่งข่าวสารนี้ เป็นแบบอนุกรม (Serial) โดยข่าวสารจะสามารถส่งออกไปได้ทันทีที่ Switch Transmit enable (TE) ถูกกด ซึ่งจะทำงานที่สภาวะ "LOW" เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

46269



รูปที่ 3.5 แสดงขาต่าง ๆ ของ IC เบอร์ MC145026



รูปที่ 3.6 MC145026 ENCODER Block Diagram

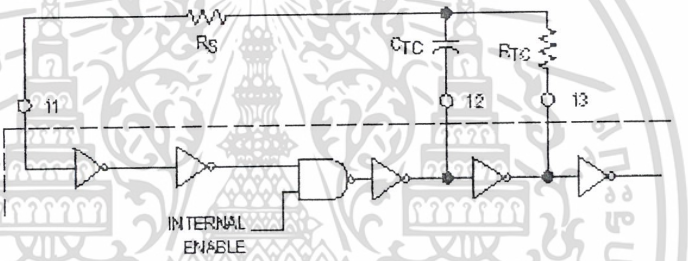
คุณสมบัติ ของ IC เบอร์ MC145026

- Address สามารถเป็นไปได้ทั้ง Binary หรือ Trinary
- Code ของ Adderss ที่สูงที่สุดคือ Trinary
- ใช้ในการ Interface กับ RF Ultrasonic
- จะส่ง 2 data เพื่อสำหรับ error checking
- จะใช้ไฟตั้งแต่ 4.5 ถึง 18 Volts

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ใน chip นั้นจะมี R/C Oscillator
- Input และ Output เป็นแบบอนุกรมมาตรฐาน

ภาค ENCODER นี้สามารถทำการเข้ารหัสได้มาก โดยขึ้นอยู่กับขา Input ทั้ง 9 บิท ดังนั้นเราจะกำหนดสถานะขา Input ของ A1/D1 – A9/D9 ขาเหล่านี้สามารถเป็นไปได้ทั้ง 3 สถานะ คือ Trinary จึงอาจจะเป็น (0,1,open) สถานะใดสถานะหนึ่งก็ได้โดย Codes ที่สามารถทำการเข้ารหัสที่เป็นไปได้ซึ่งมีความแตกต่างกันสูงสุดถึง 3^9 = 19,683 ซึ่งลำดับในการส่งนั้น จะเริ่มต้นที่ "Low level" ของขา Input TE และ VDD ส่วนมากจะใช้เป็น "Positive supply" และ VSS ส่วนมากจะใช้เป็น "Negative supply" (GND) แล้วภาค ENCODER นี้ยังมี R_S, R_{TC}, C_{TC} จะ "LEFTOPEN" ซึ่งจะเห็นได้ว่า Oscillator นี้ทำงานที่ความถี่กำหนดโดย RC Network ภายนอก



รูปที่ 3.7 ENCODER Oscillator Information

RC Network ภายนอก โดยสามารถคำนวณได้จากสูตร

$f = 1 / (2.3 * R_{TC} * C_{TC})$ (Hz)

For 1 KHz $\leq$ f $\leq$ 400 KHz

AT $C_{TC} = C_{TC} + C_{LAYOUT} + 12$ pF

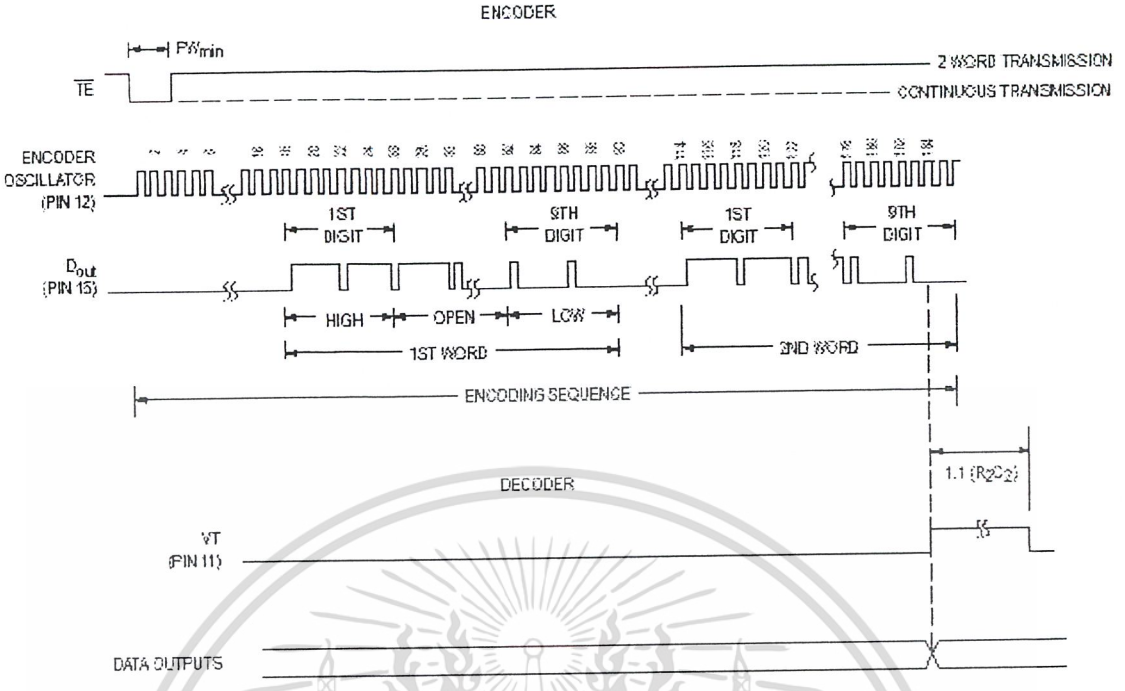
$R_S = 2RTC$

$R_S \geq 20$ Kohm

$R_{TC} \geq 10$ Kohm

400 pF < C_{TC} < 15 uF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



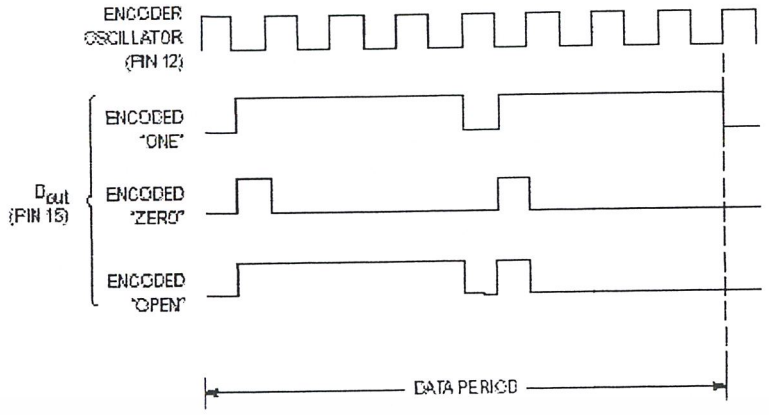
รูปที่ 3.8 Timing diagram

ดังนั้น DATA Out ที่ขา 15 ของ IC เบอร์ MC145026 ที่ส่งออกไปจะส่งไปในลักษณะอนุกรมต่อกันไปขนาด 9 บิท ซึ่งในแต่ละบิทของ DATA ที่ส่งออกไปจะมีสภาวะเป็น 0, 1, Open สภาวะใดก็ได้ ซึ่งจะมีสัญญาณเป็นลักษณะ PULSE ที่เข้ารหัสเป็นแบบอนุกรมแล้วดังรูปที่ 3.8 และส่งไปยังภาค Modulator

ข้อมูลต่าง ๆ จะเริ่มมีการส่งอนุกรมต่อเนื่องกันไป ก็ต่อเมื่อทันทีที่ Switch TE ถูกกด (ที่ขา TE ได้รับ ACTIVE LOW) ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะถูกส่งออกไปมีลักษณะเป็น Words โดยจะถูกส่งออกไปเป็นจำนวน 2 DATA Words ด้วยกัน ซึ่งหากทางรับ ๆ DATA Words ทั้งสองนี้ได้เหมือนกันแสดงว่าการส่งและการรับ ข้อมูลเป็นไปอย่างถูกต้องสมบูรณ์ที่สุด จะทำให้ทางภาครับทำการ ผลิตสัญญาณ VT (VALID TRANSMISSION) ออกมา

ในการส่งแต่ละครั้ง DATA BIT จะถูกเข้ารหัสแบบ 3 DATA PULSE โดยที่ลอจิก "0" จะมีลักษณะเป็น PULSE สั้น ๆ 2 PULSE ต่อเนื่องกันไป และลอจิก "1" จะมีลักษณะเป็น PULSE ยาว ๆ 2 PULSE ต่อเนื่องกันส่วนสำหรับสภาวะ "OPEN" จะมีลักษณะการเข้ารหัสเป็นแบบ PULSE ยาว ๆ 1 ครั้งแล้วตามด้วย PULSE สั้น ๆ อีก 1 PULSE ดังแสดงการเข้ารหัสของสภาวะต่าง ๆ ดังกล่าว (0,1,OPEN) ดังรูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

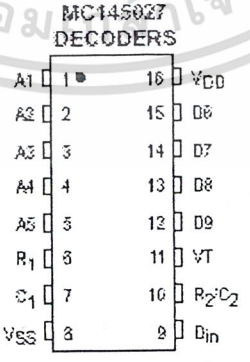


รูปที่ 3.9 แสดงลักษณะการเข้ารหัสของ DATA BIT

ดังนั้น DATA Out ที่ขา 15 ของ MC145026 ขนาด 9 บิท ซึ่งในแต่ละบิทของ DATA ที่ส่งออกไปจะมีสภาวะเป็น 0, 1 , OPEN สภาวะใดก็ได้ซึ่งจะมีสัญญาณเป็นลักษณะ PULSE ที่ส่งไปยังภาค MODULATOR

3.2.2 ส่วนการทำงานของการถอดรหัส (DECODER)

ภาค DECODER นี้จะทำหน้าที่รับสัญญาณที่ส่งเข้ามาแล้ว ทำการถอดรหัสดูว่าตรงกับค่า Address ที่ตั้งไว้หรือเปล่า ถ้าตรงก็จะให้ Out put ออกมาเพื่อนำไป Control load อีกที ในภาคนี้มี IC MC145027 เป็นหัวใจสำคัญในการ Decoder ซึ่งในรูปที่ 3.10 แสดงสัญลักษณ์ขาของ IC MC145027

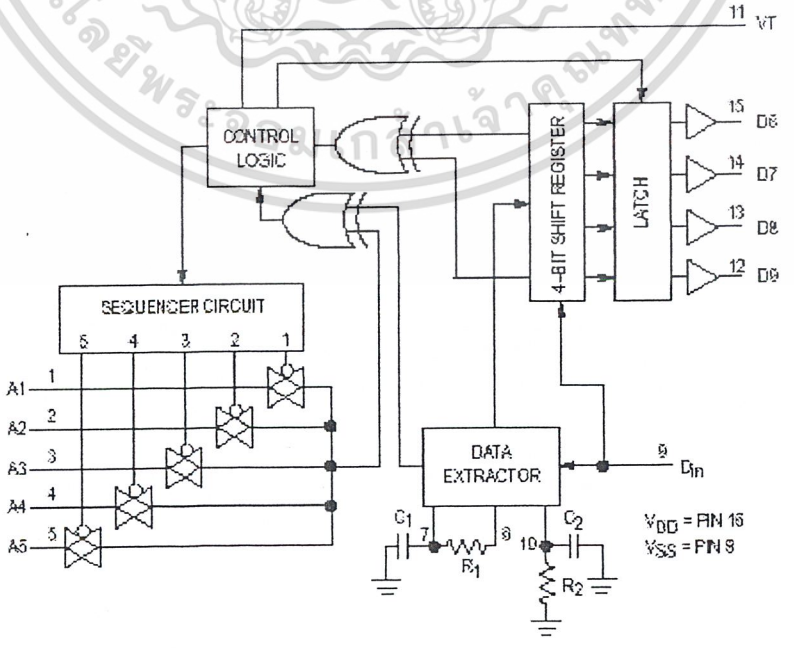


รูปที่ 3.10 แสดงขาของ MC145027

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขา A1 – A5 ขาเหล่านี้เป็น Address input ที่เรา Set ไว้ให้ตรงกับค่า Address ของตัวส่งเพื่อที่จะได้ Output ออกมา
- ขา D6 – D9 ขาเหล่านี้เป็น DATA ที่เราส่งไปควบคุมอุปกรณ์ ซึ่งจะได้สัญญาณ Output ออกมาก็ต่อเมื่อมี Address ของทางเครื่องรับและเครื่องส่งตรงกัน และทางด้านเครื่องส่งได้ทำการส่ง DATA (ON-OFF) พร้อมกัน
- ขา R_1, C_1 ขาทั้งสองนี้ต่อกับค่าความต้านทาน และค่าความเหนี่ยวนำ เพื่อให้เป็นตัวกำหนดความแคบหรือความกว้างของ Pulse ที่เป็นรหัส ค่า Time constant R_1*C_1 จะถูกตั้งไว้ 1.72 ของ Transmit clock periode ดังนั้น R_1*C_1 = 3.95 R_{TC}*C_{TC}
- ขา R_2, C_2 ขานี้จะมีค่าความต้านทาน และค่าความเหนี่ยวนำ ต่อขนานกันอยู่ และต่อเข้ากับ V_{SS} เพื่อเป็นการแยกการส่งครั้งสุดท้ายกับครั้งใหม่ ซึ่งค่า Time constant จะเท่ากับ R_2*C_2 จะเป็น 33.5 เท่าของคาบเวลาการส่ง (4 Data bit periods) โดย R_2*C_2 = 77* R_{TC}*C_{TC}
- ขา Valid Transmission (VT) เป็นขา Output จะเป็นระดับสูง (High) เมื่อ
  1. การส่ง Address ตรงกับ Address ของตัวรับ
  2. การส่ง Data Ward แรกและสอง ต้องตรงกัน

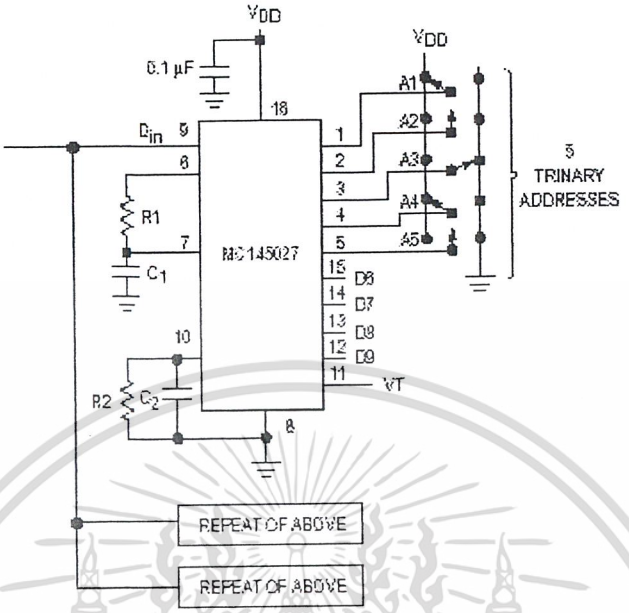
  ขา VT จะเป็น "High" จนกระทั้งการรับไม่ตรงตามเงื่อนไข หรือไม่มีสัญญาณเข้ามา เป็นเวลา 4 Data bit
- ขา V_{DD} เป็นขาแหล่งจ่ายไฟบวก
- ขา V_{SS} เป็นขาแหล่งจ่ายไฟลบ (ส่วนใหญ่ใช้เป็น กราวด์)



รูปที่ 3.11 DECODER BLOCK DIAGRAM MC145027

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราสามารถออกแบบวงจร DECODER ได้ดังแสดงในรูปที่ 3.9 โดยคำนวณหาค่า R_1, C_1, R_2, C_2



รูปที่ 3.12 วงจร DECODER

จากสูตร $f_{OSC} = 1 / (2.3 * R_{TC} * C_{TC})$

$R_1 * C_1 = 3.95 * R_{TC} * C_{TC}$

$R_2 * C_2 = 77 * R_{TC} * C_{TC}$

ซึ่งค่า $R_{TC} \geq 10$ K

100 pF $\leq C_{TC} \leq 15$ uF

$R_1 \geq 10$ K

$C_1 \geq 400$ pF

$R_2 \geq 100$ K

$C_2 \geq 700$ pF

เราใช้ความถี่ fOSC = 616 Hz และใช้ CTC = 0.047 uF

ดังนั้น R_{TC} = 1/ (616*2.3*0.047*10-6) = 15 K

จาก $R_1 * C_1 = 3.95 * R_{TC} * C_{TC}$ ให้ C_1 = 0.12 uF

ดังนั้น R_1 = (3.59*15*103*0.047*10-6)/(0.12*10-6) = 23.2 K ใช้ 24 K

จาก $R_2C_2 = 77 * R_{TC} * C_{TC}$ ให้ C_2 = 0.12 uF

ดังนั้น $R_2 = (77 * 15 * 10^3 * 0.047 * 10^{-6}) / (0.12 * 10^{-6})$

= 452.04 K ใช้ 470 K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ส่วนมอดดูเลเตอร์ (Modulator) และดีมอดดูเลเตอร์ (Demodulator)

ในการส่งสัญญาณจะนำสัญญาณที่ได้จากวงจรเข้ารหัสซึ่งเป็น ขบวนบิทอนุกรมมา มอดูเลตแบบ FSK และส่งไปบนสายไฟฟ้ากำลัง (AC Line) ในบ้าน ในการรับ จะทำการดีมอดโดย PLL รวมทั้งมีฟิลเตอร์กำจัดสัญญาณรบกวนออกไป สำหรับการรับส่งสัญญาณจะเป็นแบบทางเดียว

3.3.1 FSK Modulator

ใช้ IC XR2206 ทำหน้าที่ Modulator โดย IC XR2206 เป็นอุปกรณ์ อิเล็คทรอนิกส์ที่ใช้ในการสร้างความถี่ ซึ่งผลิตโดย บริษัท Exar Integrated Systems โดยที่อุปกรณ์ตัวนี้สามารถที่จะผลิตความถี่ Sine, Square, Triangle และ Pulse wave forms มีเสถียรภาพสูงให้ความแน่นอนเชื่อถือได้ สำหรับ Out put wave form สามารถที่จะปรับระดับแรงดัน (Amplitude) และความถี่ผสมผสาน (Modulate) โดยอาศัยแรงดันมาจากภายนอก ความถี่ที่อุปกรณ์ตัวนี้สามารถผลิตได้อยู่ในช่วง 0.01 Hz ถึง 1 MHz ความถี่ของการ Sweep เกินกว่า 2000 : 1 ของความถี่ แล้วยังมีผลน้อยมากต่อสัญญาณรบกวน

การประยุกต์ใช้งานได้อีกหลายอย่างเช่น

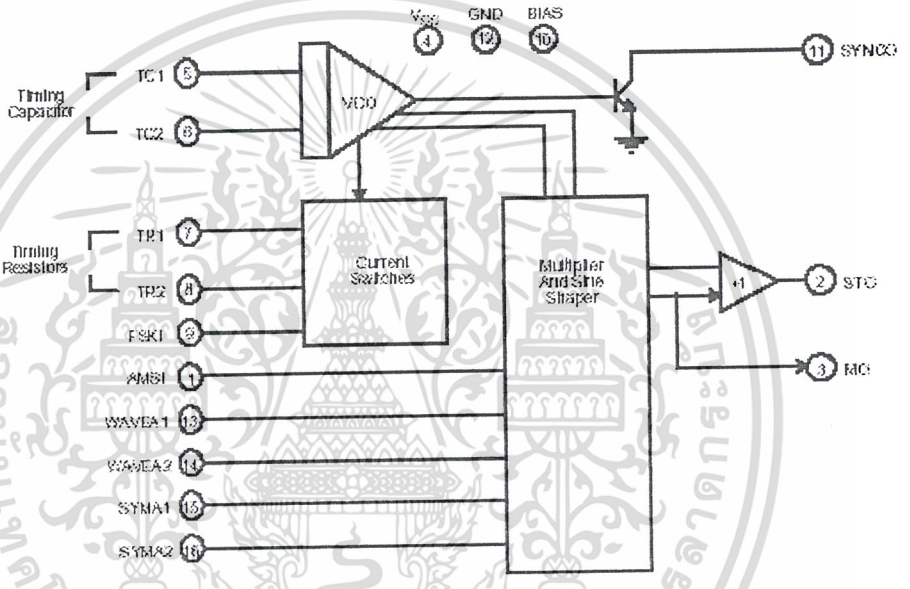
- Wave form Generation
- Sweep Generation
- AM/FM Generation
- V/F Conversion
- FSK Generation
- Phase Locked Loops (VCO)

ตารางที่ 3.2 คุณลักษณะสูงสุดของ IC XR2206

คุณสมบัติของ XR2206		
Low sine wave Distortion	0.5 %	typical
Excellent Temperature stability	20 ppm / c.	typical
Wide Sweep Range	2000 : 1	typical
Low Supply Sentivity	0.01 % V	typical
Linear Amplitude Modulation		
TTL Compatible FSK Control		
Wide Supply Range	10 V to 26 V	
Adjusttable Duty Cycle	1% to 99 %	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS	
Power Supply	26 V
Power Dissipation	750 mw
Derate Above 25 Deg.c	5 mw / Deg.c
Total Timing Current	6 mw
Storage Temperature	- 65 Deg .c to +150 Deg.c



รูปที่ 3.13 แสดงวงจรภายในของ XR2206

ประกอบด้วย 4 Block ใหญ่ ๆ คือ Voltage Controlled Oscillator (VCO) , Analog multiplier และ Sine – shaper, A unity gain buffer Amplifier, และ Set of current swiches VCO นั้นจะผลิตความถี่ออกทาง Out put ที่มีสัดส่วนเป็นไปตามกระแส Input ที่ซึ่งความถี่ที่ผลิตนั้นจะถูกกำหนดโดยค่า R และ C โดยต่อเทียบกับ Ground

ความถี่สามารถจะถูกเลือกได้ด้วย R1, R2 และ C ระหว่างขา 5,6,7 และ 8 สัญญาณ FSK Input จะถูกป้อนเข้าที่ขา 9 ในที่นี้เรากำหนดความถี่ในกรณีที่มีระดับสัญญาณ “1” เข้ามาที่ขา 9 ได้จาก

$$f_1 = 1 / (R_1C)$$

และระดับสัญญาณ “0” มีความถี่

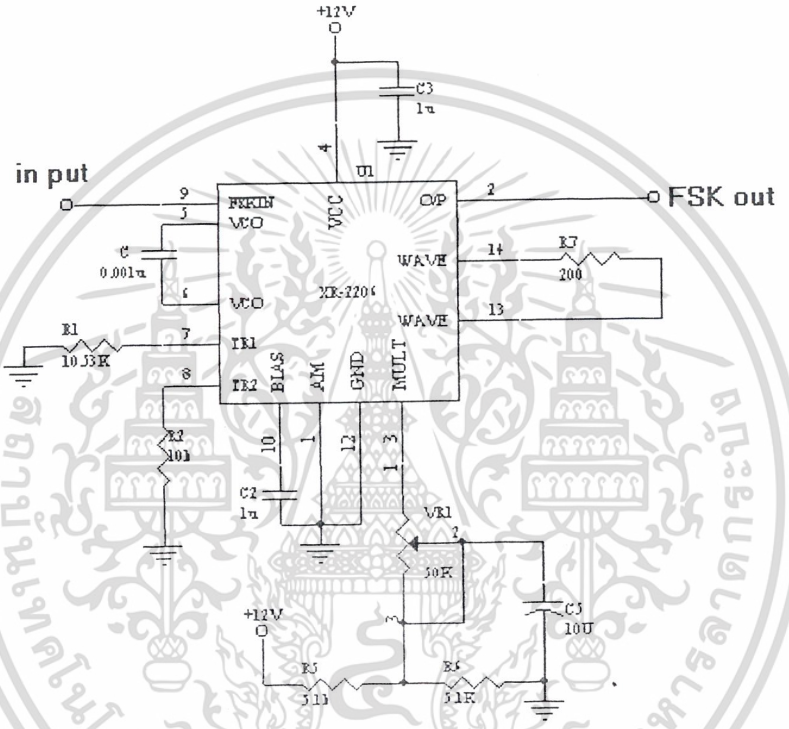
$$f_2 = 1 / (R_2C)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ R_1 และ R_2 มีค่าเป็น ohm สำหรับ C มีค่าเป็น Farads R_1 และ R_2 มีค่าอยู่ระหว่าง 10 Kohm ถึง 100 Kohm และ C เป็นพวกโพลีคาร์บอเนต (Polycarbonate) โพลีสไตล์ลีน (polystyrene), หรือ ไมล่าร์ (Mylar) สำหรับอุณหภูมิที่คงที่ เราได้เลือกใช้ C = 0.001 uF

ในกรณีที่ใช้ความถี่ (f_1) 95 KHz ใช้ R_1 = 10.53 Kohm

ในกรณีที่ใช้ความถี่ (f_2) 100 KHz ใช้ R_2 = 10.00 Kohm



รูปที่ 3.14 วงจร FSK Modulator โดยใช้ IC เบอร์ XR-2206

สำหรับในกรณีที่ใช้ R_1 และ R_2 ควรใช้ค่าผิดพลาด 1 % หรืออาจใช้ความต้านทานปรับค่าต่อรวมเข้าไปด้วยกับค่าที่มีความผิดพลาด 5% จึงจะทำให้เกิดมีค่าใกล้เคียง สำหรับ R ที่ต่อระหว่างขา 13 และ 14 เป็นการปรับให้ได้รูปคลื่นให้ได้รูปร่างที่สวยงาม เราอาจจะใช้ R = 200 โอห์มใส่แทนที่ไว้โดยตลอด สำหรับ Output ที่ออกมาจากขา 2,3 และ 11 แต่เราใช้เอาท์พุทที่ขา 2

เนื่องจากเราใช้รูปคลื่นไซน์ (Sine wave) ในการมอดดูเลท (Modulate) ส่วนขา 3 จะเป็น Mult.out เราจะต่อ R_3 เข้าไปเพื่อไว้กำหนดแอมปลิจูล ทางเอาท์พุทที่ขา 2 อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้นั้นจะต้องมีเสถียรภาพต่อความถี่ดีพอ

สัญญาณที่ถูกมอดดูเลทแล้วจะถูกส่งเข้าขาเบสของทรานซิสเตอร์ BD139 ซึ่งจะทำให้ระดับแรงดันที่ขาคอลเลคเตอร์เปลี่ยนไปตามความถี่ที่ได้รับจากขาเบสขาคอลเลคเตอร์นี้ถูกต่อเข้ากับวงTuneAmplif

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

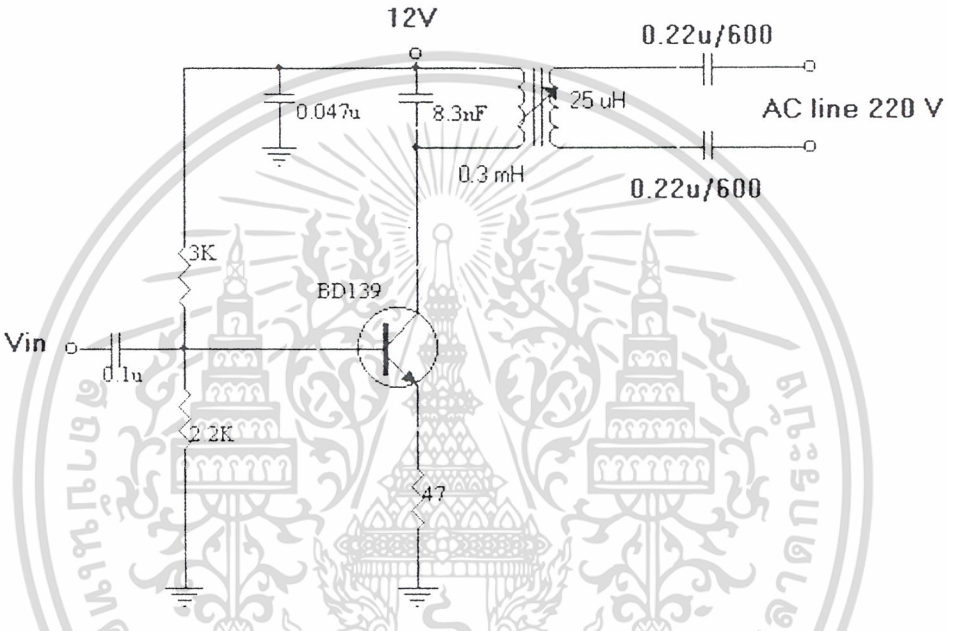
โดยใช้ IF Coil ที่ด้านปฐมภูมิต่อขนานกับตัวเก็บประจุซึ่งคำนวณได้จากการนำ IF Coil ไปวัดค่าความเหนี่ยวนำดังนี้

L_{MIN} = 0.207 mH

L_{MAX} = 0.395 mH

เนื่องจาก $Wo = 1/\sqrt{(LC)}$

คำนวณหาค่า C ได้ C = 8.3 nF



รูปที่ 3.15 แสดงวงจรขยายสัญญาณมอดดูเลทและคัปเปลอร์

ส่วนด้านทุติยภูมิของ IF Coil จะเป็นส่วนที่ติดต่อกับด้านไฟฟ้ากระแสสลับ โดยก่อนเข้าสู่สายไฟบ้านจะต้องผ่านตัวเก็บประจุเพื่อแยกระหว่างความถี่สูงและความถี่ต่ำออกจากกัน และป้องกันแรงดันสูงจากสายไฟบ้าน ค่าตัวเก็บประจุที่ใช้ คำนวณได้จากค่าความเหนี่ยวนำในด้านทุติยภูมิโดย

$Wo = 1/\sqrt{(LC/2)}$

จากการวัด L = 25 uH

คำนวณได้ค่า C = 0.21 uF

ในวงจรเลือกใช้ค่า C = 0.22 uF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 FSK DEMODULATOR

ใช้ IC XR2211 ในการทำหน้าที่ demodulator โดยที่ ไอซีตัวนี้ เป็น ไอซี Phase Locked Loop (PLL) ได้ถูกออกแบบมาเพื่อการรับข้อมูลโดยเฉพาะและเหมาะอย่างยิ่งสำหรับ FSK Application มันทำงานในช่วงของแรงดันที่กว้างมากคือ ตั้งแต่ 4.5 ถึง 20 V และช่วงของความถี่ที่สามารถทำได้ คือ ช่วง 0.01 Hz ถึง 300 KHz และยังสามารถที่จะใช้กับสัญญาณอินพุทที่เป็นอนาลอก (Analog) ระหว่าง 2 mV และ 3 mV นอกจากนี้แล้วยังใช้ร่วมกับอุปกรณ์มาตรฐานได้อีก เช่นพวก DTL, TTL และตระกูล ECL

XR2211 สามารถที่จะประยุกต์ไปใช้ได้เป็นอย่างอื่นเช่น

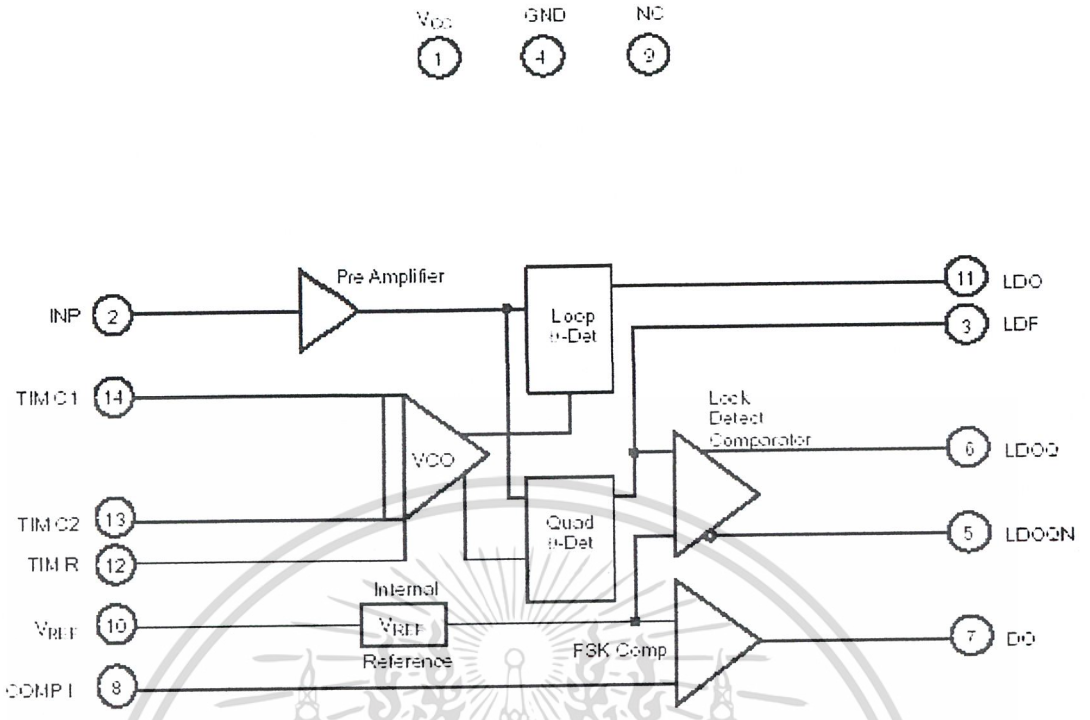
- FSK Demodulation
- Data Synchronization
- Tone Decoding
- FM Detection
- Carrier Detection

ตารางที่ 3.3 คุณสมบัติของ XR2211

คุณสมบัติของ XR2211	
Wide Frequency Range	0.01 Hz to 300 KHz
Wide Supply Voltage Range	4.5 V to 20 V
Wide Synamic Range	2 mV to 3 V rms
Excellent Temp. Stability	20 ppm / c. typcial
Adjustable Tracking Range (+ / - 1 % to + / - 80 %)	
DTL / TTL / ECL Logic Compatibility	
FSK Demodulation with Carrier detection	

ABSOLUTE MAXIMUM RATING	
Power supply	20 V
Input Signal Level	3 V rms
Power Dissipation	
Ceramic Package	750 mW
Derate above T_A = +25 Degree C.	6 mV / Degree C.
Plastic Package	625 mV
Derate above T_A = +25 Degree C.	5.0 mW / Degree C.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 แสดงวงจรภายในของ XR2211

จากโครงสร้างจะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ โดยมีหลักใหญ่ คือ PLL ซึ่งเป็นโครงสร้างมาจาก Input Preamplifier ผลคูณทางอนาลอกใช้ Phase detector และหลักการวิธีของ VCO Preamplifier จะใช้โดยมีขีดจำกัดที่อินพุทไม่เกินไปกว่า 2 mV rms เป็นภาคขยายที่จะคงที่ในระดับของสัญญาณอินพุทสูง ๆ ของ Phase detector นั้นใช้ digital exclusive OR Gate ที่เอาท์พุทจะให้ผลรวมออกมา และความถี่ที่แตกต่างกัน ของ input และ VCO เอาท์พุท VCO นั้น เป็นการใช้กระแสควบคุมการผลิตความถี่สำหรับ fo นั้นถูกกำหนดโดย Ro กับ Ground และกระแสที่มาจาก Phase detector

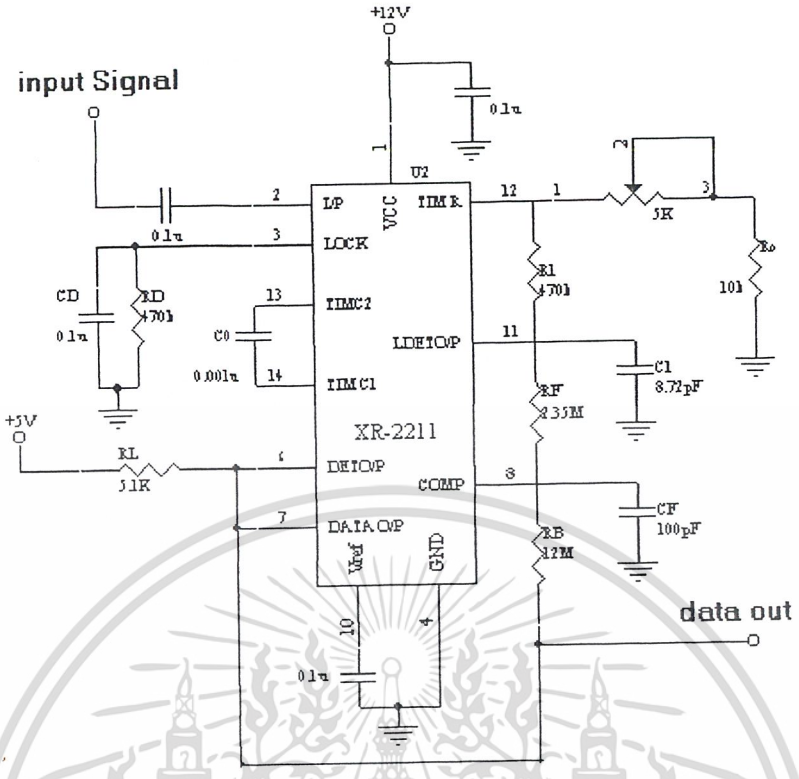
Referance Voltage , V_f (ขาที่ 10) เป็นขาที่มี bias ภายในที่แรงดันเปรียบเทียบ โดย

$V_f = V^+ / 2$ - 650 mV

ระดับแรงดัน DC ที่ขานี้จากแรงดันเปรียบเทียบภายในไปเป็นระดับของแรงดันที่ขา 5, 8, 11 และ 12 ที่ขา 10 นี้อาจจะใช้ C = 0.1 uF มาต่อไว้กับ Ground เพื่อ bypass ให้วงจรทำงานอย่างสม่ำเสมอ

Loop Phase Detector Output (ขาที่ 11) ที่จุดนี้เป็นเอาท์พุทที่มีค่าความต้านทานสูงใช้สำหรับ Loop Phase Detector PLL ก็จะมี Loop filter เป็นแบบโดย R_1 และ C_1 ที่ต่ออยู่ที่ขา 11 กรณีที่ยังไม่มีสัญญาณอินพุทหรือไม่มี phase error กับ PLL ระดับของแรงดัน DC นี้ก็จะใกล้เคียงกับ V_f

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 วงจรที่ใช้ในการ Demodulation

VCO Control Input (ขาที่ 12) VCO นี้เป็นความถี่ที่วิ่งได้ตลอดเวลาซึ่งจะคำนวณหาค่าได้โดย external timing resistor, Ro ความถี่ที่ขาหาได้จากสูตร

$$Fo = 1 / (RoCo) \quad \text{Hz}$$

โดยที่ Co เป็น timing Capacitor คร่อมอยู่ที่ขา 13 และ 14 เพื่อเสถียรภาพของการทำงานจึงกำหนดให้ Ro อยู่ในช่วง 10 Kohm ถึง 100 Kohm และที่ขา 12 นี้มีความต้านทานต่ำ VCO Timing Capacitor : (ขา 13 และ 14) ความถี่ VCO ที่จะเป็นสัดส่วนกับค่า C ภายนอก และอาจจะใช้ค่าความจุในย่าน 200 pF ถึง 10 uF VCO Frequency Adjustment สามารถที่จะปรับแต่งโดยต่อความต้านทานปรับค่าอนุกรมกับ Ro ที่ขา 12

ในการออกแบบนั้นความถี่ศูนย์กลางของ demodulate จะถูกผ่านไปได้ที่ศูนย์กลางของความถี่ที่เราได้กำหนดการดีเทค (detect) เอาไว้ กล่าวคือ พาสแบนด์ที่เรากำหนดไว้โดยสัญญาณคู่ที่มีความถี่ 95 และ 100 KHz เราสามารถที่จะคำนวณค่า Compound ต่าง ๆ ได้โดยใช้สูตร ซึ่งโดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 10 Kohm ถึง 100 Kohm

เลือกใช้ $C_0 = 820$ pF

และเนื่องจากความถี่กลางของคลื่นพาห์ $F_o = (95 + 100)$ KHZ / 2

$= 97.5$ KHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณได้ R_O = 12.5129 KHz

ในวงจรจะใช้ความต้านทาน 10 Kohm อนุกรม กับ ความต้านทานปรับค่าได้ 5 Kohm

$$R_1 = \frac{2Rofo}{(f1 - f2)} = 470 \text{ Kohm}$$

$$C_1 = \frac{1250 * Co}{(R_1 * \delta^2)} = 8.72 \text{ pF}, (\delta = 0.5)$$

$$R_F = 5 * R_1 = 2.35 \text{ Mohm}$$

$$R_B = 5 * R_F = 12 \text{ Mohm}$$

$$R_{SUM} = \frac{(R_F+R_1)* R_B}{(R_1+R_F+R_B)}$$

$$C_F = \frac{0.25}{(R_{SUM} * \text{Baud Rate})} = 91 \text{ pF}, (\text{Baud Rate} = 1200 \text{ bit / seconds})$$

$CD > 16 / \Delta f$ C in uF , $CD > 3.2$ nF

เลือกใช้ CD = 0.01 uF

RD = 470 Kohm

วงจรจูนและคัปเปลอร์ (Tune and Coupler Circuit)

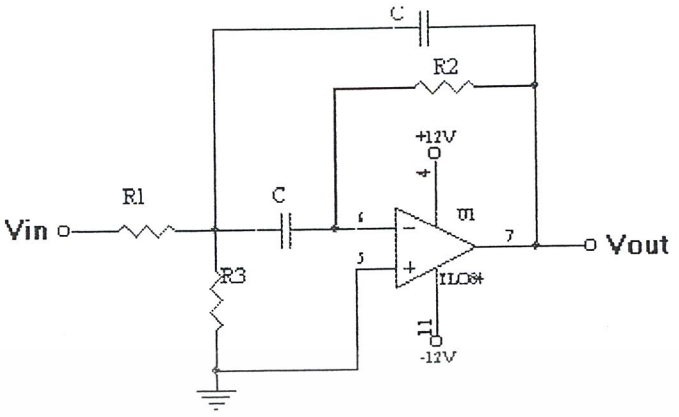
วงจรจูนและคัปเปลอร์นี้จะทำหน้าที่แยกสัญญาณความถี่สูงออกจากสัญญาณความถี่ต่ำด้วยตัวเก็บประจุซึ่งตัวเก็บประจุตัวนี้ยังสามารถป้องกันแรงดันสูงจากสายส่งกำลัง จากนั้นนำสัญญาณที่ได้ผ่านวงจร TUNE โดยใช้ IF Coil ต่อร่วมกับตัวเก็บประจุเพื่อให้วงจรรับสัญญาณที่มีลักษณะดีที่สุด สำหรับการคำนวณค่าตัวเก็ปประจุที่ใช้ในการแยกสัญญาณออกจากสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ 50 Hz และตัวเก็บประจุที่ใช้ในวงจร TUNE สามารถคำนวณได้ในลักษณะเช่นเดียวกับวงจรในภาคส่ง สัญญาณที่ได้จากวงจรนี้ยังมีสัญญาณอื่นปะปนมาอีกจึงสร้างวงจรแถบความถี่ผ่าน (Band Pass Filter) ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไป

วงจรกรองแถบความถี่ผ่าน (bandpass filter)

การใช้งานวงจรฟิลเตอร์นั้นเรากำหนดให้เป็นส่วนของ อินพุท (Input) ก่อนเข้าวงจรดีมอดดูเลเตอร์ สัญญาณรบกวนใด ๆ ที่จุดนี้จะมีผลกับคุณภาพของวงจร สำหรับ IC เบอร์ XR2211 ที่จะทำงานที่ค่าความผิดพลาดต่ำแล้ว ค่าสัญญาณอินพุทควรสูงกว่าค่าสัญญาณรบกวนอย่างน้อย 6 เดซิเบล (db)

วงจรที่ใช้นี้เป็นเชฟบิเชฟฟิลเตอร์ (Chebychev Filter) ซึ่งมีวงจรที่เหมือนกันอยู่ 3 ภาค โดยกำหนดค่าความถี่เรโซแนนซ์เท่ากับ 97.5 KHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 วงจรเชฟบิเชฟฟิลเตอร์

จากรูปที่ 3.18

$$Wo = (1/C)[(R1+R3)/R1R2R3]^{1/2}$$

GAIN at Wo = -R2/R1

การคำนวณ

$R1 = Q/(2\pi F_O C A_F)$

$R2 = Q/(\pi F_O C)$

$R3 = Q/(2\pi F_O C)(2Q^2 - A_F)$

$A_F = R2/2R1$

$Q = F_O/BW$

เงื่อนไข $A_F < 2Q^2$

.ให้ $F_O = 97.5$ KHz, $A_F = 2$, C = 1 nF, R1 = 10Kohm

คำนวณค่าต่างๆได้ ·

Q = 12.25

R3 = 66.667 Ohm

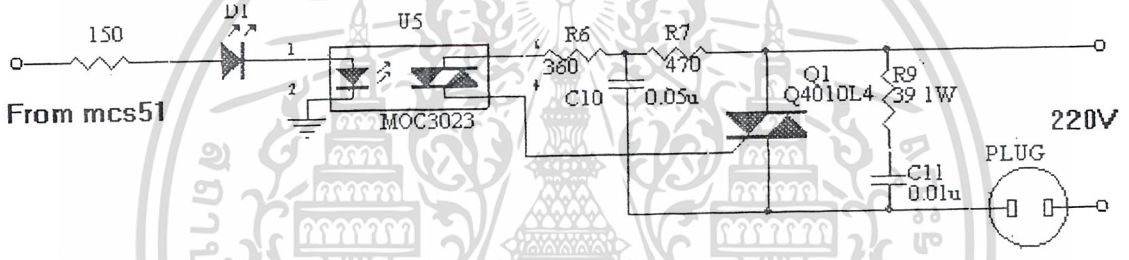
R2 = 40Kohm

BW = 7.96 KHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ส่วนเชื่อมต่อกับเครื่องใช้ไฟฟ้า

เนื่องจากวงจรควบคุมไม่สามารถจ่ายกำลังสูง ๆ แก่เครื่องใช้ไฟฟ้าได้โดยตรงจึงต้องใช้วงจรส่วนนี้ทำหน้าที่จ่ายกำลังงานแก่เครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านั้น โดยการควบคุมจากสัญญาณควบคุม ที่ส่งมาจาก MCS-51 ซึ่งเป็นสัญญาณลอจิก "1" เมื่อต้องการให้เครื่องใช้ไฟฟ้าทำงานสัญญาณลอจิก "1" นี้จะนำไปขับออปโต้ไดแอกเพื่อต้องการแยกส่วนควบคุม ซึ่งเป็นสัญญาณแรงดันต่ำจากแหล่งจ่ายไฟที่จ่ายให้แก่เครื่องใช้ไฟฟ้า จากสัญญาณลอจิก "1" จะได้เอาท์พุทเป็นกระแสสลับ ใช้เป็นสัญญาณทริกให้กับขาเกตของไตรแอก เพื่อให้ไตรแอกทำงานและจ่ายกระแสไฟให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าได้



รูปที่ 3.19 ส่วนควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

MOC3023 เป็นออปโต้ไอโซเลเตอร์ซึ่งจะแยกวงจรควบคุมการทำงานด้านแรงดันต่ำออกจากวงจรกำลังโดยเด็ดขาด ภายในตัวจะมีแอลอีดี (LED) และโฟโตไดแอก ด้านแอลอีดี มีตัวต้านทาน R5 ทำหน้าที่จำกัดกระแสที่ไหลผ่านไม่ให้เกินค่าสูงสุดที่แอลอีดีในออปโต้ไอโซเลเตอร์จะทนได้ คือ 60 mA เมื่อแอลอีดีทำงานทำให้โฟโต้ไดแอกภายในนำกระแสมีผลให้ขาเกตของไตรแอกถูกทริก ทำให้นำกระแสโหลดจึงทำงานได้ R6,R7 เป็นตัวแบ่งกระแสที่ไหลผ่านเกตของไตรแอกไม่ให้สูงเกินไป C10 เป็นตัวป้องกันการทำงานผิดพลาดจากสัญญาณรบกวนจากภายนอก R9 และ C11 เป็นตัวป้องกันทรานเซียนต์จากการเพิ่มแรงดันโหลดอย่างรวดเร็ว ซึ่งอาจจะทำให้ไตรแอกเสียหายได้ นอกจากนี้ C11 ยังเป็นตัวลดทอนสัญญาณรบกวนและแรงดันกระชากในสายไฟด้วย

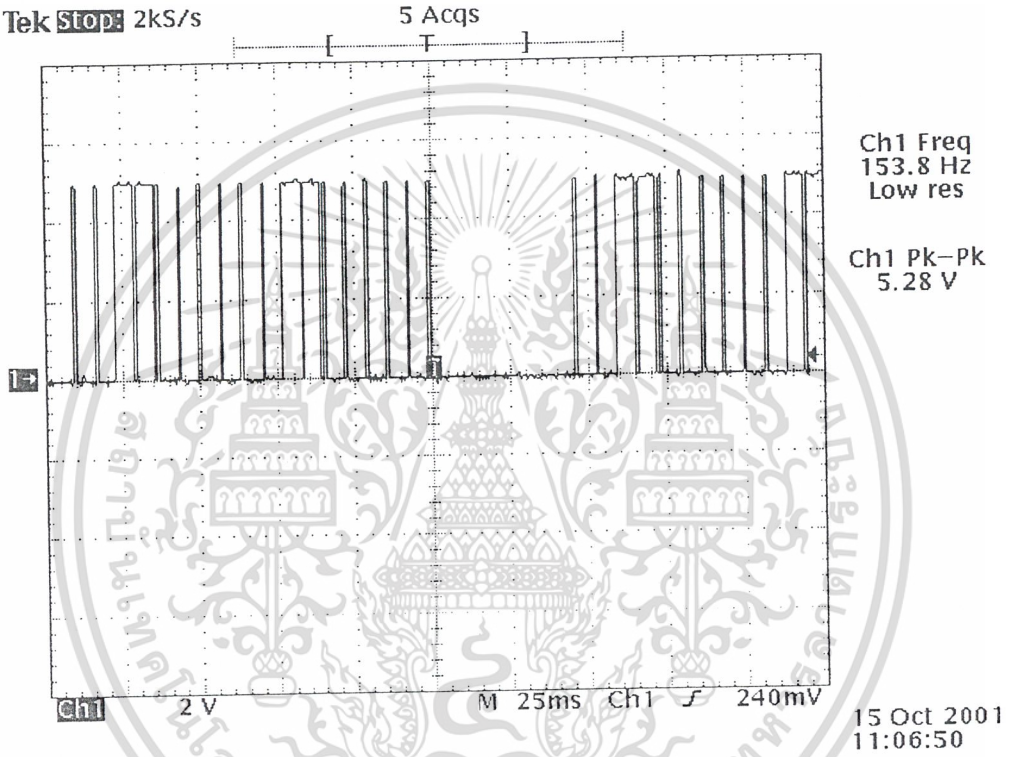
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองทางด้านส่ง

4.1.1 การทดลองการเข้ารหัสโดยใช้ไอซี MC145026

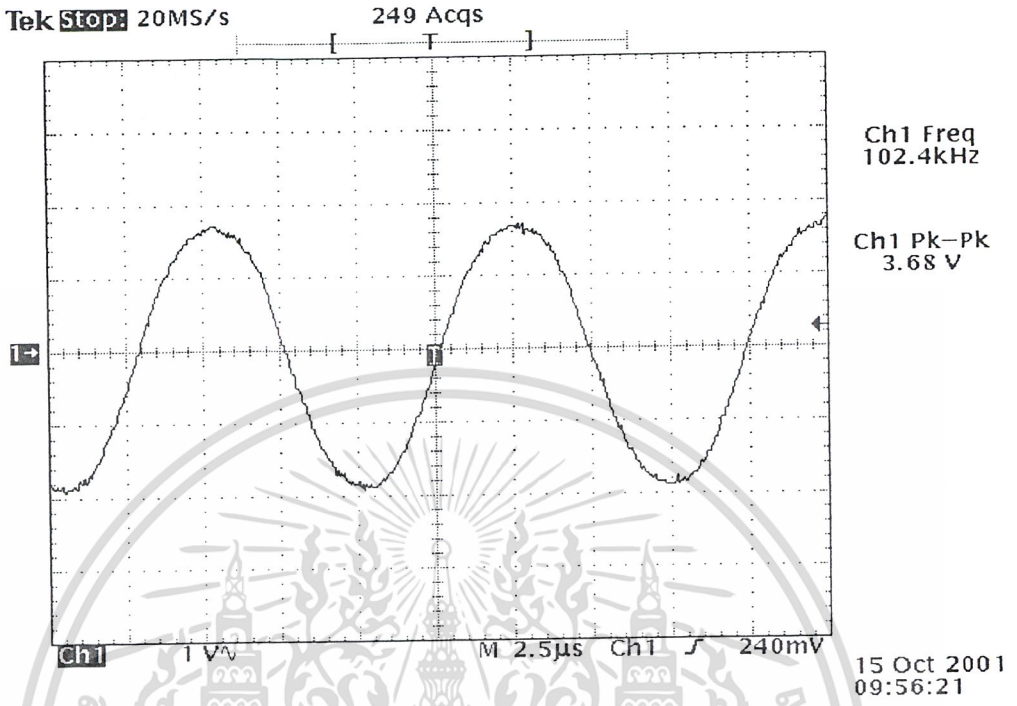
ข้อมูลที่นำมาทำการเข้ารหัสคือ “0 1 0 0 0 1 0 0 0”



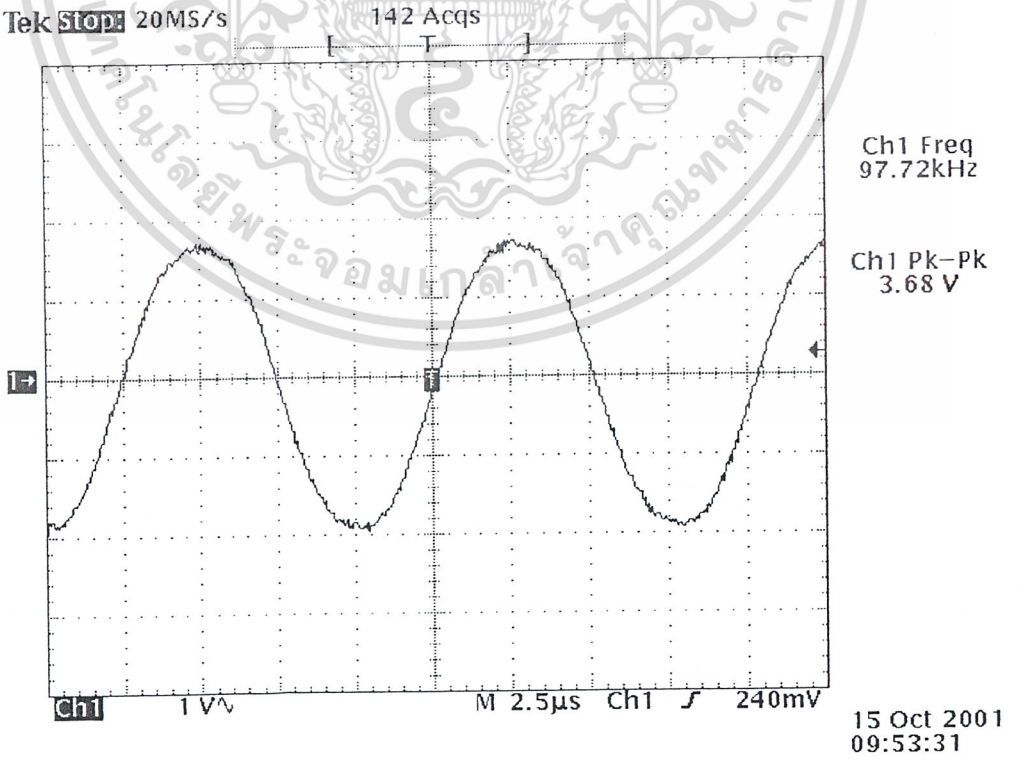
รูปที่ 4.1 สัญญาณเอาท์พุทจาก การเข้ารหัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การทดลอง FSK Modulator

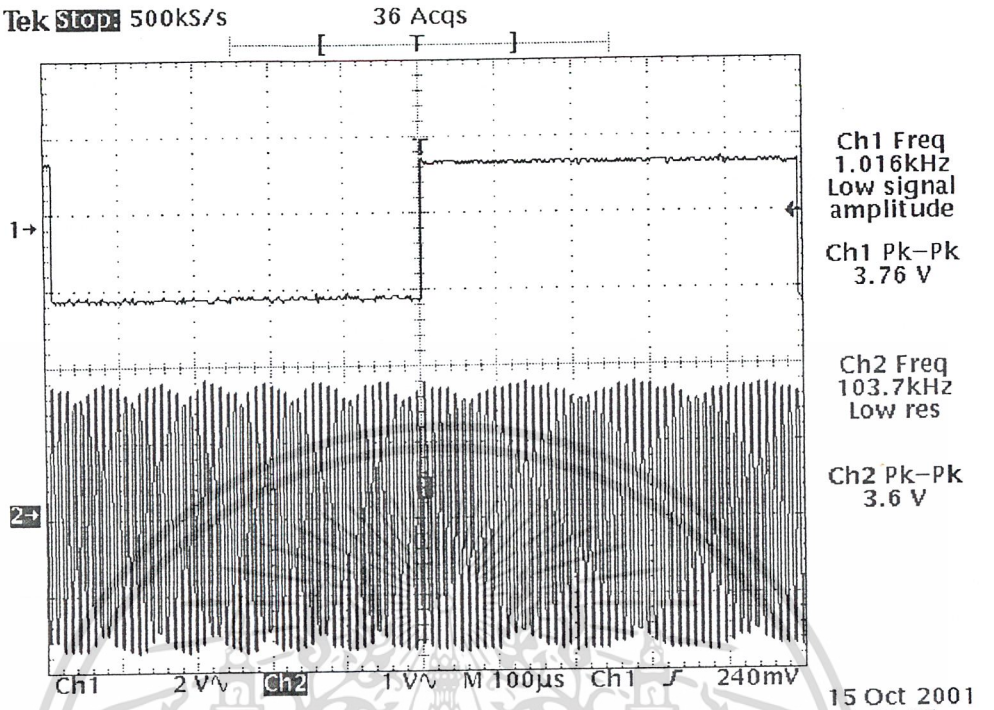


รูปที่ 4.2 สัญญาณเอาท์พุทของชุด Modulator เมื่อ อินพุทเป็นลอจิก 0

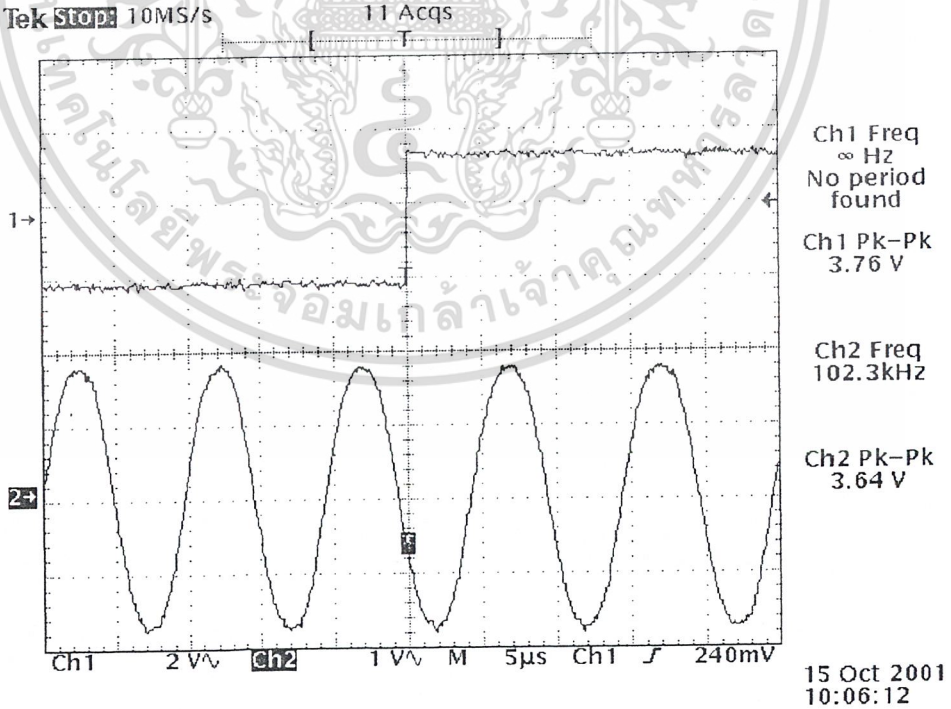


รูปที่ 4.3 สัญญาณเอาท์พุทของชุด Modulator เมื่อ อินพุทเป็นลอจิก 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



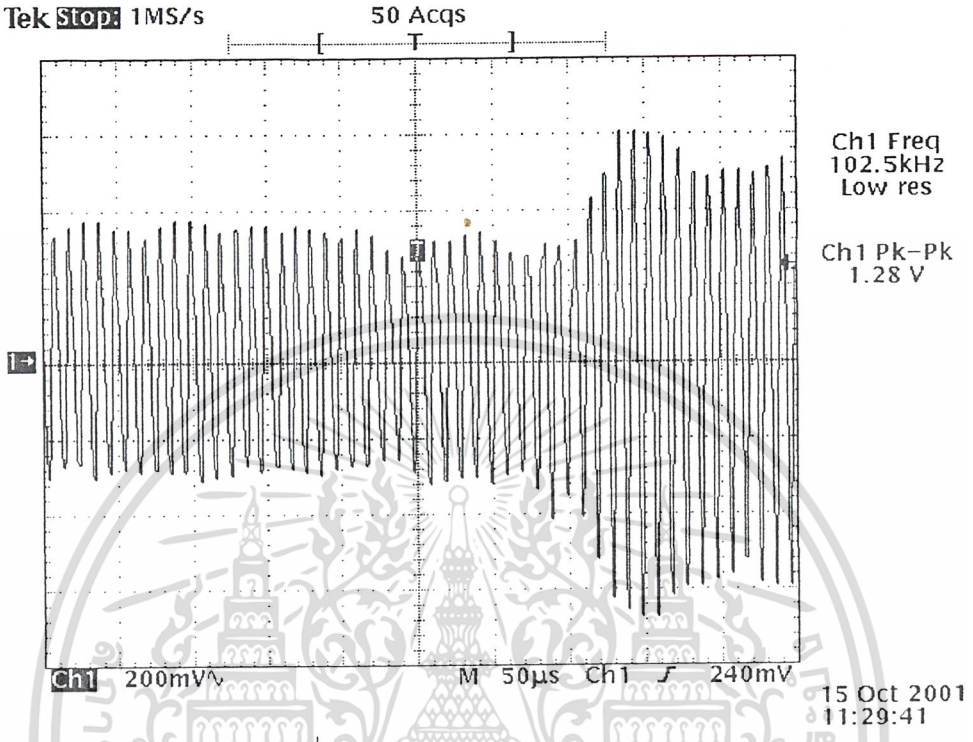
(ข)

รูปที่ 4.4 สัญญาณเอาท์พุทของชุด Modulator เมื่อ อินพุทเป็นคลื่นสี่เหลี่ยมความถี่1 KHz

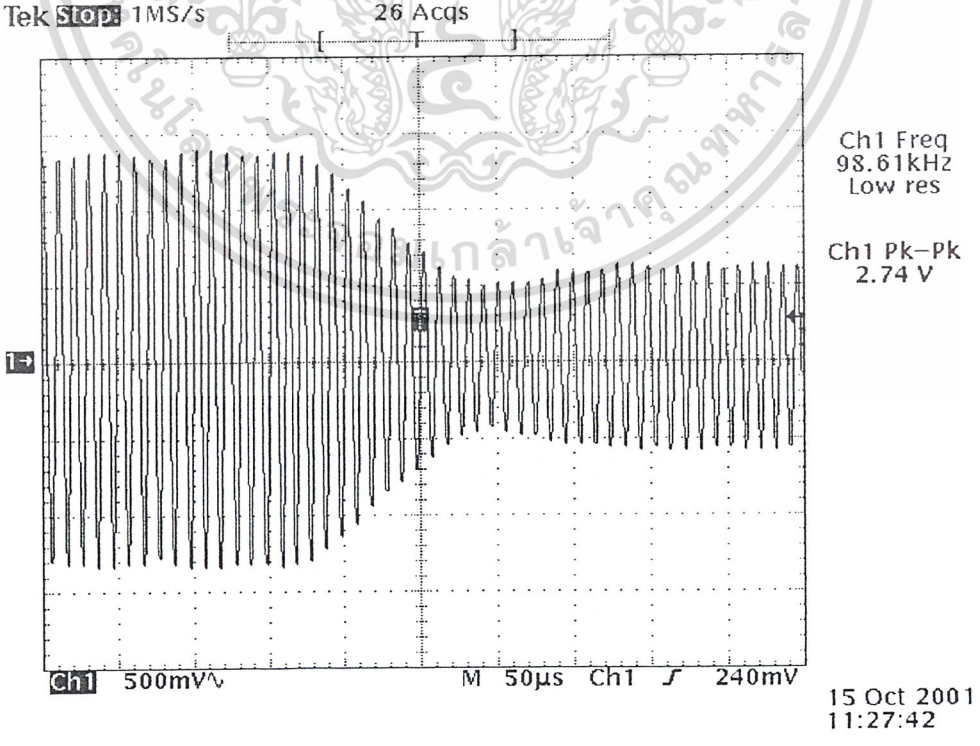
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองทางด้านรับ

4.2.1 การทดลองชุด Demodulator

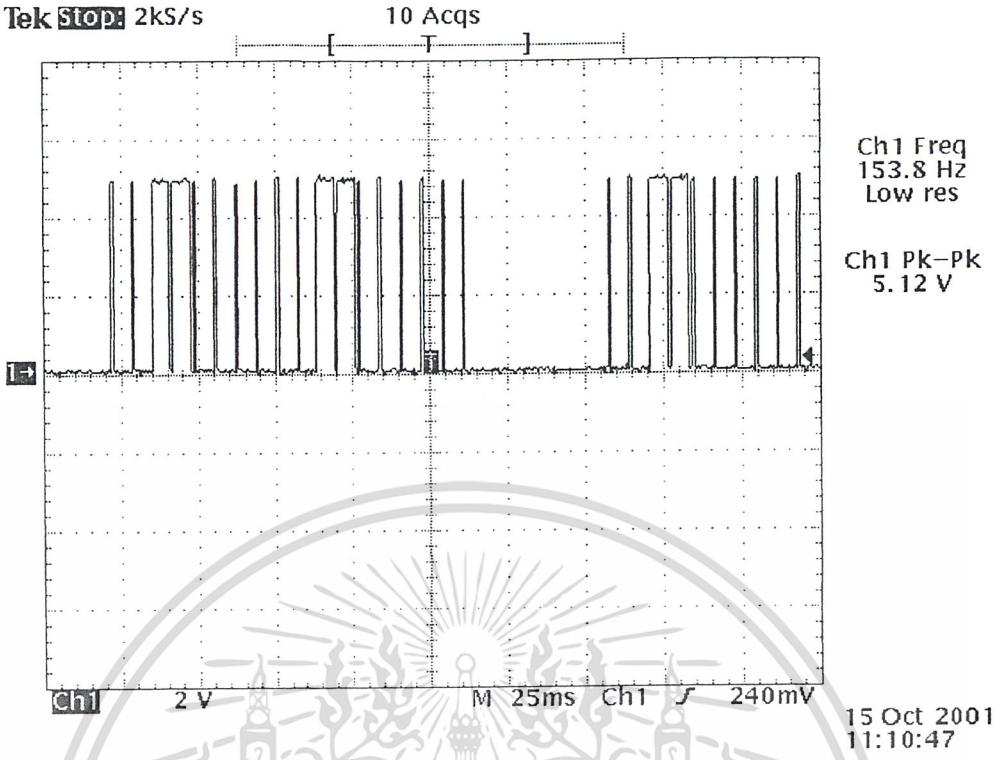


รูปที่ 4.5 สัญญาณเอาท์พุทวงจร Tune



รูปที่ 4.6 เอาท์พุทเมื่อผ่าน Band pass filter

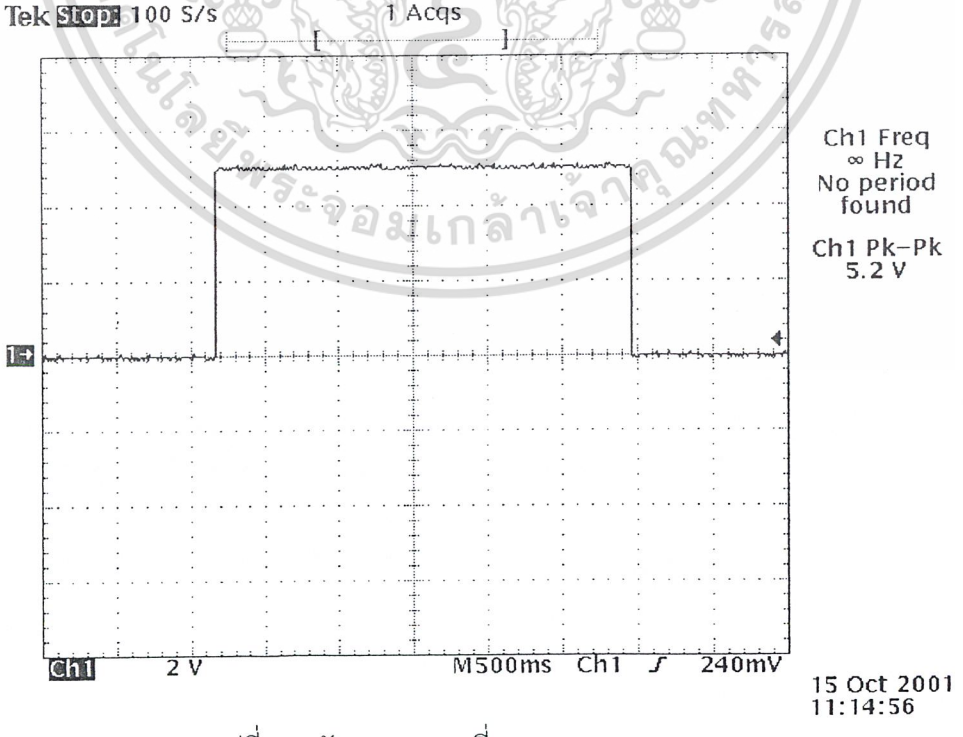
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 สัญญาณเอาท์พุทจากวงจร Demodulator

4.2.2 การทดลองการถอดรหัส

สัญญาณที่ได้จากวงจร Demodulator จะถูกส่งเข้าวงจรถอดรหัส หากชุดส่งส่งรหัสมาตรงกับวงจรถอดรหัส สัญญาณ VT ที่ขา 11 ของไอซี MC145027 ซึ่งเป็นไอซีถอดรหัสก็จะเปลี่ยนจาก LOW เป็น HIGH



รูปที่ 4.8 สัญญาณ VT ที่ขา 11 ของ MC145027

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ผลการทดลอง band pass filter

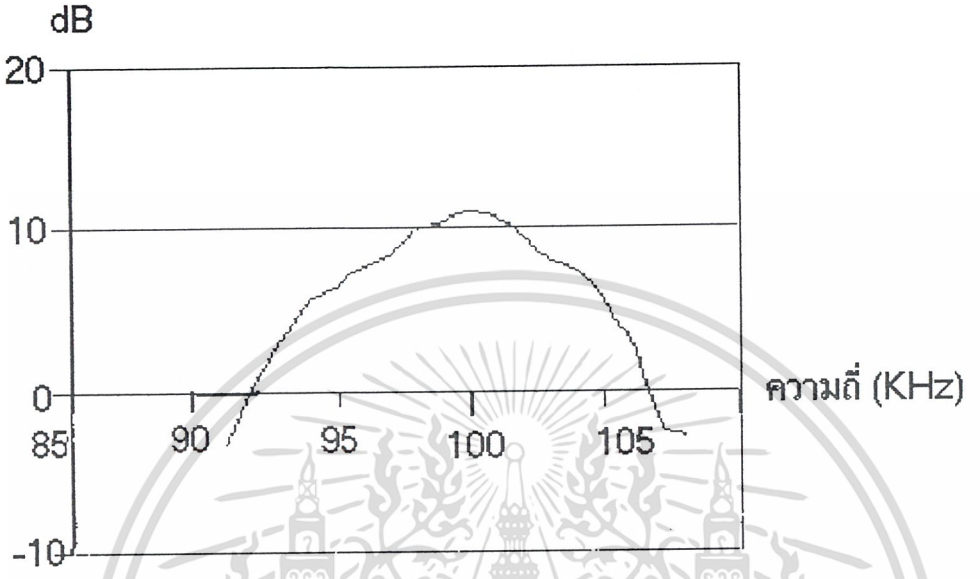
ป้อนสัญญาณคลื่นไซน์ ขนาด 1 Vp-p ที่ความถี่ต่างๆดังตาราง เข้าไปที่ อินพุทของวงจร band pass filter

ตารางที่ 4.1 ขนาดแรงดันเอาท์พุทของ band pass filter ที่ความถี่ต่างๆ

ความถี่ (KHz)	แรงดัน (Vpp)
90	0.5
92	1.1
93	1.5
94	1.9
95	2.1
96	2.4
97	2.6
98	3.1
99	3.3
100	3.6
101	3.4
102	2.9
103	2.5
104	2.3
105	1.9
106	1.4
107	0.8
108	0.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำข้อมูลในตารางมาพล็อตกราฟตอบสนองความถี่ได้ดังรูปที่ 4.9



หมายเหตุ แกนนอน คือ ความถี่ (KHz)

แกนตั้ง คือ 20log(Vo/Vi) dB

รูปที่ 4.9 กราฟตอบสนองความถี่ ของ Band pass filter

จากกราฟหาค่าต่างๆ ได้ดังนี้

- จากกราฟได้ความถี่คัทออฟที่ 97 KHz กับ 102.5 KHz
- แบนด์วิธของแบนด์พาสฟิลเตอร์เท่ากับ 5.5 KHz
- ควอลิตี้แฟคเตอร์ (Q) ของแบนด์พาสฟิลเตอร์เท่ากับ 18.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองโดยการ รับ – ส่ง ข้อมูลหลาย ๆ ครั้ง

การทดลองนี้มีการรับค่าจากคีย์แพด แล้วไปประมวลผลในไมโครคอลโทรลเลอร์ ไมโครคอลโทรลเลอร์จะส่งข้อมูลต่อไปยังวงจรเข้ารหัส เพื่อทำการมอดดูเลท แล้วส่งไปตามสายไฟฟ้า (220 V)

ที่เครื่องรับจะมีการตั้งรหัสไว้ก่อน เมื่อข้อมูลจากเครื่องส่งเข้ามาแล้ว จะทำการตรวจสอบรหัสว่าตรงกันหรือไม่ เมื่อรหัสตรงกันก็จะมีการรับข้อมูลเกิดขึ้นที่เครื่องรับซึ่งสามารถแสดงผลโดย LED (ติด – ดับ) ในกรณีที่รหัสไม่ตรงกันก็จะไม่สามารถควบคุมให้ LED ติดหรือดับได้

ในการทดลองส่วนนี้จะทำการส่งข้อมูลที่รหัสตรงกันหลาย ๆ ครั้ง เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการ รับ – ส่ง ข้อมูลหลาย ๆ ครั้ง

ส่งข้อมูล (จำนวนครั้ง)	ผลการรับข้อมูล (จำนวนครั้ง)
10	10
30	30
50	50
100	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์ และสรุป

5.1 สรุปผลการทดลอง

โครงงานนี้สามารถนำไปควบคุมการปิดเปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า และทำการตั้งเวลาได้สูงสุด 255 นาที (ค่าสูงสุดของหน่วยความจำขนาด 1 ไบต์) ซึ่งในการติดต่อกันระหว่างเครื่องแม่และเครื่องลูกแต่ละตัวนั้นจะใช้การส่งสัญญาณผ่านสายไฟฟ้ากำลังในบ้าน (AC line) โดยทำการมอดูเลทแบบ FSK สัญญาณที่นำมามอดูเลตได้มาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ที่เครื่องตัวแม่ ซึ่งจะส่งสัญญาณควบคุมมาทำการเข้ารหัส อันทำหน้าที่กำหนดว่าจะให้เครื่องใดทำงาน วงจรเข้ารหัสซึ่งใช้ไอซีเบอร์ MC145026 ก็จะทำการเข้ารหัสและเปลี่ยนข้อมูลขนานที่รับมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นข้อมูลอนุกรม แล้วส่งไปให้ ไอซีเบอร์ XR2206 ทำการมอดูเลท ความถี่ของคลื่นพาห์เป็น 97.5 KHz แล้วส่งสัญญาณที่ได้ไปตามสายไฟฟ้ากระแสสลับ ทางด้านรับ (เครื่องลูกแต่ละตัว) ก็จะรับและทำการตัดสัญญาณรบกวนทิ้งไปโดยวงจร Tune และวงจร band pass filter และทำการขยายสัญญาณให้ใหญ่ขึ้นผ่านไปวงจร Demodulate ซึ่งใช้ไอซีเบอร์ XR2211 สัญญาณที่ได้ก็จะนำมาป้อนให้ไอซีเบอร์ MC145027 เพื่อทำการถอดรหัสและตรวจสอบว่าสัญญาณที่ได้รับเข้ามานี้จะมีค่า Address ตรงกับที่ตั้งไว้หรือไม่ ถ้าตรงกันก็จะได้สัญญาณของข้อมูลที่ส่งมาเพื่อที่จะนำไปควบคุมอุปกรณ์ต่อไป จากผลการทดลองก็สามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์คือสามารถสั่งงานได้ที่เครื่องแม่และที่เครื่องลูก โดยเครื่องแม่จะไปควบคุมเครื่องลูกทั้งหมด ซึ่งเครื่องลูกไม่สามารถไปควบคุมเครื่องแม่ได้ แต่จะควบคุมตัวมันเองเท่านั้น ในโครงงานนี้ยังต้องปรับปรุงเรื่องของระยะทางอีกเพราะที่ระยะทางไกลๆ สัญญาณรบกวนจะมีมากขึ้น รูปคลื่นที่ภาครับรับได้จะผิดเพี้ยนมากทำให้ไม่สามารถถอดรหัสมาควบคุมอุปกรณ์ได้

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาและทำการทดลองในโครงงานปริญญานิพนธ์ตลอดโครงงาน พบว่ามีปัญหาบ้างแต่ก็เป็นปัญหาที่สามารถแก้ไขได้ ปัญหาหลักเห็นจะเป็นความแรงของสัญญาณที่ส่งออกไป เพราะว่าความแรงของสัญญาณที่ส่งออกไปไม่เพียงพอ ทำให้ระยะส่งระหว่างเครื่องรับและเครื่องส่งลดลง ซึ่งจากการลองผิดลองถูกจะเห็นว่าส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากความถี่รบกวน เช่นในกรณีที่เปิดคอมพิวเตอร์พร้อม ๆ กัน 3-4 เครื่อง ความแรงของสัญญาณก็จะถูกลดทอนลง

ผลเสียอีกอย่างที่น่าสนใจคือ ไม่มีการบอกสถานะของตัวลูกไปหาตัวแม่ ดังนั้นในการควบคุมโดยตรงที่ตัวลูก ตัวแม่จะไม่รู้สถานะที่แท้จริงของตัวลูกได้ จึงสมควรเป็นแนวทางในทางพัฒนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน

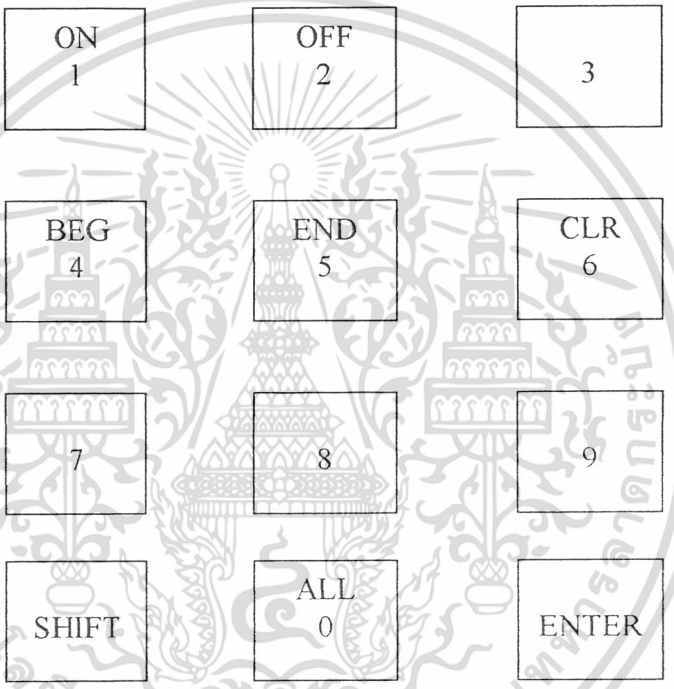
คุณสมบัติของเครื่อง

1. สามารถควบคุมการปิด – เปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ที่ Master และที่ Slave
2. มีฟังก์ชั่นการตั้งเวลาปิด – เปิด ได้ 255 นาที

การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าจาก Master

สามารถสั่งปิด - เปิดและตั้งเวลาผ่านแผงคีย์บอร์ด

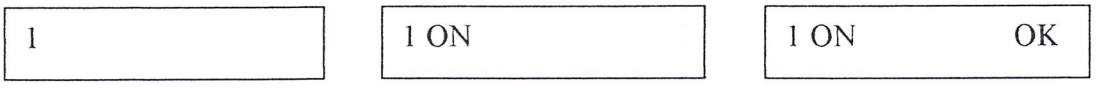
หากต้องการกด ON, OFF, BEG, END, CLR, ALL ให้กดปุ่ม SHIFT ก่อน



รูปแสดงแผงคีย์บอร์ด

การสั่งเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า

กดปุ่มหมายเลขเครื่องใช้ไฟฟ้าแล้วกด ON เช่น ถ้าต้องการเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าเบอร์ 1 ก็กด 1 แล้วกด ON เป็นต้น หลังจากนั้นกดปุ่ม ENTER

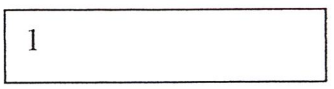


กดหมายเลข 1 กด ON กดENTER

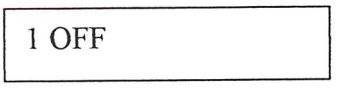
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสั่งปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า

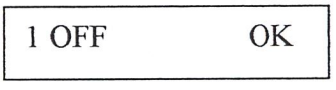
กดปุ่มหมายเลขเครื่องใช้ไฟฟ้าแล้วกด OFF เช่น ถ้าต้องการปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าเบอร์ 2 ก็กด 1 แล้วกด OFF หลังจากนั้นกดปุ่ม ENTER



กดหมายเลข 1



กด OFF

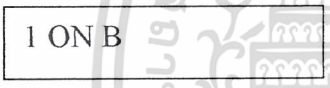


กด ENTER

การตั้งเวลา

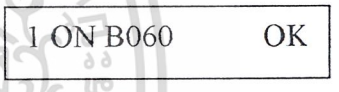
การตั้งเวลาแบ่งได้เป็น 2 โหมดคือ

1. กำหนดเวลาให้เครื่องใช้ไฟฟ้าเริ่มทำตามคำสั่ง ทำได้โดยหลังจากที่สั่งปิด – เปิด เครื่องใช้ไฟฟ้าแล้วให้กดปุ่ม BEG (Begin) แล้วตามด้วยเลข 3 ตัว เพื่อกำหนดเวลาให้เครื่องใช้ไฟฟ้าเริ่มทำตามคำสั่ง (เช่นถ้าต้องการกำหนดเวลาเท่ากับ 60 นาที ก็กด 0 6 0 เป็นต้น) อย่างเช่นถ้าต้องการให้อีก 60 นาทีเครื่องใช้หมายเลข 1 เปิดก็สั่งงานดังรูป



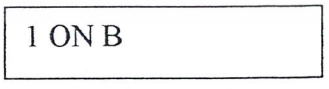
กด 1 , ON แล้วกด BEG

กดเวลา 60 นาที

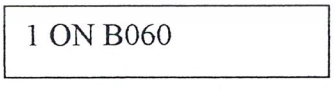


กด ENTER

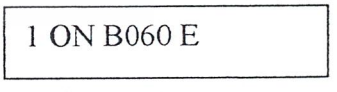
2 . กำหนดเวลาให้เครื่องใช้ไฟฟ้าเริ่มทำตามคำสั่ง และกำหนดเวลาให้เครื่องใช้ไฟฟ้าหยุดทำตามคำสั่งด้วย ทำได้โดยหลังจากที่สั่งปิด – เปิด เครื่องใช้ไฟฟ้าแล้วให้กดปุ่ม BEG แล้วตามด้วยเลข 3 ตัว เพื่อกำหนดเวลาให้เครื่องใช้ไฟฟ้าเริ่มทำตามคำสั่ง หลังจากนั้นกดปุ่ม END แล้วตามด้วยเลข 3 ตัว เพื่อกำหนดเวลาให้เครื่องใช้ไฟฟ้าหยุดทำตามคำสั่ง อย่างเช่น ถ้าต้องการให้อีก 60 นาทีเครื่องใช้หมายเลข 1 เปิดแล้วอีก 180 นาทีปิด ก็สั่งงานดังรูป



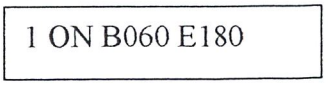
กด 1 , ON แล้วกด BEG



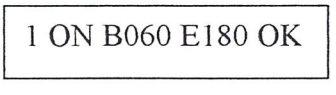
กดเวลา 60 นาที



กด END



กดเวลา 180 นาที

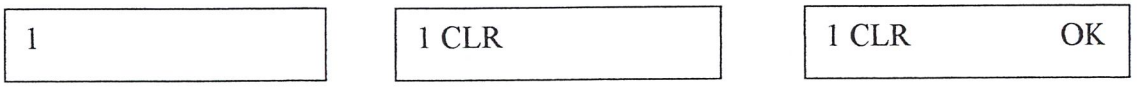


กด ENTER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การยกเลิกเวลาที่ตั้งไว้

การยกเลิกเวลาที่ตั้งไว้สามารถทำได้โดยกดหมายเลขเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการยกเลิกการตั้งเวลา แล้วกด CLR (Clear) เช่น ถ้าต้องการยกเลิกเวลาที่ตั้งไว้ของเครื่องใช้ไฟฟ้าหมายเลข 1 ก็ให้กด 1 แล้วกด CLR เป็นต้น



กดหมายเลข 1 กด CLR การแสดงผลที่จอ

หากกดเวลาเกิน 255 นาที จะมีคำว่า ERR ขึ้นมาทางด้านขวาของจอ จะต้องกดเวลา 3 ตัวนั้นใหม่

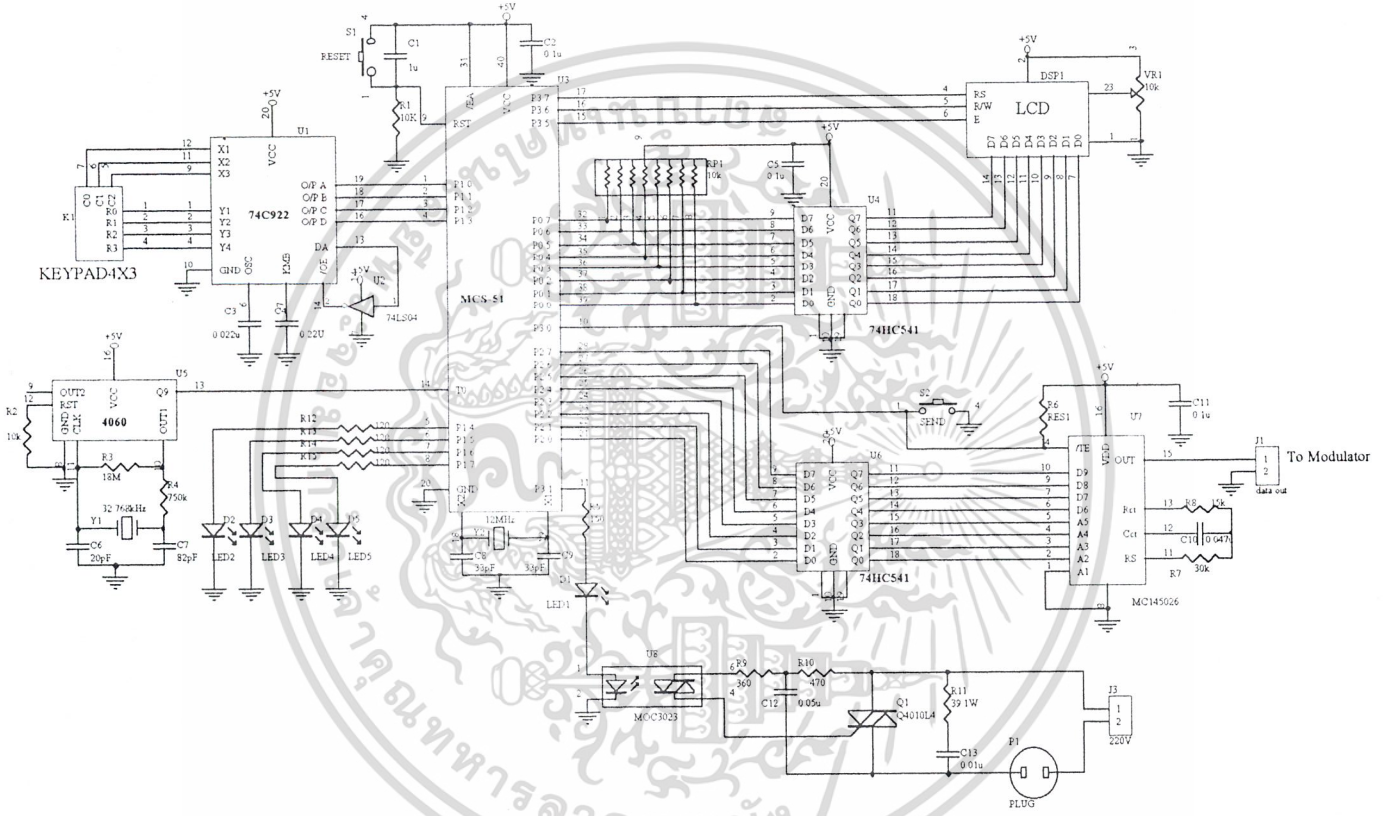
การควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าจาก Slave

สามารถควบคุมตัวมันเอง การกดสั่งงานต่าง ๆ กดที่คีย์บอร์ดเช่นเดียวกับ Master เพียงแต่ว่าหมายเลขเครื่องที่กดต้องเป็น หมายเลข 1 เสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

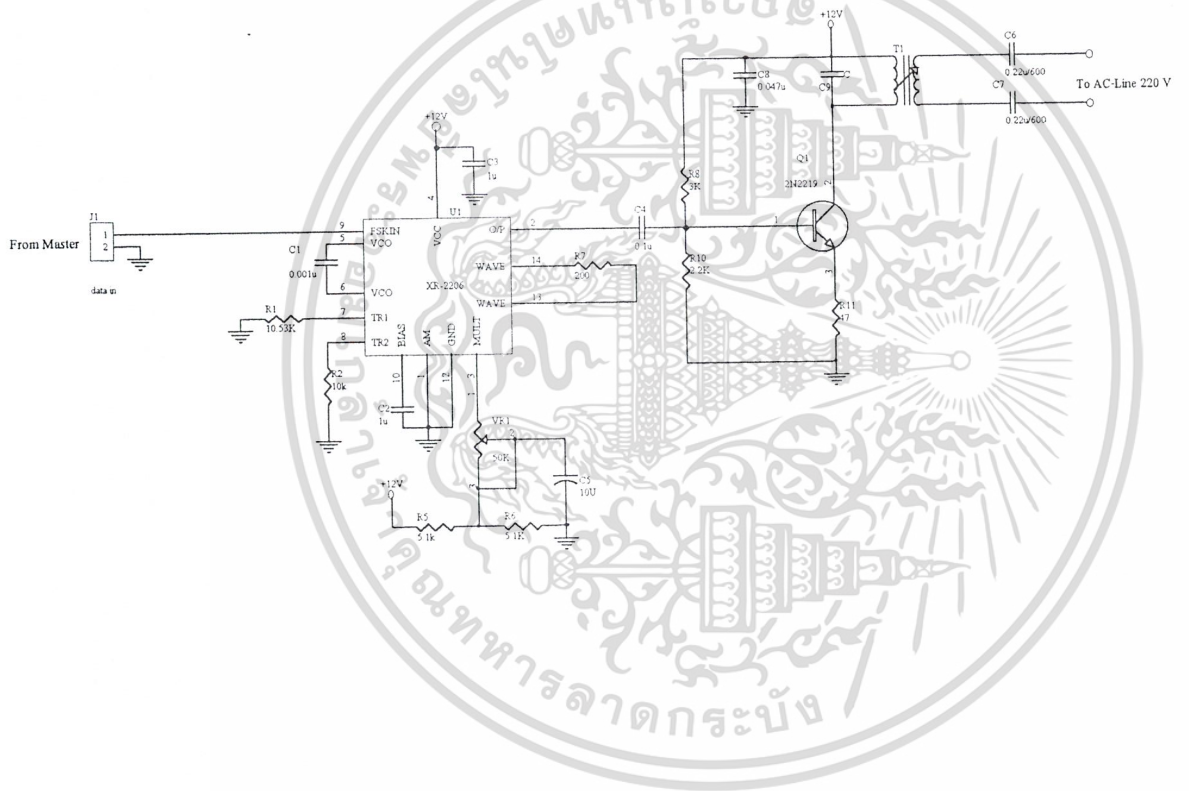
ภาคผนวก ข
รูปวงจรที่ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



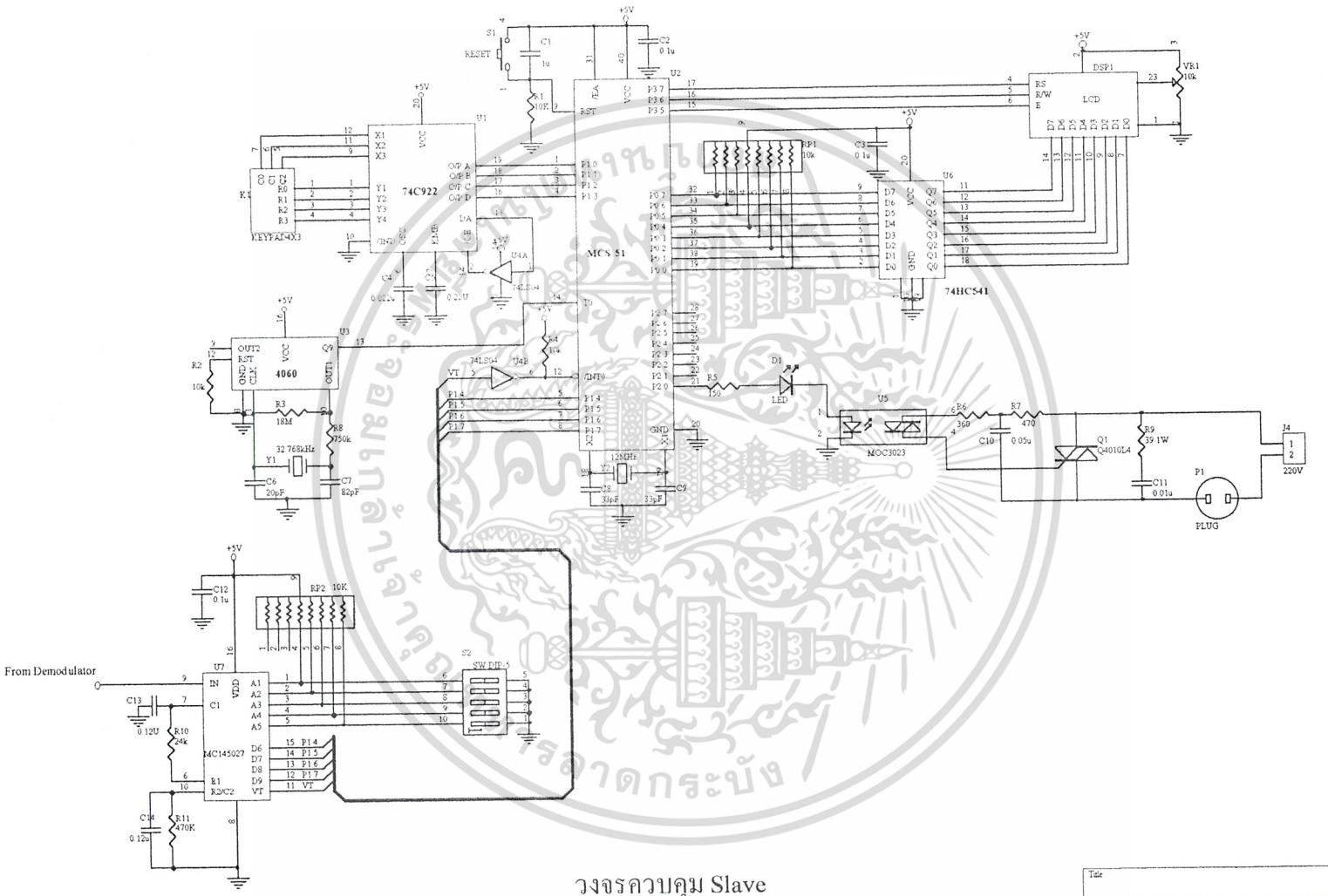
วงจรควบคุม Master

Title			
Size B	Number		Revision
Date	6-Mar-2002	Sheet of	
File	D:\Lcourt\project fik\project fik.Ddb	Drawn By	



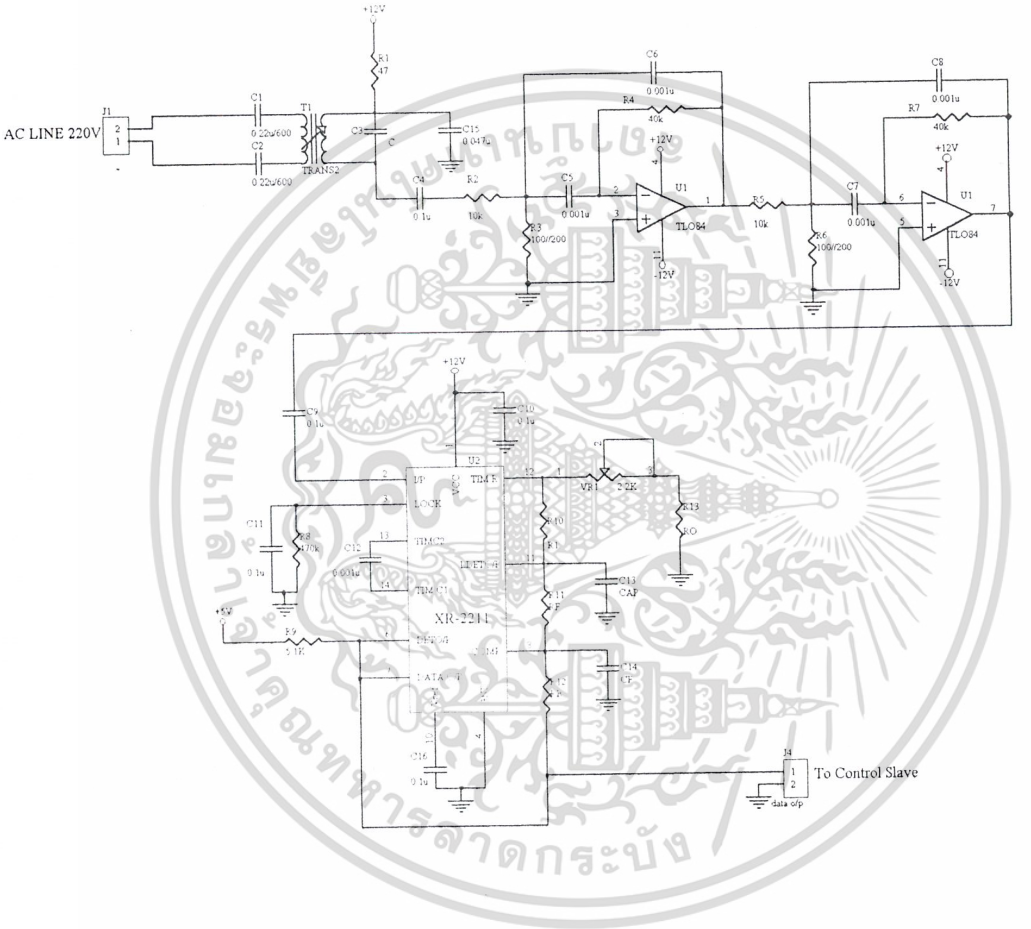
วงจร FSK Modulater

Title		
Size B	Number	Revision
Date	6-Mar-2002	Sheet of
File	D:\Lourd\project fsk\project fsk.Ddb	Drawn By



วงจรควบคุม Slave

Title		
Size B	Number	Revision
Date	6-Mar-2002	Sheet of
File	D:\Learn\project fak\project fak.Ddb	Drawn By



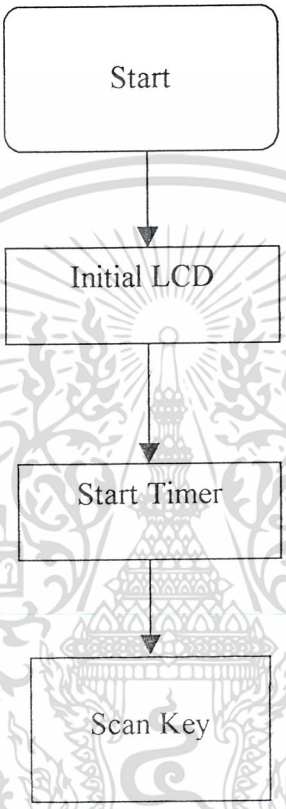
วงจร FSK Demodulator

Title		
Size B	Number	Revision
Date: 6-Mar-2002		Sheet of
File: D:\Lesa\project fsk\project fsk.Ddb		Drawn By:

ภาคผนวก ค

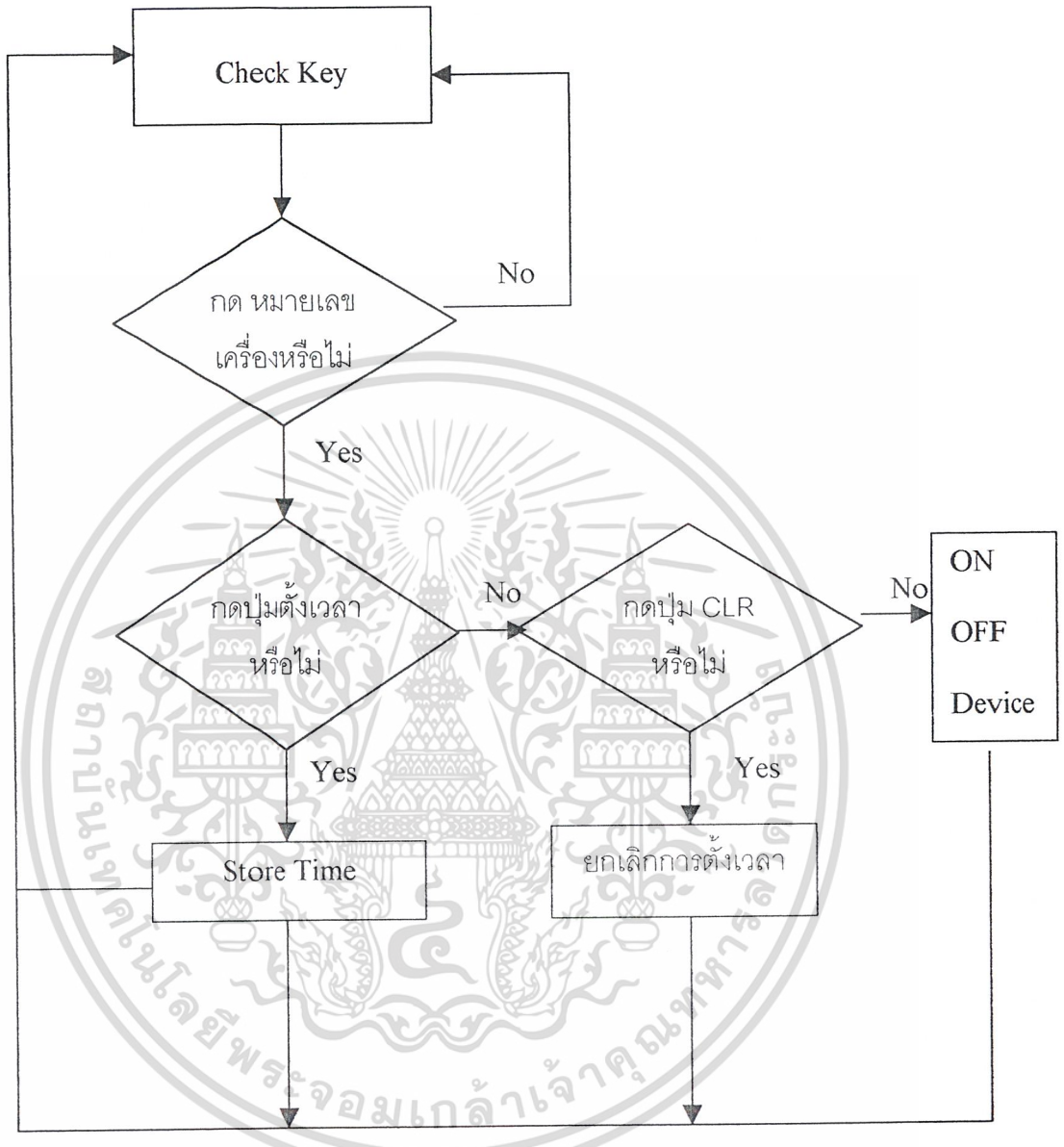
Flow Chart และ โปรแกรมควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



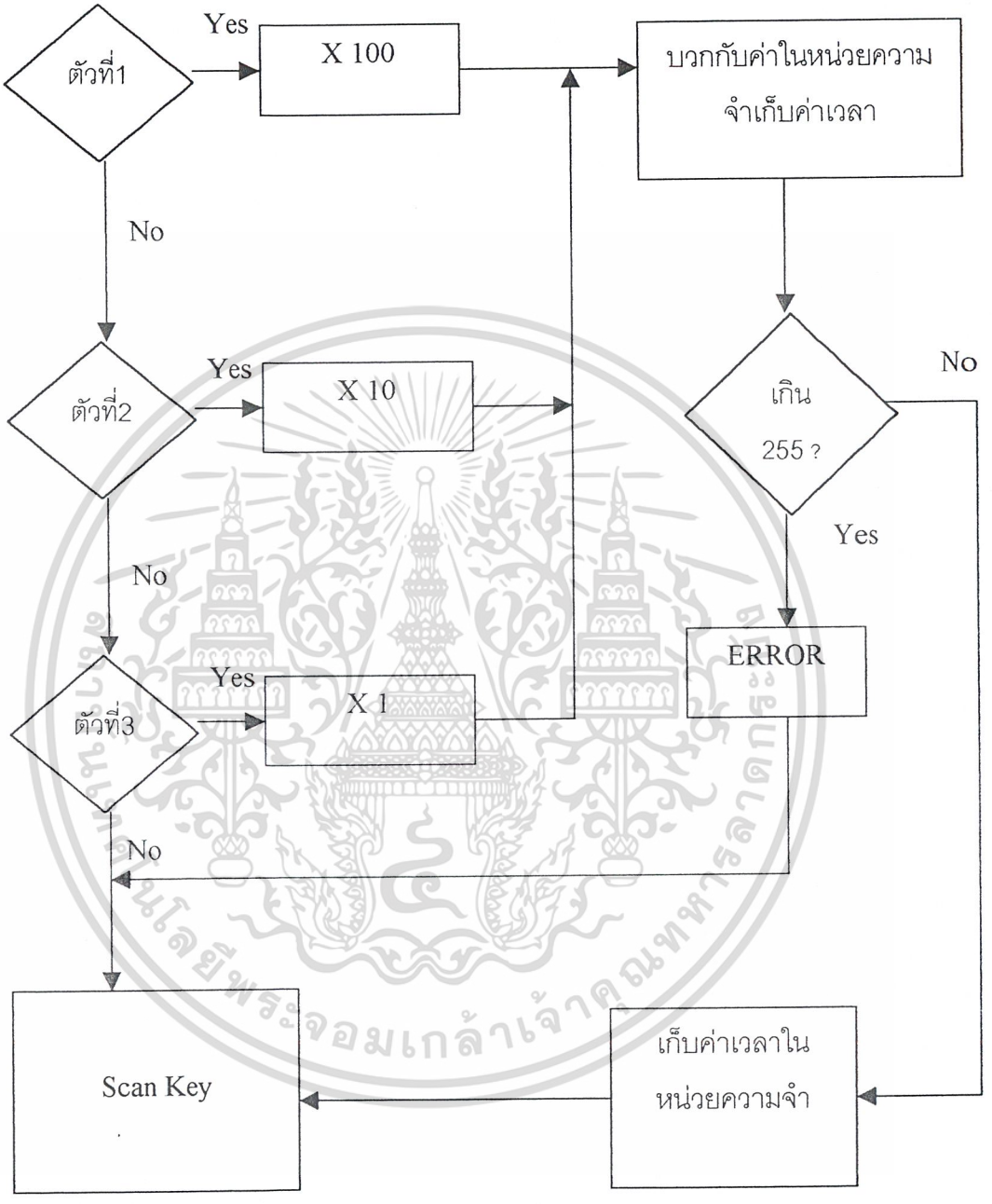
แผนผังการทำงานของ โปรแกรมหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนผังการทำงานของ Keybord

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

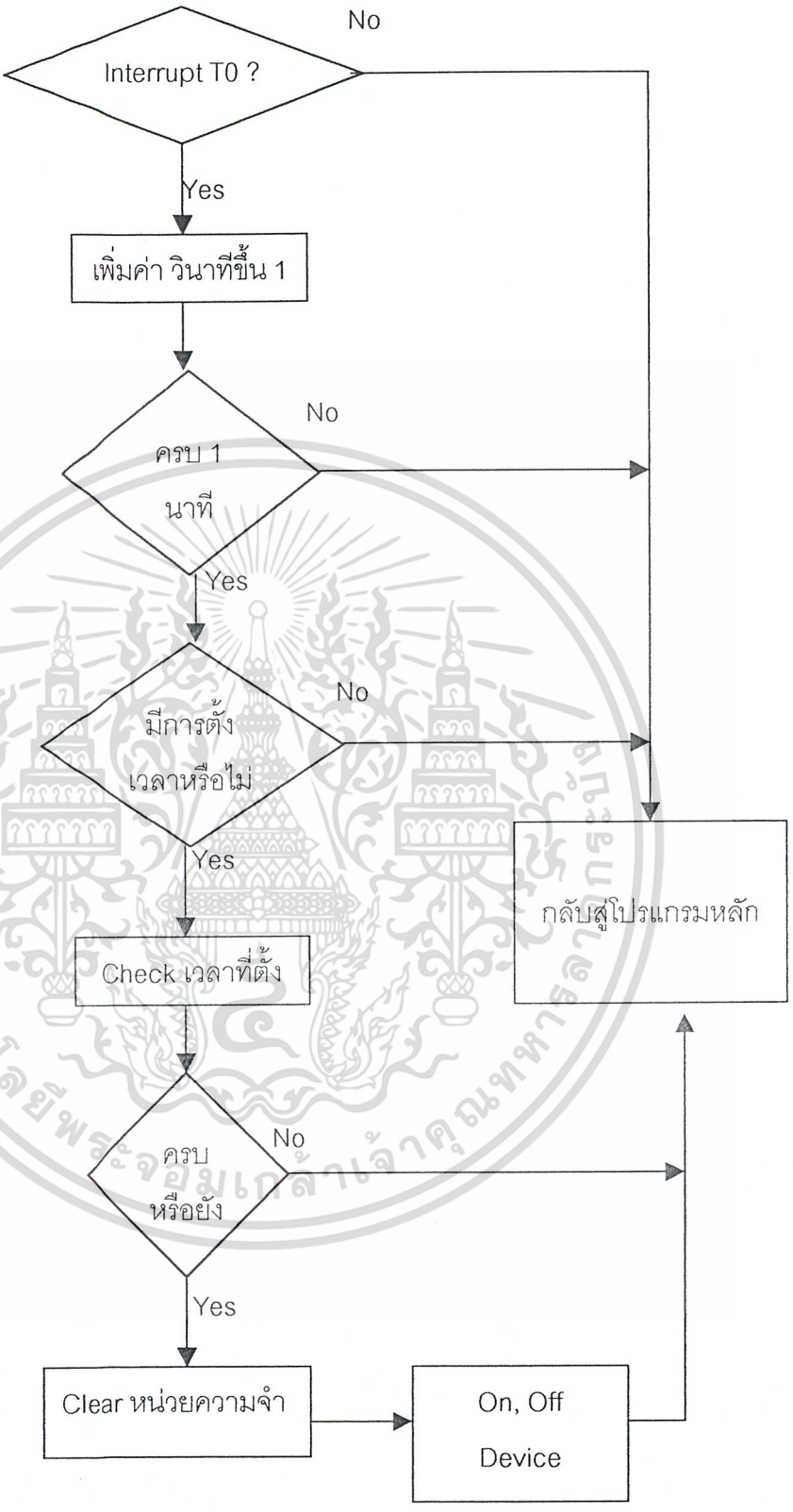


แผนผังการทำงานของฟังก์ชั่น Store Time

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

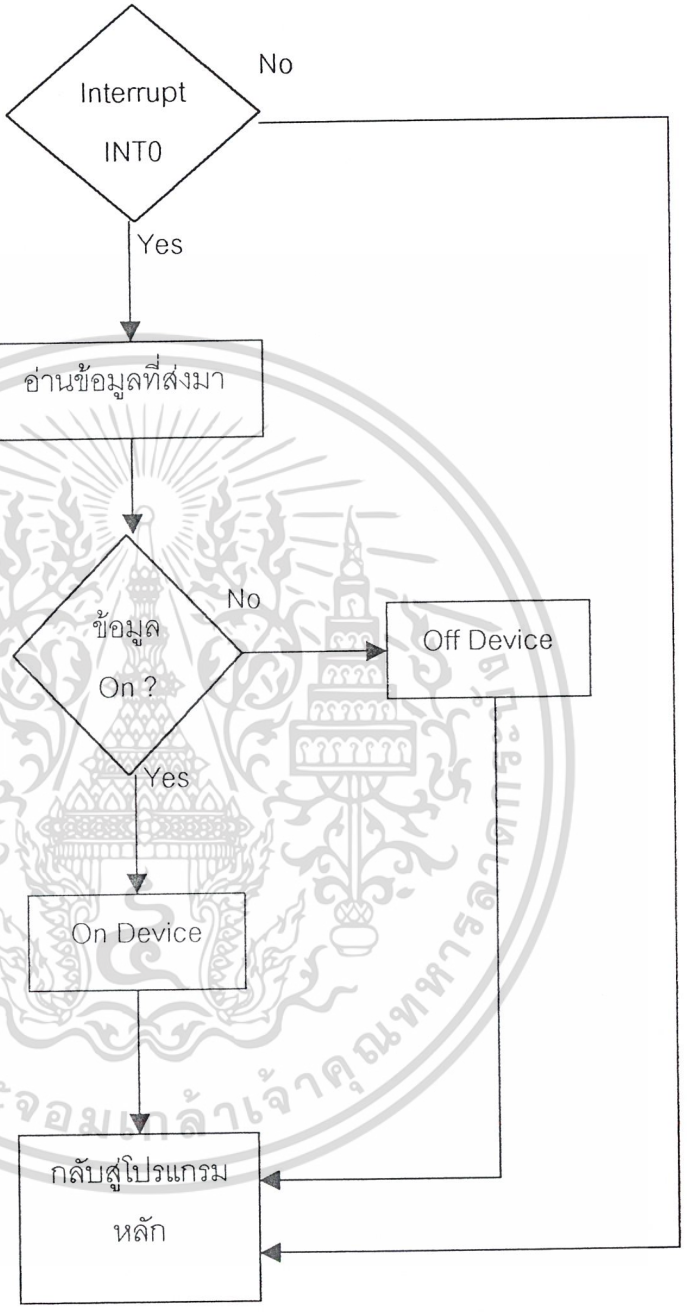
แผนผังการทำงานของโปรแกรมย่อย Clear (ยกเลิกการตั้งเวลา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนผังการทำงานของโปรแกรมย่อย อินเตอร์รัป Timer 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผนผังการทำงานของ โปรแกรมรับข้อมูล ที่ตัว Slave

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมการทำงาน MASTER

```
;********************** MASTER **********************

BEGIN       EQU     50H
ENDDO       EQU     51H
SHIFT       EQU     52H
CANSET      EQU     53H
ERR         EQU     54H
CLK         EQU     55H
SETT        EQU     56H
MIN         EQU     57H
MLS         EQU     58H
MSH         EQU     59H
ML          EQU     5FH
KEYDAT      EQU     5AH
KEYFLAG     EQU     5FH
SECOND      EQU     5BH
ST1         EQU     70H
ST2         EQU     71H
ST3         EQU     72H
ST4         EQU     73H
ST5         EQU     74H
ST_ALL      EQU     78H
STAT1       EQU     30H
STAT2       EQU     31H
STAT3       EQU     32H
STAT4       EQU     33H
STAT5       EQU     34H
STATA       EQU     35H
BEG1        EQU     60H
BEG2        EQU     61H
BEG3        EQU     62H
BEG4        EQU     63H
BEG5        EQU     64H
BEGALL      EQU     7AH
END1        EQU     65H
END2        EQU     66H
END3        EQU     67H
END4        EQU     68H
END5        EQU     69H
ENDALL      EQU     79H
BEGM1       EQU     40H
BEGM2       EQU     41H
BEGM3       EQU     42H
BEGM4       EQU     43H
BEGM5       EQU     44H
BEGMALL     EQU     4AH
ENDM1       EQU     45H
ENDM2       EQU     46H
ENDM3       EQU     47H
ENDM4       EQU     48H
ENDM5       EQU     49H
ENDMALL     EQU     4BH
OPEN        EQU     75H
CLOSE       EQU     76H
BYT2        EQU     81H
BYT3        EQU     82H
BYT4        EQU     83H
BYT5        EQU     84H
BYT6        EQU     85H
BYT9        EQU     0C0H
BYT10       EQU     0C1H
BYT13       EQU     0C4H
BYT14       EQU     0C5H
FNCSET      EQU     38H
LOOPW       EQU     77H
EN          EQU     P3.5
RS          EQU     P3.7
RW          EQU     P3.6
TE          EQU     P3.0
LED2        EQU     P1.7
LED3        EQU     P1.6
LED4        EQU     P1.5
LED5        EQU     P1.4

            ORG     0000H

            LJMP    MAIN

            ORG     000BH ; TIMER 0

            LJMP    CLOCK

            ORG     0030H

MAIN:       MOV     P1,#0FH
            SETB    TE
            CLR     P3.1
            MOV     BEGM1,#0
            MOV     BEGM2,#0
            MOV     BEGM3,#0
            MOV     BEGM4,#0
            MOV     BEGM5,#0
            MOV     ENDM1,#0
            MOV     ENDM2,#0
            MOV     ENDM3,#0
            MOV     ENDM4,#0
            MOV     ENDM5,#0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     SECOND,#0
        CLR     CLK
        CLR     SHIFT
        CLR     BEGIN
        CLR     ENDDO
        LCALL   INILCD
        LCALL   TITLE
TIMER:  MOV     TMOD,#06H
        SETB    IP.1
        SETB    IE.1
        SETB    IE.7
        MOV     TH0,#192
        MOV     TL0,#192
        SETB    TR0
        LJMP    PRESS

;********** INITIAL LCD **********

INILCD: LCALL   DEL_50mS
        CLR     RS
        CLR     RW
        MOV     P0,#FNCSET
        LCALL   LCD_EN
        LCALL   DEL_10mS
        MOV     P0,#FNCSET
        LCALL   LCD_EN
        LCALL   DEL_200uS
        MOV     A,#FNCSET
        LCALL   STROBE
        MOV     A,#08H
        LCALL   STROBE
        MOV     A,#0FH
        LCALL   STROBE
        MOV     A,#01H
        LCALL   STROBE
        MOV     A,#06H
        LCALL   STROBE
        RET

STROBE: LCALL   DEL_2mS
        CLR     RW
        MOV     P0,A
        LCALL   LCD_EN
        RET

LCD_EN: SETB    EN
        LCALL   DEL_2mS
        CLR     EN
        LCALL   DEL_2mS
        RET

WRWORD: MOV     R5,#0
WRITE:  MOV     A,R5
        MOVC    A,@A+DPTR
        LCALL   WRBYT
        JZ      DON
        INC     R5
        MOV     A,R5
        CJNE    A,LOOPW,WRITE
DON:    RET

WRMAND: CLR     RS
        LCALL   STROBE
        RET

WRBYT:  SETB    RS
        LCALL   STROBE
        RET

CLRDSP: MOV     A,#01H
        LCALL   WRMAND
        RET

;********** LCD DATA **********

INTRO:      DB  'WELCOME '
INTRO2:     DB  'TO KMITL'
INTRO3:     DB  'HOME POW'
INTRO4:     DB  'ER CONTR'
DOWNDAT:    DB  '<PRESS B'
DOWNDAT2:   DB  'UTTON..>'
ONDAT:      DB  'ON'
OFFDAT:     DB  'OFF'
OKDAT:      DB  'OK.'
ERRDAT:     DB  'ERR'
ALLDAT:     DB  'ALL'
CLRDAT:     DB  'CLR'
NONEDAT:    DB  ' None E'
NONEDAT2:   DB  'quipment'

;********** TITLE WORD LCD **********

TITLE:  MOV     DPTR,#INTRO
        MOV     LOOPW,#8
        LCALL   WRWORD
        MOV     A,#BYT9
        LCALL   WRMAND
        MOV     DPTR,#INTRO2
        LCALL   WRWORD
        LCALL   DEL_1S
        LCALL   CLRDSP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     DPTR,#INTRO3
                LCALL   WRWORD
                MOV     A,#BYT9
                LCALL   WRMAND
                MOV     DPTR,#INTRO4
                LCALL   WRWORD
                LCALL   DEL_1S
                RET

;********** READ KEYBORD **********

PRESS:          LCALL   CLRDSP
                MOV     DPTR,#DOWNDAT
                MOV     LOOPW,#8
                LCALL   WRWORD
                MOV     A,#BYT9
                LCALL   WRMAND
                MOV     DPTR,#DOWNDAT2
                LCALL   WRWORD

SCANKEY: MOV    DPTR,#ROUTINE
                LCALL   SCAN
                MOV     B,#3
                MUL     AB
                JMP     @A+DPTR

SCAN:           ACALL   KEYDOWN
                JZ      SCAN
                ACALL   GETKEY
                JBC     KEYFLAG,SCAN
                MOV     KEYDAT,R5

WAIT:           ACALL   KEYDOWN
                JNZ     WAIT
                ACALL   KEYDOWN
                JNZ     WAIT
                MOV     A,KEYDAT
                RET

KEYDOWN: MOV    A,P1
                ANL     A,#0FH
                ORL     A,#0F0H
                CPL     A
                RET

GETKEY:         CLR     KEYFLAG
                MOV     A,P1
                ANL     A,#0FH
KEY0:           MOV     R5,#0
                CJNE    A,#0DH,KEY1
                RET

KEY1:           INC     R5
                CJNE    A,#00H,KEY2
                RET

KEY2:           INC     R5
                CJNE    A,#01H,KEY3
                RET

KEY3:           INC     R5
                CJNE    A,#02H,KEY4
                RET

KEY4:           INC     R5
                CJNE    A,#04H,KEY5
                RET

KEY5:           INC     R5
                CJNE    A,#05H,KEY6
                RET

KEY6:           INC     R5
                CJNE    A,#06H,KEY7
                RET

KEY7:           INC     R5
                CJNE    A,#08H,KEY8
                RET

KEY8:           INC     R5
                CJNE    A,#09H,KEY9
                RET

KEY9:           INC     R5
                CJNE    A,#0AH,KEY10
                RET

KEY10:          INC     R5
                CJNE    A,#0CH,KEY11
                RET

KEY11:          INC     R5
                CJNE    A,#0EH,BADKEY
                RET

BADKEY:         SETB    KEYFLAG
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ROUTINE:    LJMP   SW0
            LJMP   SW1
            LJMP   SW2
            LJMP   SW3
            LJMP   SW4
            LJMP   SW5
            LJMP   SW6
            LJMP   SW7
            LJMP   SW8
            LJMP   SW9
            LJMP   SWSH
            LJMP   ENTER

;***************** PRESS BUTTON 0 *****************

SW0:        JB     SHIFT,ALL
            JB     BEGIN,KBT0
            JB     ENDDO,KBT0
            MOV    R3,#0F0H
            LCALL  CLRDSP
            LCALL  DSP0
            LJMP   SCANKEY

DSP0:       MOV    A,#'0'
            LCALL  WRBYT
            RET

KBT0:       LCALL  DSP0
            MOV    A,#0
            LCALL  KBTIM
            LJMP   SCANKEY

ALL:        LCALL  CLRDSP
            MOV    A,#'A'
            LCALL  WRBYT
            CLR    SHIFT
            MOV    R3,#0FAH
            LJMP   SCANKEY

;***************** PRESS BUTTON 1 *****************

SW1:        JB     SHIFT,KBON
            JB     BEGIN,KBT1
            JB     ENDDO,KBT1
            MOV    R3,#0F1H
            LCALL  CLRDSP
            LCALL  DSP1
            LJMP   SCANKEY

DSP1:       MOV    A,#'1'
            LCALL  WRBYT
            RET

KBT1:       LCALL  DSP1
            MOV    A,#1
            LCALL  KBTIM
            LJMP   SCANKEY

;***************** PRESS BUTTON ON *****************

KBON:       LCALL  UNSH
            MOV    DPTR,#ONDAT
            MOV    A,#BYT3
            LCALL  WRMAND
            MOV    LOOPW,#2
            LCALL  WRWORD
            CLR    SHIFT
            SETB   OPEN
            LCALL  ON
            SETB   CANSET
            LJMP   SCANKEY

;***************** PRESS BUTTON 2 *****************

SW2:        JB     SHIFT,KBOFF
            JB     BEGIN,KBT2
            JB     ENDDO,KBT2
            MOV    R3,#0F2H
            LCALL  CLRDSP
            LCALL  DSP2
            LJMP   SCANKEY

DSP2:       MOV    A,#'2'
            LCALL  WRBYT
            RET

KBT2:       LCALL  DSP2
            MOV    A,#2
            LCALL  KBTIM
            LJMP   SCANKEY

;***************** PRESS BUTTON OFF *****************

KBOFF:      LCALL  UNSH
            MOV    DPTR,#OFFDAT
            MOV    A,#BYT2
            LCALL  WRMAND
            MOV    LOOPW,#3
            LCALL  WRWORD
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CLR     SHIFT
                SETB    CLOSE
                LCALL   OFF
                SETB    CANSET
                LJMP    SCANKEY

;****************** PRESS BUTTON 3 ********************

SW3:            JB      BEGIN,KBT3
                JB      ENDDO,KBT3
                MOV     R3,#0F3H
                LCALL   CLRDSP
                LCALL   DSP3
                LJMP    SCANKEY

DSP3:           MOV     A,#'3'
                LCALL   WRBYT
                RET

KBT3:           LCALL   DSP3
                MOV     A,#3
                LCALL   KBTIM
                LJMP    SCANKEY

;****************** PRESS BUTTON 4 ********************

SW4:            JB      SHIFT,KBBEG
                JB      BEGIN,KBT4
                JB      ENDDO,KBT4
                MOV     R3,#0F4H
                LCALL   CLRDSP
                LCALL   DSP4
                LJMP    SCANKEY

DSP4:           MOV     A,#'4'
                LCALL   WRBYT
                RET

KBT4:           LCALL   DSP4
                MOV     A,#4
                LCALL   KBTIM
                LJMP    SCANKEY

;****************** PRESS BUTTON BEGIN ****************

KBBEG:          JNB     CANSET,KBERR2
                SETB    BEGIN
                MOV     A,R3
                MOV     R7,A
                MOV     R1,#03H
                CLR     CLOSE
                CLR     OPEN
                LCALL   FTEMP
DSP_B:          LCALL   UNSH
                MOV     A,#BYT5
                LCALL   WRMAND
                MOV     A,#'B'
                LCALL   WRBYT
                LJMP    SCANKEY

;****************** PRESS BUTTON 5 ********************

SW5:            JB      SHIFT,KBEND
                JB      BEGIN,KBT5
                JB      ENDDO,KBT5
                MOV     R3,#0F5H
                LCALL   CLRDSP
                LCALL   DSP5
                LJMP    SCANKEY

DSP5:           MOV     A,#'5'
                LCALL   WRBYT
                RET

KBT5:           LCALL   DSP5
                MOV     A,#5
                LCALL   KBTIM
                LJMP    SCANKEY

KBERR2:         LJMP    NOTSHF

;****************** PRESS BUTTON END ****************

KBEND:          JNB     CANSET,KBERR2
                SETB    ENDDO
                MOV     R1,#3H
                CLR     CANSET
                MOV     A,R3
                MOV     R7,A
                MOV     R1,#03H
                CLR     CLOSE
                CLR     OPEN
                LCALL   FTEMP
DSP_E:          LCALL   UNSH
                MOV     A,#BYT9
                LCALL   WRMAND
                MOV     A,#'E'
                LCALL   WRBYT
                LJMP    SCANKEY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;***************** PRESS BUTTON 6 ******************

SW6:    JB      SHIFT,KBCLR
        JB      BEGIN,KBT6
        JB      ENDDO,KBT6
        MOV     R3,#0F6H
        LCALL   CLRDSP
        LCALL   DSP6
        LJMP    SCANKEY

DSP6:   MOV     A,#'6'
        LCALL   WRBYT
        RET

KBT6:   LCALL   DSP6
        MOV     A,#6
        LCALL   KBTIM
        LJMP    SCANKEY

;************** PRESS BUTTON CLEAR *****************

KBCLR:  LCALL   UNSH
        MOV     DPTR,#CLRDAT
        MOV     LOOPW,#3
        MOV     A,#BYT5
        LCALL   WRMAND
        LCALL   WRWORD
        CLR     SHIFT
        CLR     CANSET
        LCALL   CLEAR
        LJMP    SCANKEY

;****************** PRESS BUTTON 7 *******************

SW7:    JB      BEGIN,KBT7
        JB      ENDDO,KBT7
        MOV     R3,#0F7H
        LCALL   CLRDSP
        LCALL   DSP7
        LJMP    SCANKEY

DSP7:   MOV     A,#'7'
        LCALL   WRBYT
        RET

KBT7:   LCALL   DSP7
        MOV     A,#7
        LCALL   KBTIM
        LJMP    SCANKEY
```

```
;****************** PRESS BUTTON 8 *******************

SW8:    JB      BEGIN,KBT8
        JB      ENDDO,KBT8
        MOV     R3,#0F8H
        LCALL   CLRDSP
        LCALL   DSP8
        LJMP    SCANKEY

DSP8:   MOV     A,#'8'
        LCALL   WRBYT
        RET

KBT8:   LCALL   DSP8
        MOV     A,#8
        LCALL   KBTIM
        LJMP    SCANKEY

;****************** PRESS BUTTON 9 *******************

SW9:    JB      BEGIN,KBT9
        JB      ENDDO,KBT9
        MOV     R3,#0F9H
        LCALL   CLRDSP
        LCALL   DSP9
        LJMP    SCANKEY

DSP9:   MOV     A,#'9'
        LCALL   WRBYT
        RET

KBT9:   LCALL   DSP9
        MOV     A,#9
        LCALL   KBTIM
        LJMP    SCANKEY

;****************** PRESS BUTTON SHIFT ******************

SWSH:   JB      SHIFT,NOTSHF
        SETB    SHIFT
        CLR     SETT
        MOV     A,#BYT14
        LCALL   WRMAND
        MOV     A,#'s'
        LCALL   WRBYT
        LJMP    SCANKEY

NOTSHF: LCALL   UNSH
        LJMP    SCANKEY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
UNSH:       CLR     SHIFT
            MOV     A,#BYT14
            LCALL   WRMAND
            MOV     A,#' '
            LCALL   WRBYT
            LCALL   WRBYT
            LCALL   WRBYT
            RET

;****************** PRESS BUTTON ENTER ******************

ENTER:      MOV     A,#BYT14
            LCALL   WRMAND
            MOV     DPTR,#OKDAT
            LCALL   WRWORD
            CLR     CANSET

ENT_ON1:    CJNE    R3,#0F1H,ENT_ON2
            JB      BEGIN,ENT_CLR1
            JB      ENDDO,ENT_CLR1
            JNB     OPEN,ENT_OFF1
            JNB     ST1,ENT_OFF1
            SETB    P3.1
ENT_CLR1:   LJMP    ENT_CLR

ENT_OFF1:   JNB     CLOSE,ENT_CLR1
            CLR     P3.1
            CLR     ST1
            LJMP    ENT_CLR

ENT_ON2:    CJNE    R3,#0F2H,ENT_ON3
            JB      BEGIN,ENT_CLR1
            JB      ENDDO,ENT_CLR1
            JNB     OPEN,ENT_OFF2
            JNB     ST2,ENT_OFF2
            SETB    LED2
            MOV     P2,#0F2H
            LJMP    SEND

ENT_OFF2:   JNB     CLOSE,ENT_CLR1
            CLR     LED2
            MOV     P2,#02H
            LJMP    SEND

ENT_ON3:    CJNE    R3,#0F3H,ENT_ON4
            JB      BEGIN,ENT_CLR1
            JB      ENDDO,ENT_CLR1
            JNB     OPEN,ENT_OFF3
            JNB     ST3,ENT_OFF3
            SETB    LED3
            MOV     P2,#0F3H
            LJMP    SEND

ENT_OFF3:   JNB     CLOSE,ENT_CLR1
            CLR     LED3
            MOV     P2,#03H
            LJMP    SEND

ENT_ON4:    CJNE    R3,#0F4H,ENT_ON5
            JB      BEGIN,ENT_CLR1
            JB      ENDDO,ENT_CLR1
            JNB     OPEN,ENT_OFF4
            JNB     ST4,ENT_OFF4
            SETB    LED4
            MOV     P2,#0F4H
            LJMP    SEND

ENT_OFF4:   JNB     CLOSE,ENT_CLR2
            CLR     LED4
            MOV     P2,#04H
            LJMP    SEND

ENT_ON5:    CJNE    R3,#0F5H,ENT_ONALL
            JB      BEGIN,ENT_CLR2
            JB      ENDDO,ENT_CLR2
            JNB     OPEN,ENT_OFF5
            JNB     ST5,ENT_OFF5
            SETB    LED5
            MOV     P2,#0F5H
            LJMP    SEND

ENT_OFF5:   JNB     CLOSE,ENT_CLR2
            CLR     LED5
            MOV     P2,#05H
            LJMP    SEND

ENT_ONALL:  CJNE    R3,#0FAH,ENT_CLR2
            JB      BEGIN,ENT_CLR2
            JB      ENDDO,ENT_CLR2
            JNB     OPEN,ENT_OFFALL
            JNB     ST_ALL,ENT_OFFALL
            SETB    ST1
            SETB    P3.1
            MOV     P2,#0F2H
            CLR     TE
            LCALL   DEL_1S
            LCALL   DEL_1S
            SETB    LED2
            SETB    ST2
            MOV     P2,#0F3H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CLR     TE
                LCALL   DEL_1S
                LCALL   DEL_1S
                SETB    LED3
                SETB    ST3
                MOV     P2,#0F4H
                CLR     TE
                LCALL   DEL_1S
                LCALL   DEL_1S
                SETB    LED4
                SETB    ST4
                MOV     P2,#0F5H
                CLR     TE
                LCALL   DEL_1S
                LCALL   DEL_1S
                SETB    LED5
                SETB    ST5
                SETB    TE
ENT_CLR2: LJMP  ENT_CLR

ENT_OFFALL:     JNB     CLOSE,ENT_CLR2
                CLR     ST1
                CLR     P3.1
                MOV     P2,#02H
                CLR     TE
                LCALL   DEL_1S
                LCALL   DEL_1S
                CLR     LED2
                CLR     ST2
                MOV     P2,#03H
                CLR     TE
                LCALL   DEL_1S
                LCALL   DEL_1S
                CLR     LED3
                CLR     ST3
                MOV     P2,#04H
                CLR     TE
                LCALL   DEL_1S
                LCALL   DEL_1S
                CLR     LED4
                CLR     ST4
                MOV     P2,#05H
                CLR     TE
                LCALL   DEL_1S
                LCALL   DEL_1S
                CLR     LED5
                CLR     ST5
                SETB    TE
                LJMP    ENT_CLR

SEND:           CLR     TE
                LCALL   DEL_1S
                LCALL   DEL_1S
                SETB    TE
ENT_CLR:  CLR   BEGIN
                CLR     ENDDO
                CLR     CLOSE
                CLR     OPEN
                CLR     CANSET
                CLR     SHIFT
                LCALL   DEL_1S
                LJMP    PRESS

;********** SET ADRESS TIME ON,OFF **********

FTEMP:          CJNE    R7,#0F1H,TEMP2
                JB      ENDDO,TEMP1_E
                CPL     ST1
                MOV     C,ST1
                MOV     STAT1,C
                MOV     R0,#40H
                SETB    BEG1
                LJMP    RETCLR
TEMP1_E:        MOV     R0,#45H
                SETB    END1
                LJMP    RETCLR

TEMP2:          CJNE    R7,#0F2H,TEMP3
                JB      ENDDO,TEMP2_E
                CPL     ST2
                MOV     C,ST2
                MOV     STAT2,C
                MOV     R0,#41H
                SETB    BEG2
                LJMP    RETCLR
TEMP2_E:        MOV     R0,#46H
                SETB    END2
                LJMP    RETCLR

TEMP3:          CJNE    R7,#0F3H,TEMP4
                JB      ENDDO,TEMP3_E
                CPL     ST3
                MOV     C,ST3
                MOV     STAT3,C
                MOV     R0,#42H
                SETB    BEG3
                SJMP    RETCLR
TEMP3_E:        MOV     R0,#47H
                SETB    END3
                SJMP    RETCLR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
TEMP4:      CJNE    R7,#0F4H,TEMP5
            JB      ENDDO,TEMP4_E
            CPL     ST4
            MOV     C,ST4
            MOV     STAT4,C
            MOV     R0,#43H
            SETB    BEG4
            SJMP    RETCLR
TEMP4_E:    MOV     R0,#48H
            SETB    END4
            SJMP    RETCLR

TEMP5:      CJNE    R7,#0F5H,TEMPALL
            JB      ENDDO,TEMP5_E
            CPL     ST5
            MOV     C,ST5
            MOV     STAT5,C
            MOV     R0,#44H
            SETB    BEG5
            SJMP    RETCLR
TEMP5_E:    MOV     R0,#49H
            SETB    END5
            SJMP    RETCLR

TEMPALL:    CJNE    R7,#0FAH,ERROR2
            JB      ENDDO,TEMPALL_E
            CPL     ST_ALL
            MOV     C,ST_ALL
            MOV     STATA,C
            MOV     R0,#4AH
            SETB    BEGALL
            SJMP    RETCLR
TEMPALL_E:  MOV     R0,#4BH
            SETB    ENDALL
            SJMP    RETCLR

ERROR2:     CLR     BEGIN
            CLR     ENDDO
            RET
RETCLR:     MOV     @R0,#0
            RET

;********** STORE TIME **********

KBTIM:      CJNE    R1,#03H,KBTIM2
            MOV     B,#64H
CALSTR:     CLR     ERR
            LCALL   STORE
            JB      ERR,KBERR
            RET

KBERR:      MOV     A,#BYT14
            LCALL   WRMAND
            MOV     DPTR,#ERRDAT
            MOV     LOOPW,#3
            LCALL   WRWORD
            JB      ENDDO,ERR_E
            MOV     A,#BYT6
            LJMP    WRMAND

ERR_E:      MOV     A,#BYT10
            LJMP    WRMAND

KBTIM2:     CJNE    R1,#02H,KBTIM3
            MOV     B,#0AH
            SJMP    CALSTR

KBTIM3:     MOV     B,#01H
            SJMP    CALSTR

STORE:      ANL     A,#0FH
            MOV     R6,A
            ADD     A,#0F6H
            JC      COUNT
            MOV     A,R6
            CLR     OV
            MUL     AB
            JB      OV,ERROR
            CLR     CY
            ADD     A,@R0
            JB      CY,ERROR
            MOV     @R0,A
COUNT:      DEC     R1
            MOV     A,R1
            JZ      OK
            RET

OK:         MOV     A,R7
            MOV     R3,A
            MOV     R1,#03H
            RET

ERROR:      SETB    ERR
            MOV     R1,#03H
            MOV     @R0,#0
            RET

;********** CLEAR TIME ON & OFF **********

CLEAR:      CJNE    R3,#0F1H,CLR2
            CLR     BEG1
            CLR     END1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     BEGM1,#00H
        MOV     BEGM1,#00H
        RET

CLR2:   CJNE    R3,#0F2H,CLR3
        CLR     BEG2
        CLR     END2
        MOV     BEGM2,#00H
        MOV     ENDM2,#00H
        RET

CLR3:   CJNE    R3,#0F3H,CLR4
        CLR     BEG3
        CLR     END3
        MOV     BEGM3,#00H
        MOV     ENDM3,#00H
        RET

CLR4:   CJNE    R3,#0F4H,CLR5
        CLR     BEG4
        CLR     END4
        MOV     BEGM4,#00H
        MOV     ENDM4,#00H
        RET

CLR5:   CJNE    R3,#0F5H,CLR_ALL
        CLR     BEG5
        CLR     END5
        MOV     BEGM5,#00H
        MOV     ENDM5,#00H
        RET

CLR_ALL: CJNE   R3,#0FAH,BCK
        CLR     BEGALL
        CLR     ENDALL
        MOV     BEGMALL,#00H
        MOV     ENDMALL,#00H
        CLR     BEG1
        CLR     END1
        MOV     BEGM1,#00H
        MOV     BEGM1,#00H
        CLR     BEG2
        CLR     END2
        MOV     BEGM2,#00H
        MOV     ENDM2,#00H
        CLR     BEG3
        CLR     END3
        MOV     BEGM3,#00H
        MOV     ENDM3,#00H
        CLR     BEG4
        CLR     END4
        MOV     BEGM4,#00H
        MOV     ENDM4,#00H
        CLR     BEG5
        CLR     END5
        MOV     BEGM5,#00H
        MOV     ENDM5,#00H
BCK:    RET

;****************** Timer 0 interupt routine ******************

CLOCK:  PUSH    PSW
        PUSH    ACC
        PUSH    B
        MOV     A,SECOND
        INC     A
        MOV     SECOND,A
        CJNE    A,#60,FINI
        MOV     SECOND,#0
        LCALL   CHKTM

FINI:   POP     B
        POP     ACC
        POP     PSW
        RETI

;****************** CHECK TIME ON & OFF ******************

CHKTM:  JNB     BEG1,CKEND1
        MOV     A,BEGM1
        JZ      CKEND1
        DJNZ    BEGM1,CKBEG2
        CLR     BEG1
        JB      STAT1,TIME_OFF1
        SJMP    TIME_ON1

CKEND1: JNB     END1,CKBEG2
        MOV     A,ENDM1
        JZ      CKBEG2
        DJNZ    ENDM1,CKBEG2
        CLR     END1
        JNB     STAT1,TIME_OFF1
TIME_ON1: SETB  P3.1
        SETB    ST1
        SJMP    CKBEG2
TIME_OFF1: CLR  P3.1
        CLR     ST1

CKBEG2: JNB     BEG2,CKEND2
        MOV     A,BEGM2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JZ      CKEND2
                DJNZ    BEGM2,CKBEG3
                CLR     BEG2
                JB      STAT2,TIME_OFF2
                SJMP    TIME_ON2

CKEND2:         JNB     END2,CKBEG3
                MOV     A,ENDM2
                JZ      CKBEG3
                DJNZ    ENDM2,CKBEG3
                CLR     END2
                JNB     STAT2,TIME_OFF2
TIME_ON2:       SETB    LED2
                SETB    ST2
                MOV     P2,#0F2H
                LCALL   SEND_DAT
                SJMP    CKBEG3
TIME_OFF2:      CLR     LED2
                CLR     ST2
                MOV     P2,#02H
                LCALL   SEND_DAT

CKBEG3:         JNB     BEG3,CKEND3
                MOV     A,BEGM3
                JZ      CKEND3
                DJNZ    BEGM3,CKBEG4
                CLR     BEG3
                JB      STAT3,TIME_OFF3
                SJMP    TIME_ON3

CKEND3:         JNB     END3,CKBEG4
                MOV     A,ENDM3
                JZ      CKBEG4
                DJNZ    ENDM3,CKBEG4
                CLR     END3
                JNB     STAT3,TIME_OFF3
TIME_ON3:       SETB    LED3
                SETB    ST3
                MOV     P2,#0F3H
                LCALL   SEND_DAT
                SJMP    CKBEG4
TIME_OFF3:      CLR     LED3
                CLR     ST3
                MOV     P2,#03H
                LCALL   SEND_DAT

CKBEG4:         JNB     BEG4,CKEND4
                MOV     A,BEGM4
                JZ      CKEND4
                DJNZ    BEGM4,CKBEG5
                CLR     BEG4
                JB      STAT4,TIME_OFF4
                SJMP    TIME_ON4

CKEND4:         JNB     END4,CKBEG5
                MOV     A,ENDM4
                JZ      CKBEG5
                DJNZ    ENDM4,CKBEG5
                CLR     END4
                JNB     STAT4,TIME_OFF4
TIME_ON4:       SETB    LED4
                SETB    ST4
                MOV     P2,#0F4H
                LCALL   SEND_DAT
                SJMP    CKBEG5
TIME_OFF4:      CLR     LED4
                CLR     ST4
                MOV     P2,#04H
                LCALL   SEND_DAT

CKBEG5:         JNB     BEG5,CKEND5
                MOV     A,BEGM5
                JZ      CKEND5
                DJNZ    BEGM5,CKBALL
                CLR     BEG5
                JB      STAT5,TIME_OFF5
                SJMP    TIME_ON5

CKEND5:         JNB     END5,CKBALL
                MOV     A,ENDM5
                JZ      CKBALL
                DJNZ    ENDM4,CKBALL
                CLR     END5
                JNB     STAT5,TIME_OFF5
TIME_ON5:       SETB    LED5
                SETB    ST5
                MOV     P2,#0F5H
                LCALL   SEND_DAT
                SJMP    CKBALL
TIME_OFF5:      CLR     LED5
                CLR     ST5
                MOV     P2,#05H
                LCALL   SEND_DAT

CKBALL:         JNB     BEGALL,CKEALL
                MOV     A,BEGMALL
                JZ      CKEALL
                DJNZ    BEGMALL,FIN1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CLR     BEGALL
                JB      STATA,TIME_OFFALL
                SJMP    TIME_ONALL
FIN1:           RET
CKEALL:         JNB     ENDALL,FIN1
                MOV     A,ENDMALL
                JZ      FIN1
                DJNZ    ENDMALL,FIN1
                CLR     ENDALL
                JNB     STATA,TIME_OFFALL

TIME_ONALL:     SETB    ST_ALL
                SETB    ST1
                SETB    P3.1
                MOV     P2,#0F2H
                CLR     TE
                LCALL   SEND_DAT
                SETB    LED2
                SETB    ST2
                MOV     P2,#0F3H
                CLR     TE
                LCALL   SEND_DAT
                SETB    ST3
                SETB    LED3
                MOV     P2,#0F4H
                CLR     TE
                LCALL   SEND_DAT
                SETB    LED4
                SETB    ST4
                MOV     P2,#0F5H
                CLR     TE
                LCALL   SEND_DAT
                SETB    ST5
                SETB    LED5
                SETB    TE
                RET

TIME_OFFALL:    CLR     ST_ALL
                CLR     ST1
                CLR     P3.1
                MOV     P2,#02H
                CLR     TE
                LCALL   SEND_DAT
                CLR     LED2
                CLR     ST2
                MOV     P2,#03H
                CLR     TE
                LCALL   SEND_DAT
                CLR     LED3
                CLR     ST3
                MOV     P2,#04H
                CLR     TE
                LCALL   SEND_DAT
                CLR     LED4
                CLR     ST4
                MOV     P2,#05H
                CLR     TE
                LCALL   SEND_DAT
                CLR     LED5
                CLR     ST5
                SETB    TE
                RET

SEND_DAT:CLR    TE
                LCALL   DEL_1S
                LCALL   DEL_1S
                SETB    TE
FIN:            RET
;*********************** ON ************************
ON:             CJNE    R3,#0F1H,ON_2
                SETB    ST1
                RET
ON_2:           CJNE    R3,#0F2H,ON_3
                SETB    ST2
                RET
ON_3:           CJNE    R3,#0F3H,ON_4
                SETB    ST3
                RET
ON_4:           CJNE    R3,#0F4H,ON_5
                SETB    ST4
                RET
ON_5:           CJNE    R3,#0F5H,ON_ALL
                SETB    ST5
                RET
ON_ALL:         CJNE    R3,#0FAH,NON_EQUIP
                SETB    ST_ALL
                RET
;*********************** OFF ************************
OFF:            CJNE    R3,#0F1H,OFF_2
                CLR     ST1
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                                                    DJNZ    MLS,DELAY_2mS1
OFF_2:      CJNE    R3,#0F2H,OFF_3                  RET
            CLR     ST2
            RET                             DEL_10mS: MOV   MLS,#10
                                            DELAY_10mS1:    MOV     MSH,#0FAH
OFF_3:      CJNE    R3,#0F3H,OFF_4          DELAY_10mS2:    NOP
            CLR     ST3                                     NOP
            RET                                             DJNZ    MSH,DELAY_10mS2
                                                            DJNZ    MLS,DELAY_10mS1
OFF_4:      CJNE    R3,#0F4H,OFF_5                          RET
            CLR     ST4
            RET                             DEL_20mS: MOV   MLS,#20
                                            DELAY_20mS1:    MOV     MSH,#0FAH
OFF_5:      CJNE    R3,#0F5H,OFF_ALL        DELAY_20mS2:    NOP
            CLR     ST5                                     NOP
            RET                                             DJNZ    MSH,DELAY_20mS2
                                                            DJNZ    MLS,DELAY_20mS1
OFF_ALL:    CJNE    R3,#0FAH,NON_EQUIP                      RET
            CLR     ST_ALL
            RET                             DEL_50mS: MOV   MLS,#50
                                            DELAY_50mS1:    MOV     MSH,#0FAH
NON_EQUIP:  MOV     A,#BYT2                 DELAY_50mS2:    NOP
            LCALL   WRMAND                                  NOP
            MOV     DPTR,#NONEDAT                           DJNZ    MSH,DELAY_50mS2
            MOV     LOOPW,#7                                DJNZ    MLS,DELAY_50mS1
            LCALL   WRWORD                                  RET
            MOV     A,#BYT9
            LCALL   WRMAND                  DEL_100mS:      MOV     MLS,#100
            MOV     DPTR,#NONEDAT2          DELAY_100mS1:   MOV     MSH,#0FAH
            MOV     LOOPW,#8                DELAY_100mS2:   NOP
            LCALL   WRWORD                                  NOP
            CLR     BEGIN                                   DJNZ    MSH,DELAY_100mS2
            CLR     ENDDO                                   DJNZ    MLS,DELAY_100mS1
            CLR     CLOSE                                   RET
            CLR     OPEN
            CLR     CANSET                  DEL_1S:   MOV   ML,#10
            CLR     SHIFT                   LOOP:           ACALL   DEL_100mS
            LJMP    SCANKEY                                 DJNZ    ML,LOOP
                                                            RET
;********** DELAY **********                                END

DEL_200uS:  MOV     MLS,#62H
LOOP_1:     DJNZ    MLS,LOOP_1
            RET

DEL_2mS:  MOV       MLS,#2
DELAY_2mS1:         MOV     MSH,#0FAH
DELAY_2mS2:         NOP
                    NOP
                    DJNZ    MSH,DELAY_2mS2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมการทำงานของ Slave

```
********** SLAVE **********
BEGIN   EQU   50H
ENDDO   EQU   51H
SHIFT   EQU   52H
CANSET  EQU   53H
ERR     EQU   54H
CLK     EQU   55H
SETT    EQU   56H
MIN     EQU   57H
MLS     EQU   58H
MSH     EQU   59H
ML      EQU   5FH
KEYDAT  EQU   5AH
KEYFLAG EQU   5FH
SECOND  EQU   5BH
ST1     EQU   70H
STAT1   EQU   71H
BEG1    EQU   60H
END1    EQU   65H

BEGM1   EQU   40H
ENDM1   EQU   45H
OPEN    EQU   75H
CLOSE   EQU   81H
BYT3    EQU   82H
BYT4    EQU   83H
BYT5    EQU   84H
BYT6    EQU   85H
BYT9    EQU   0C0H
BYT10   EQU   0C1H
BYT13   EQU   0C4H
BYT14   EQU   0C5H
FNCSET  EQU   38H
LOOPW   EQU   77H
EN      EQU   P3.5
RS      EQU   P3.7
RW      EQU   P3.6

        ORG   0000H

        LJMP  MAIN

        ORG   0003H ; INT0

        LJMP  RECIVE

        ORG   000BH ; TIMER 0

        LJMP  CLOCK

        ORG   0030H

MAIN:   MOV   P1,#0FFH
        MOV   P2,#00H
        CLR   P2.0
        SETB  P3.0
        MOV   BEGM1,#0
        MOV   ENDM1,#0
        MOV   SECOND,#0
        CLR   CLK
        CLR   SHIFT
        CLR   BEGIN
        CLR   ENDDO
        LCALL INILCD
        LCALL TITLE

TIMER:  MOV   TMOD,#06H
        SETB  IP.1
        SETB  IP.0
        SETB  IE.1
        SETB  EA
        MOV   TH0,#192
        MOV   TL0,#192
        SETB  TR0
        SETB  EX0
        SETB  IT0
        LJMP  PRESS

;********** INITIAL LCD **********
INILCD: LCALL DEL_50mS
        CLR   RS
        CLR   RW
        MOV   P0,#FNCSET
        LCALL LCD_EN
        LCALL DEL_10mS
        MOV   P0,#FNCSET
        LCALL LCD_EN
        LCALL DEL_200uS
        MOV   A,#FNCSET
        LCALL STROBE
        MOV   A,#08H
        LCALL STROBE
        MOV   A,#0FH
        LCALL STROBE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     A,#01H
                LCALL   STROBE
                MOV     A,#06H
                LCALL   STROBE
                RET

STROBE:         LCALL   DEL_2mS
                CLR     RW
                MOV     P0,A
                LCALL   LCD_EN
                RET

LCD_EN:         SETB    EN
                LCALL   DEL_2mS
                CLR     EN
                LCALL   DEL_2mS
                RET

WRWORD: MOV     R5,#0
WRITE:          MOV     A,R5
                MOVC    A,@A+DPTR
                LCALL   WRBYT
                JZ      DON
                INC     R5
                MOV     A,R5
                CJNE    A,LOOPW,WRITE
DON:            RET

WRMAND: CLR     RS
                LCALL   STROBE
                RET

WRBYT:  SETB    RS
                LCALL   STROBE
                RET

CLRDSP: MOV     A,#01H
                LCALL   WRMAND
                RET

;********************** LCD DATA ************************

INTRO:          DB      'WELCOME '
INTRO2:         DB      'TO KMITL'
INTRO3:         DB      'HOME POW'
INTRO4:         DB      'ER CONTR'
DOWNDAT: DB     '<PRESS B'
DOWNDAT2:       DB      'UTTON..>'
ONDAT:          DB      'ON'
OFFDAT:         DB      'OFF'

OKDAT:          DB      'OK.'
ERRDAT:         DB      'ERR'
CLRDAT:         DB      'CLR'
NONEDAT: DB     ' None E'
NONEDAT2:       DB      'quipment'

********************** TITLE WORD LCD ******************

TITLE:          MOV     DPTR,#INTRO
                MOV     LOOPW,#8
                LCALL   WRWORD
                MOV     A,#BYT9
                LCALL   WRMAND
                MOV     DPTR,#INTRO2
                LCALL   WRWORD
                LCALL   DEL_1S
                LCALL   CLRDSP
                MOV     DPTR,#INTRO3
                LCALL   WRWORD
                MOV     A,#BYT9
                LCALL   WRMAND
                MOV     DPTR,#INTRO4
                LCALL   WRWORD
                LCALL   DEL_1S
                RET

********************** READ KEYBORD ********************

PRESS:          LCALL   CLRDSP
                MOV     DPTR,#DOWNDAT
                MOV     LOOPW,#8
                LCALL   WRWORD
                MOV     A,#BYT9
                LCALL   WRMAND
                MOV     DPTR,#DOWNDAT2
                LCALL   WRWORD

SCANKEY: MOV    DPTR,#ROUTINE
                LCALL   SCAN
                MOV     B,#3
                MUL     AB
                JMP     @A+DPTR

SCAN:           ACALL   KEYDOWN
                JZ      SCAN
                ACALL   GETKEY
                JBC     KEYFLAG,SCAN
                MOV     KEYDAT,R5

WAIT:           ACALL   KEYDOWN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        JNZ     WAIT
        ACALL   KEYDOWN
        JNZ     WAIT
        MOV     A,KEYDAT
        RET

KEYDOWN: MOV    A,P1
        ANL     A,#0FH
        ORL     A,#0F0H
        CPL     A
        RET

GETKEY: CLR     KEYFLAG
        MOV     A,P1
        ANL     A,#0FH

KEY0:   MOV     R5,#0
        CJNE    A,#0DH,KEY1
        RET

KEY1:   INC     R5
        CJNE    A,#00H,KEY2
        RET

KEY2:   INC     R5
        CJNE    A,#01H,KEY3
        RET

KEY3:   INC     R5
        CJNE    A,#02H,KEY4
        RET

KEY4:   INC     R5
        CJNE    A,#04H,KEY5
        RET

KEY5:   INC     R5
        CJNE    A,#05H,KEY6
        RET

KEY6:   INC     R5
        CJNE    A,#06H,KEY7
        RET

KEY7:   INC     R5
        CJNE    A,#08H,KEY8
        RET

KEY8:   INC     R5
        CJNE    A,#09H,KEY9
        RET

KEY9:   INC     R5
        CJNE    A,#0AH,KEY10
        RET

KEY10:  INC     R5
        CJNE    A,#0CH,KEY11
        RET

KEY11:  INC     R5
        CJNE    A,#0EH,BADKEY
        RET

BADKEY: SETB    KEYFLAG
        RET

ROUTINE: LJMP   SW0
        LJMP    SW1
        LJMP    SW2
        LJMP    SW3
        LJMP    SW4
        LJMP    SW5
        LJMP    SW6
        LJMP    SW7
        LJMP    SW8
        LJMP    SW9
        LJMP    SWSH
        LJMP    ENTER

;***************** PRESS BUTTON 0 *****************

SW0:    JB      BEGIN,KBT0
        JB      ENDDO,KBT0
        MOV     R3,#0F0H
        LCALL   CLRDSP
        LCALL   DSP0
        LJMP    SCANKEY

DSP0:   MOV     A,#'0'
        LCALL   WRBYT
        RET

KBT0:   LCALL   DSP0
        MOV     A,#0
        LCALL   KBTIM
        LJMP    SCANKEY

;***************** PRESS BUTTON 1 *****************

SW1:    JB      SHIFT,KBON
        JB      BEGIN,KBT1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        JB      ENDDO,KBT1
        MOV     R3,#0F1H
        LCALL   CLRDSP
        LCALL   DSP1
        LJMP    SCANKEY

DSP1:   MOV     A,#'1'
        LCALL   WRBYT
        RET

KBT1:   LCALL   DSP1
        MOV     A,#1
        LCALL   KBTIM
        LJMP    SCANKEY

;***************** PRESS BUTTON ON *****************

KBON:   LCALL   UNSH
        MOV     DPTR,#ONDAT
        MOV     A,#BYT3
        LCALL   WRMAND
        MOV     LOOPW,#2
        LCALL   WRWORD
        CLR     SHIFT
        SETB    OPEN
        LCALL   ON
        SETB    CANSET
        LJMP    SCANKEY

;***************** PRESS BUTTON 2 *****************

SW2:    JB      SHIFT,KBOFF
        JB      BEGIN,KBT2
        JB      ENDDO,KBT2
        MOV     R3,#0F2H
        LCALL   CLRDSP
        LCALL   DSP2
        LJMP    SCANKEY

DSP2:   MOV     A,#'2'
        LCALL   WRBYT
        RET

KBT2:   LCALL   DSP2
        MOV     A,#2
        LCALL   KBTIM
        LJMP    SCANKEY

;***************** PRESS BUTTON OFF *****************

KBOFF:  LCALL   UNSH
        MOV     DPTR,#OFFDAT
        MOV     A,#BYT2
        LCALL   WRMAND
        MOV     LOOPW,#3
        LCALL   WRWORD
        CLR     SHIFT
        SETB    CLOSE
        LCALL   OFF
        SETB    CANSET
        LJMP    SCANKEY

;***************** PRESS BUTTON 3 *****************

SW3:    JB      BEGIN,KBT3
        JB      ENDDO,KBT3
        MOV     R3,#0F3H
        LCALL   CLRDSP
        LCALL   DSP3
        LJMP    SCANKEY

DSP3:   MOV     A,#'3'
        LCALL   WRBYT
        RET

KBT3:   LCALL   DSP3
        MOV     A,#3
        LCALL   KBTIM
        LJMP    SCANKEY

;***************** PRESS BUTTON 4 *****************

SW4:    JB      SHIFT,KBBEG
        JB      BEGIN,KBT4
        JB      ENDDO,KBT4
        MOV     R3,#0F4H
        LCALL   CLRDSP
        LCALL   DSP4
        LJMP    SCANKEY

DSP4:   MOV     A,#'4'
        LCALL   WRBYT
        RET

KBT4:   LCALL   DSP4
        MOV     A,#4
        LCALL   KBTIM
        LJMP    SCANKEY

;***************** PRESS BUTTON BEGIN *****************
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
KBBEG:      JNB     CANSET,KBERR2
            SETB    BEGIN
            MOV     A,R3
            MOV     R7,A
            MOV     R1,#03H
            CLR     CLOSE
            CLR     OPEN
            LCALL   FTEMP

DSP_B:      LCALL   UNSH
            MOV     A,#BYT5
            LCALL   WRMAND
            MOV     A,#'B'
            LCALL   WRBYT
            LJMP    SCANKEY

;****************** PRESS BUTTON 5 ******************

SW5:        JB      SHIFT,KBEND
            JB      BEGIN,KBT5
            JB      ENDDO,KBT5
            MOV     R3,#0F5H
            LCALL   CLRDSP
            LCALL   DSP5
            LJMP    SCANKEY

DSP5:       MOV     A,#'5'
            LCALL   WRBYT
            RET

KBT5:       LCALL   DSP5
            MOV     A,#5
            LCALL   KBTIM
            LJMP    SCANKEY

KBERR2:     LJMP    NOTSHF

;****************** PRESS BUTTON END ****************

KBEND:      JNB     CANSET,KBERR2
            SETB    ENDDO
            MOV     R1,#3H
            CLR     CANSET
            MOV     A,R3
            MOV     R7,A
            MOV     R1,#03H
            CLR     CLOSE
            CLR     OPEN
            LCALL   FTEMP

DSP_E:      LCALL   UNSH
            MOV     A,#BYT9
            LCALL   WRMAND
            MOV     A,#'E'
            LCALL   WRBYT
            LJMP    SCANKEY

;****************** PRESS BUTTON 6 ******************

SW6:        JB      SHIFT,KBCLR
            JB      BEGIN,KBT6
            JB      ENDDO,KBT6
            MOV     R3,#0F6H
            LCALL   CLRDSP
            LCALL   DSP6
            LJMP    SCANKEY

DSP6:       MOV     A,#'6'
            LCALL   WRBYT
            RET

KBT6:       LCALL   DSP6
            MOV     A,#6
            LCALL   KBTIM
            LJMP    SCANKEY

;****************** PRESS BUTTON CLEAR ******************

KBCLR:      LCALL   UNSH
            MOV     DPTR,#CLRDAT
            MOV     LOOPW,#3
            MOV     A,#BYT5
            LCALL   WRMAND
            LCALL   WRWORD
            CLR     SHIFT
            CLR     CANSET
            LCALL   CLEAR
            LJMP    SCANKEY

;****************** PRESS BUTTON 7 ******************

SW7:        JB      BEGIN,KBT7
            JB      ENDDO,KBT7
            MOV     R3,#0F7H
            LCALL   CLRDSP
            LCALL   DSP7
            LJMP    SCANKEY

DSP7:       MOV     A,#'7'
            LCALL   WRBYT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                RET

KBT7:           LCALL   DSP7
                MOV     A,#7
                LCALL   KBTIM
                LJMP    SCANKEY

;****************** PRESS BUTTON 8 ********************

SW8:            JB      BEGIN,KBT8
                JB      ENDDO,KBT8
                MOV     R3,#0F8H
                LCALL   CLRDSP
                LCALL   DSP8
                LJMP    SCANKEY

DSP8:           MOV     A,#'8'
                LCALL   WRBYT
                RET

KBT8:           LCALL   DSP8
                MOV     A,#8
                LCALL   KBTIM
                LJMP    SCANKEY

;****************** PRESS BUTTON 9 ********************

SW9:            JB      BEGIN,KBT9
                JB      ENDDO,KBT9
                MOV     R3,#0F9H
                LCALL   CLRDSP
                LCALL   DSP9
                LJMP    SCANKEY
DSP9:           MOV     A,#'9'
                LCALL   WRBYT
                RET

KBT9:           LCALL   DSP9
                MOV     A,#9
                LCALL   KBTIM
                LJMP    SCANKEY

;****************** PRESS BUTTON SHIFT ******************

SWSH:           JB      SHIFT,NOTSHF
                SETB    SHIFT
                CLR     SETT
                MOV     A,#BYT14
                LCALL   WRMAND
                MOV     A,#'s'
                LCALL   WRBYT
                LJMP    SCANKEY

NOTSHF:         LCALL   UNSH
                LJMP    SCANKEY

UNSH:           CLR     SHIFT
                MOV     A,#BYT14
                LCALL   WRMAND
                MOV     A,#' '
                LCALL   WRBYT
                LCALL   WRBYT
                LCALL   WRBYT
                RET

;****************** PRESS BUTTON ENTER ******************

ENTER:          MOV     A,#BYT14
                LCALL   WRMAND
                MOV     DPTR,#OKDAT
                LCALL   WRWORD
                CLR     CANSET

ENT_ON1:  CJNE  R3,#0F1H,ENT_CLR
                JB      BEGIN,ENT_CLR
                JB      ENDDO,ENT_CLR
                JNB     OPEN,ENT_OFF1
                JNB     ST1,ENT_OFF1
                SETB    P2.0
                SETB    ST1
                SJMP    ENT_CLR

ENT_OFF1: JNB   CLOSE,ENT_CLR
                CLR     P2.0
                CLR     ST1

ENT_CLR:  CLR   BEGIN
                CLR     ENDDO
                CLR     CLOSE
                CLR     OPEN
                CLR     CANSET
                CLR     SHIFT
                LCALL   DEL_1S
                LJMP    PRESS

;**************** SET MEMORY TIME ON,OFF ****************

FTEMP:          CJNE    R7,#0F1H,ERROR2
                JB      ENDDO,TEMP1_E
                CPL     ST1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     C,ST1
                MOV     STAT1,C
                MOV     R0,#40H
                SETB    BEG1
                SJMP    RETCLR
TEMP1_E:  MOV   R0,#45H
                SETB    END1
                SJMP    RETCLR

ERROR2:         CLR     BEGIN
                CLR     ENDDO
                RET
RETCLR:         MOV     @R0,#0
                RET

;********************* STORE TIME *********************

KBTIM:          CJNE    R1,#03H,KBTIM2
                MOV     B,#64H
CALSTR:         CLR     ERR
                LCALL   STORE
                JB      ERR,KBERR
                RET

KBERR:          MOV     A,#BYT14
                LCALL   WRMAND
                MOV     DPTR,#ERRDAT
                MOV     LOOPW,#3
                LCALL   WRWORD
                JB      ENDDO,ERR_E
                MOV     A,#BYT6
                LJMP    WRMAND

ERR_E:          MOV     A,#BYT10
                LJMP    WRMAND
KBTIM2:         CJNE    R1,#02H,KBTIM3
                MOV     B,#0AH
                SJMP    CALSTR

KBTIM3:         MOV     B,#01H
                SJMP    CALSTR

STORE:          ANL     A,#0FH
                MOV     R6,A
                ADD     A,#0F6H
                JC      COUNT
                MOV     A,R6
                CLR     OV
                MUL     AB
                JB      OV,ERROR
                CLR     CY
                ADD     A,@R0
                JB      CY,ERROR
                MOV     @R0,A
COUNT:          DEC     R1
                MOV     A,R1
                JZ      OK
                RET

OK:             MOV     A,R7
                MOV     R3,A
                MOV     R1,#03H
                RET

ERROR:          SETB    ERR
                MOV     R1,#03H
                MOV     @R0,#0
                RET

;****************** CLEAR TIME ON & OFF ****************

CLEAR:          CJNE    R3,#0F1H,BCK
                CLR     BEG1
                CLR     END1
                MOV     BEGM1,#00H
                MOV     BEGM1,#00H
                RET
BCK:            RET

;********************* RECIVE DATA ***********************

RECIVE:         PUSH    ACC
                LCALL   DEL_200uS
                MOV     A,P1
                ANL     A,#0F0H
RECIVE_ON:      CJNE    A,#0F0H,RECIVE_OFF
                SETB    ST1
                SETB    P2.0
                SJMP    EXIT

RECIVE_OFF:     CJNE    A,#00H,EXIT
                CLR     ST1
                CLR     P2.0
EXIT:           POP     ACC
                RETI

;****************** Timer 0 interupt routine ***************
CLOCK:          PUSH    PSW
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                PUSH    ACC
                PUSH    B
                PUSH    05H
                PUSH    06H
                MOV     A,SECOND
                INC     A
                MOV     SECOND,A
                CJNE    A,#60,FINI
                MOV     SECOND,#0
                LCALL   CHKTM
FINI:           POP     06H
                POP     05H
                POP     B
                POP     ACC
                POP     PSW
                RETI

;****************** CHECK TIME ON & OFF *****************

CHKTM:          JNB     BEG1,CKEND1
                MOV     A,BEGM1
                JZ      CKEND1
                DJNZ    BEGM1,FIN
                CLR     BEG1
                JB      STAT1,TIME_OFF1
                SJMP    TIME_ON1
CKEND1:         JNB     END1,FIN
                MOV     A,ENDM1
                JZ      FIN
                DJNZ    ENDM1,FIN
                CLR     END1
                JNB     STAT1,TIME_OFF1
TIME_ON1: SETB  P2.0
                SETB    ST1
                RET
TIME_OFF1:      CLR     P2.0
                CLR     ST1
FIN:            RET
;************************ ON ************************

ON:             CJNE    R3,#0F1H,NON_EQUIP
                SETB    ST1
                RET

;************************ OFF ************************

OFF:            CJNE    R3,#0F1H,NON_EQUIP
                CLR     ST1
                RET
NON_EQUIP:      MOV     A,#BYT2
                LCALL   WRMAND
                MOV     DPTR,#NONEDAT
                MOV     LOOPW,#7
                LCALL   WRWORD
                MOV     A,#BYT9
                LCALL   WRMAND
                MOV     DPTR,#NONEDAT2
                MOV     LOOPW,#8
                LCALL   WRWORD
                CLR     BEGIN
                CLR     ENDDO
                CLR     CLOSE
                CLR     OPEN
                CLR     CANSET
                CLR     SHIFT
                LJMP    SCANKEY

;********************** DELAY ******************************

DEL_200uS:      MOV     MLS,#62H
LOOP_1:         DJNZ    MLS,LOOP_1
                RET

DEL_2mS:  MOV   MLS,#2
DELAY_2mS1:     MOV     MSH,#0FAH
DELAY_2mS2:     NOP
                NOP
                DJNZ    MSH,DELAY_2mS2
                DJNZ    MLS,DELAY_2mS1
                RET

DEL_10mS: MOV   MLS,#10
DELAY_10mS1:    MOV     MSH,#0FAH
DELAY_10mS2:    NOP
                NOP
                DJNZ    MSH,DELAY_10mS2
                DJNZ    MLS,DELAY_10mS1
                RET

DEL_20mS: MOV   MLS,#20
DELAY_20mS1:    MOV     MSH,#0FAH
DELAY_20mS2:    NOP
                NOP
                DJNZ    MSH,DELAY_20mS2
                DJNZ    MLS,DELAY_20mS1
                RET

DEL_50mS: MOV   MLS,#50
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DELAY_50mS1:    MOV     MSH,#0FAH
DELAY_50mS2:    NOP
                NOP
                DJNZ    MSH,DELAY_50mS2
                DJNZ    MLS,DELAY_50mS1
                RET

DEL_100mS:      MOV     MLS,#100
DELAY_100mS1:   MOV     MSH,#0FAH
DELAY_100mS2:   NOP
                NOP
                DJNZ    MSH,DELAY_100mS2
                DJNZ    MLS,DELAY_100mS1
                RET

DEL_1S:  MOV    ML,#10
LOOP:           ACALL   DEL_100mS
                DJNZ    ML,LOOP
                RET

                END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

DATA SHEET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

XR-2206

Monolithic Function Generator

EXAR ...the analog plus company™

June 1997-3

FEATURES

- Low-Sine Wave Distortion, 0.5%, Typical
- Excellent Temperature Stability, 20ppm/°C, Typ.
- Wide Sweep Range, 2000:1, Typical
- Low-Supply Sensitivity, 0.01%V, Typ.
- Linear Amplitude Modulation
- TTL Compatible FSK Controls
- Wide Supply Range, 10V to 26V
- Adjustable Duty Cycle, 1% TO 99%

APPLICATIONS

- Waveform Generation
- Sweep Generation
- AM/FM Generation
- V/F Conversion
- FSK Generation
- Phase-Locked Loops (VCO)

GENERAL DESCRIPTION

The XR-2206 is a monolithic function generator integrated circuit capable of producing high quality sine, square, triangle, ramp, and pulse waveforms of high-stability and accuracy. The output waveforms can be both amplitude and frequency modulated by an external voltage. Frequency of operation can be selected externally over a range of 0.01Hz to more than 1MHz.

The circuit is ideally suited for communications, instrumentation, and function generator applications requiring sinusoidal tone, AM, FM, or FSK generation. It has a typical drift specification of 20ppm/°C. The oscillator frequency can be linearly swept over a 2000:1 frequency range with an external control voltage, while maintaining low distortion.

ORDERING INFORMATION

Part No.	Package	Operating Temperature Range
XR-2206M	16 Lead 300 Mil CDIP	-55°C to +125°C
XR-2206P	16 Lead 300 Mil PDIP	–40°C to +85°C
XR-2206CP	16 Lead 300 Mil PDIP	0°C to +70°C
XR-2206D	16 Lead 300 Mil JEDEC SOIC	0°C to +70°C

©1972

EXAR Corporation, 48720 Kato Road, Fremont, CA 94538 ◆ (510) 668-7000 ◆ (510) 668-7017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

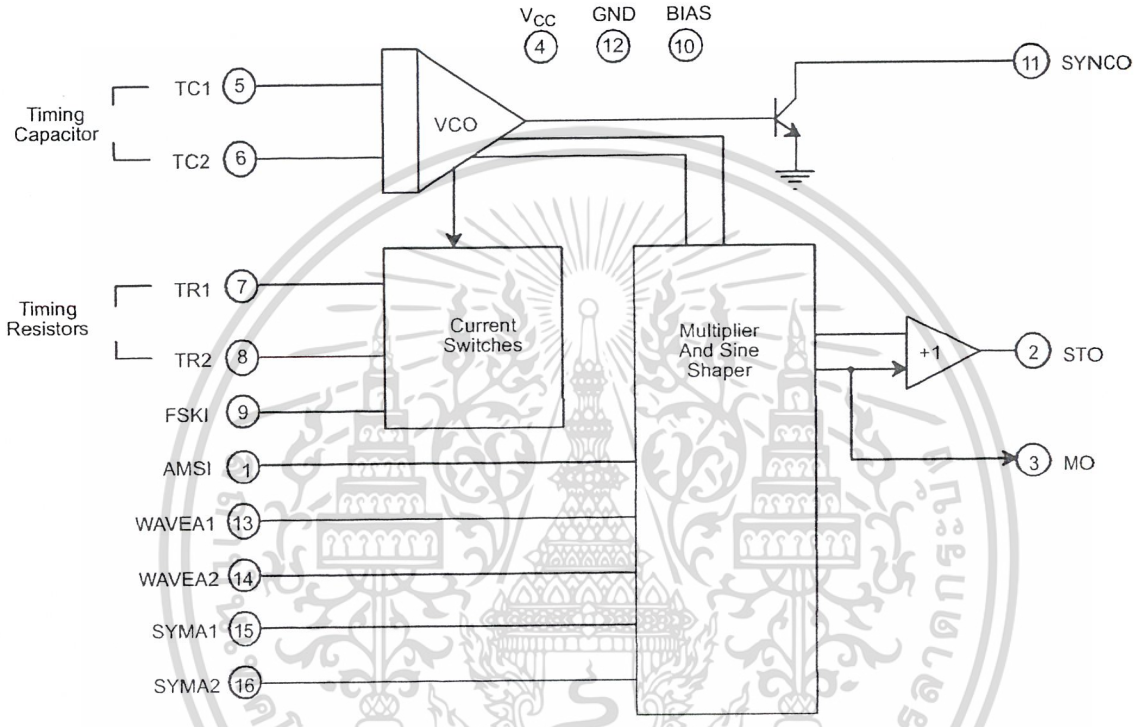
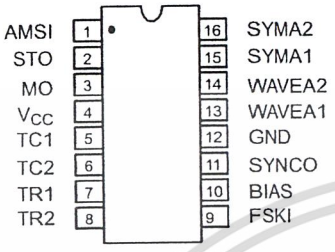
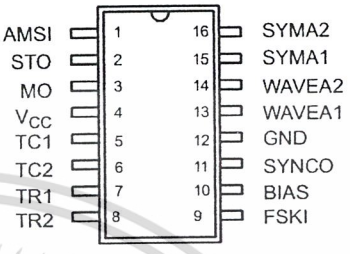


Figure 1. XR-2206 Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



16 Lead PDIP, CDIP (0.300")



16 Lead SOIC (Jedec, 0.300")

PIN DESCRIPTION

Pin #	Symbol	Type	Description
1	AMSI	I	**Amplitude Modulating Signal Input.**
2	STO	O	**Sine or Triangle Wave Output.**
3	MO	O	**Multiplier Output.**
4	V_{CC}		**Positive Power Supply.**
5	TC1	I	**Timing Capacitor Input.**
6	TC2	I	**Timing Capacitor Input.**
7	TR1	O	**Timing Resistor 1 Output.**
8	TR2	O	**Timing Resistor 2 Output.**
9	FSKI	I	**Frequency Shift Keying Input.**
10	BIAS	O	**Internal Voltage Reference.**
11	SYNCO	O	**Sync Output.** This output is a open collector and needs a pull up resistor to V_{CC}.
12	GND		**Ground pin.**
13	WAVEA1	I	**Wave Form Adjust Input 1.**
14	WAVEA2	I	**Wave Form Adjust Input 2.**
15	SYMA1	I	**Wave Symetry Adjust 1.**
16	SYMA2	I	**Wave Symetry Adjust 2.**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Test Conditions: Test Circuit of *Figure 2* **Vcc = 12V, T_A = 25°C, C = 0.01µF, R_1 = 100kΩ, R_2 = 10kΩ, R_3 = 25kΩ** Unless Otherwise Specified. S_1 open for triangle, closed for sine wave.

Parameters	XR-2206M/P			XR-2206CP/D			Units	Conditions
	Min.	**Typ.**	**Max.**	**Min.**	**Typ.**	**Max.**		
General Characteristics								
Single Supply Voltage	**10**		**26**	10		26	V	
Split-Supply Voltage	**±5**		**±13**	±5		±13	V	
Supply Current		12	**17**		14	20	mA	$R_1 \geq 10k\Omega$
Oscillator Section								
Max. Operating Frequency	**0.5**	1		0.5	1		MHz	C = 1000pF, R_1 = 1kΩ
Lowest Practical Frequency		0.01			0.01		Hz	C = 50µF, R_1 = 2MΩ
Frequency Accuracy		±1	**±4**		±2		% of f_o	$f_o = 1/R_1C$
Temperature Stability Frequency		±10	**±50**		±20		ppm/°C	0°C ≤ T_A ≤ 70°C $R_1 = R_2$ = 20kΩ
Sine Wave Amplitude Stability[2]		4800			4800		ppm/°C	
Supply Sensitivity		0.01	**0.1**		0.01		%/V	V_{LOW} = 10V, V_{HIGH} = 20V, $R_1 = R_2$ = 20kΩ
Sweep Range	1000:1	2000:1			2000:1		$f_H = f_L$	f_H @ R_1 = 1kΩ f_L @ R_1 = 2MΩ
Sweep Linearity								
10:1 Sweep		2			2		%	f_L = 1kHz, f_H = 10kHz
1000:1 Sweep		8			8		%	f_L = 100Hz, f_H = 100kHz
FM Distortion		0.1			0.1		%	±10% Deviation
Recommended Timing Components								
Timing Capacitor: C	**0.001**		100	0.001		100	µF	*Figure 5*
Timing Resistors: R_1 & R_2	**1**		2000	1		2000	kΩ	
Triangle Sine Wave Output[1]								*Figure 3*
Triangle Amplitude		160			160		mV/kΩ	*Figure 2*, S_1 Open
Sine Wave Amplitude	**40**	60	80		60		mV/kΩ	*Figure 2*, S_1 Closed
Max. Output Swing		6			6		Vp-p	
Output Impedance		600			600		Ω	
Triangle Linearity		1			1		%	
Amplitude Stability		0.5			0.5		dB	For 1000:1 Sweep
Sine Wave Distortion								
Without Adjustment		2.5			2.5		%	R_1 = 30kΩ
With Adjustment		0.4	**1.0**		0.5	1.5	%	See *Figure 7* and *Figure 8*

Notes

[1] Output amplitude is directly proportional to the resistance, R_3, on Pin 3. See Figure 3.

[2] For maximum amplitude stability, R_3 should be a positive temperature coefficient resistor.

***Bold face parameters** are covered by production test and guaranteed over operating temperature range.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (CONT'D)

Parameters	XR-2206M/P			XR-2206CP/D			Units	Conditions
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.		
Amplitude Modulation								
Input Impedance	50	100		50	100		kΩ	
Modulation Range		100			100		%	
Carrier Suppression		55			55		dB	
Linearity		2			2		%	For 95% modulation
Square-Wave Output								
Amplitude		12			12		Vp-p	Measured at Pin 11.
Rise Time		250			250		ns	C_L = 10pF
Fall Time		50			50		ns	C_L = 10pF
Saturation Voltage		0.2	**0.4**		0.2	0.6	V	I_L = 2mA
Leakage Current		0.1	**20**		0.1	100	µA	V_{CC} = 26V
FSK Keying Level (Pin 9)	0.8	1.4	**2.4**	0.8	1.4	2.4	V	See section on circuit controls
Reference Bypass Voltage	2.9	3.1	**3.3**	2.5	3	3.5	V	Measured at Pin 10.

Notes
[1] Output amplitude is directly proportional to the resistance, R_3, on Pin 3. See Figure 3.
[2] For maximum amplitude stability, R_3 should be a positive temperature coefficient resistor.
***Bold face parameters** are covered by production test and guaranteed over operating temperature range.*

Specifications are subject to change without notice

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Power Supply 26V
Power Dissipation 750mW
Derate Above 25°C ..... 5mW/°C
Total Timing Current 6mA
Storage Temperature ..... -65°C to +150°C

SYSTEM DESCRIPTION

The XR-2206 is comprised of four functional blocks; a voltage-controlled oscillator (VCO), an analog multiplier and sine-shaper; a unity gain buffer amplifier; and a set of current switches.

The VCO produces an output frequency proportional to an input current, which is set by a resistor from the timing terminals to ground. With two timing pins, two discrete output frequencies can be independently produced for FSK generation applications by using the FSK input control pin. This input controls the current switches which select one of the timing resistor currents, and routes it to the VCO.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

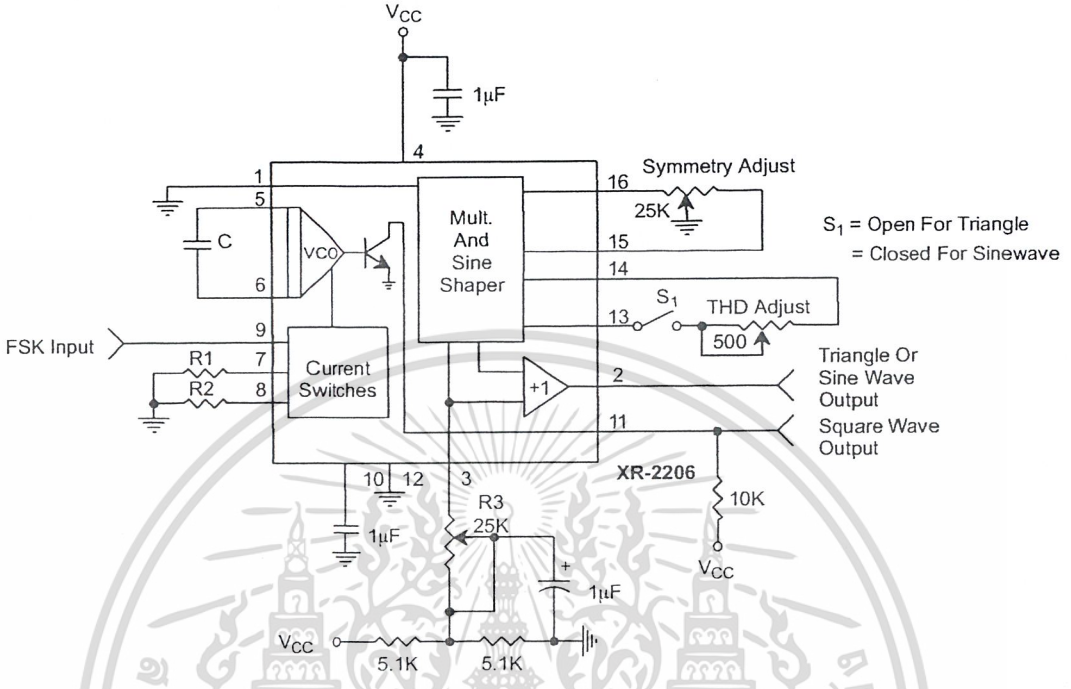


Figure 2. Basic Test Circuit

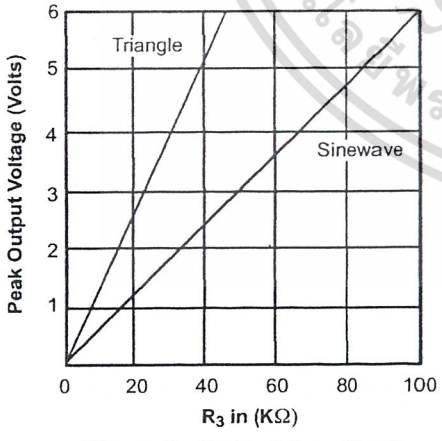


Figure 3. Output Amplitude as a Function of the Resistor, R3, at Pin 3

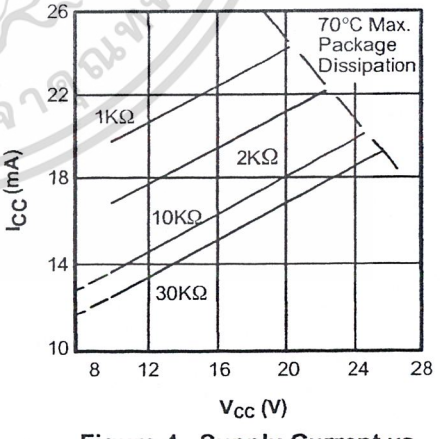


Figure 4. Supply Current vs Supply Voltage, Timing, R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (CONT'D)

Test Conditions: V_{CC} = 12V, T_A = +25°C, R_O = 30KΩ, C_O = 0.033µF, unless otherwise specified.

Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit	Conditions
Voltage Comparator Section					
Input Impedance		2		MΩ	Measured at Pins 3 and 8
Input Bias Current		100		nA	
Voltage Gain	55	70		dB	R_L = 5.1KΩ
Output Voltage Low		300	**500**	mV	I_C = 3mA
Output Leakage Current		0.01	**10**	µA	V_O = 20V
Internal Reference					
Voltage Level	**4.9**	5.3	**5.7**	V	Measured at Pin 10
Output Impedance		100		Ω	AC Small Signal
Maximum Source Current		80		µA	

Notes
Parameters are guaranteed over the recommended operating conditions, but are not 100% tested in production.
***Bold face parameters** are covered by production test and guaranteed over operating temperature range.*

Specifications are subject to change without notice

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Power Supply 20V
Input Signal Level ..... 3V rms
Power Dissipation 900mW

Package Power Dissipation Ratings
CDIP 750mW
Derate Above T_A = 25°C ..... 8mW/°C
PDIP 800mW
Derate Above T_A = 25°C ..... 60mW/°C
SOIC 390mW
Derate Above T_A = 25°C ..... 5mW/°C

SYSTEM DESCRIPTION

The main PLL within the XR-2211 is constructed from an input preamplifier, analog multiplier used as a phase detector and a precision voltage controlled oscillator (VCO). The preamplifier is used as a limiter such that input signals above typically 10mV rms are amplified to a constant high level signal. The multiplying-type phase detector acts as a digital exclusive or gate. Its output (unfiltered) produces sum and difference frequencies of the input and the VCO output. The VCO is actually a current controlled oscillator with its normal input current (f_O) set by a resistor (R_0) to ground and its driving current with a resistor (R_1) from the phase detector.

The output of the phase detector produces sum and difference of the input and the VCO frequencies (internally connected). When in lock, these frequencies are f_{IN}+ f_{VCO} (2 times f_{IN} when in lock) and f_{IN} - f_{VCO} (0Hz when lock). By adding a capacitor to the phase detector output, the 2 times f_{IN} component is reduced, leaving a DC voltage that represents the phase difference between the two frequencies. This closes the loop and allows the VCO to track the input frequency.

The FSK comparator is used to determine if the VCO is driven above or below the center frequency (FSK comparator). This will produce both active high and active low outputs to indicate when the main PLL is in lock (quadrature phase detector and lock detector comparator).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

XR-2211

FSK Demodulator/ Tone Decoder

...the analog plus company™

June 1997-3

FEATURES

- Wide Frequency Range, 0.01Hz to 300kHz
- Wide Supply Voltage Range, 4.5V to 20V
- HCMOS/TTL/Logic Compatibility
- FSK Demodulation, with Carrier Detection
- Wide Dynamic Range, 10mV to 3V rms
- Adjustable Tracking Range, ±1% to 80%
- Excellent Temp. Stability, ±50ppm/°C, max.

APPLICATIONS

- Caller Identification Delivery
- FSK Demodulation
- Data Synchronization
- Tone Decoding
- FM Detection
- Carrier Detection

GENERAL DESCRIPTION

The XR-2211 is a monolithic phase-locked loop (PLL) system especially designed for data communications applications. It is particularly suited for FSK modem applications. It operates over a wide supply voltage range of 4.5 to 20V and a wide frequency range of 0.01Hz to 300kHz. It can accommodate analog signals between 10mV and 3V, and can interface with conventional DTL, TTL, and ECL logic families. The circuit consists of a basic PLL for tracking an input signal within the pass band, a quadrature phase detector which provides carrier detection, and an FSK voltage comparator which provides FSK demodulation. External components are used to independently set center frequency, bandwidth, and output delay. An internal voltage reference proportional to the power supply is provided at an output pin.

The XR-2211 is available in 14 pin packages specified for military and industrial temperature ranges.

ORDERING INFORMATION

Part No.	Package	Operating Temperature Range
XR-2211M	14 Pin CDIP (0.300")	-55°C to +125°C
XR-2211N	14 Pin CDIP (0.300")	-40°C to +85°C
XR-2211P	14 Pin PDIP (0.300")	-40°C to +85°C
XR-2211ID	14 Lead SOIC (Jedec, 0.150")	-40°C to +85°C

©1992

EXAR Corporation, 48720 Kato Road, Fremont, CA 94538 ◆ (510) 668-7000 ◆ FAX (510) 668-7017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BLOCK DIAGRAM

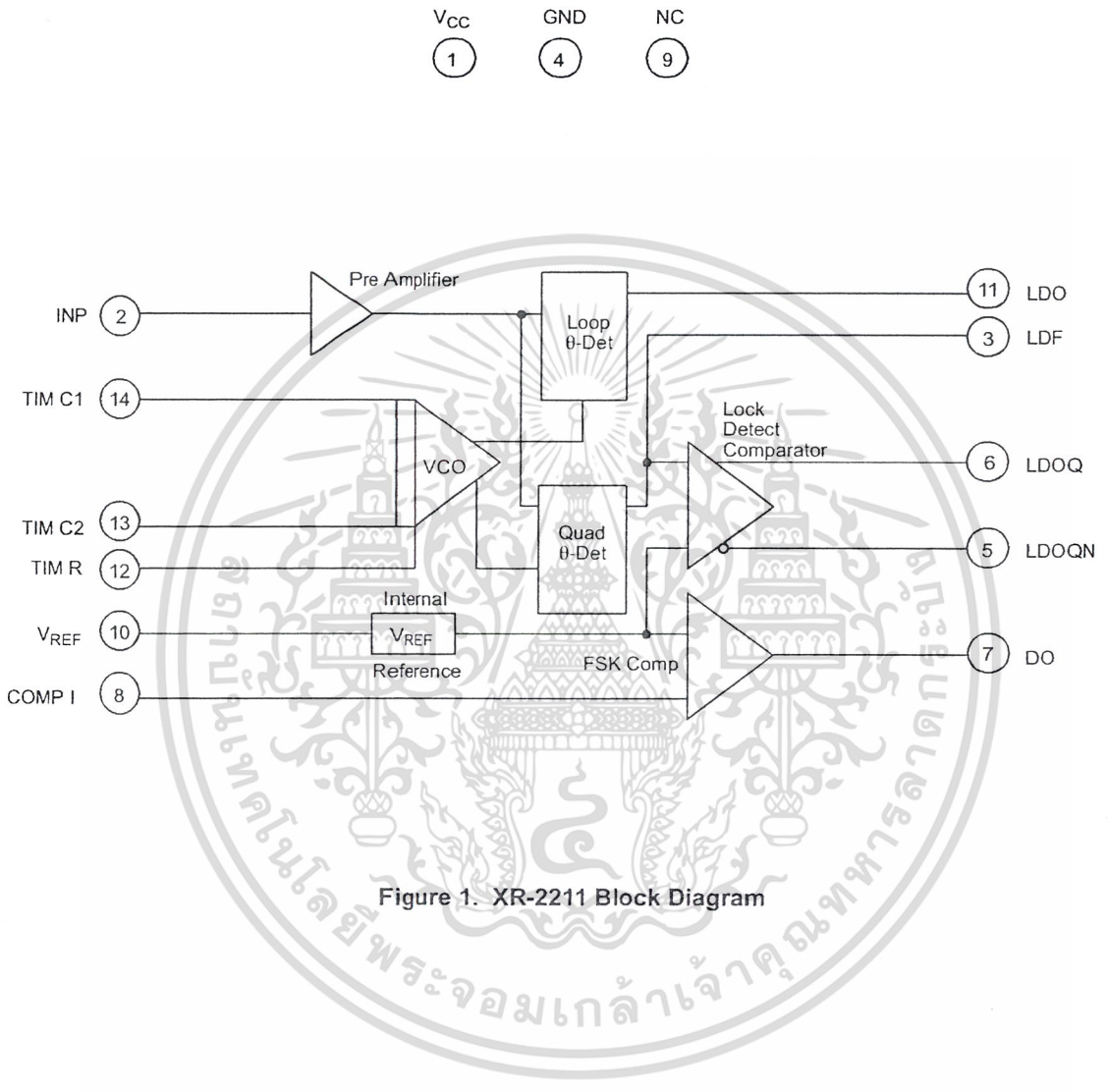
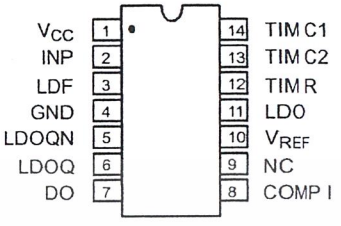


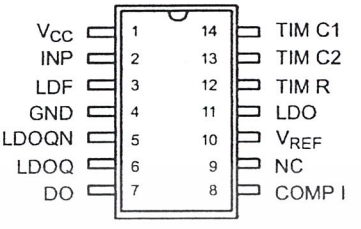
Figure 1. XR-2211 Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN CONFIGURATION



14 Lead CDIP, PDIP (0.300")



14 Lead SOIC (Jedec, 0.150")

PIN DESCRIPTION

Pin #	Symbol	Type	Description
1	V_{CC}		**Positive Power Supply.**
2	INP	I	**Receive Analog Input.**
3	LDF	O	**Lock Detect Filter.**
4	GND		**Ground Pin.**
5	LDOQN	O	**Lock Detect Output Not.** This output will be low if the VCO is in the capture range.
6	LDOQ	O	**Lock Detect Output.** This output will be high if the VCO is in the capture range.
7	DO	O	**Data Output.** Decoded FSK output.
8	COMP I	I	**FSK Comparator Input.**
9	NC		**Not Connected.**
10	V_{REF}	O	**Internal Voltage Reference.** The value of V_{REF} is $V_{CC}/2$ - 650mV.
11	LDO	O	**Loop Detect Output.** This output provides the result of the quadrature phase detection.
12	TIM R	I	**Timing Resistor Input.** This pin connects to the timing resistor of the VCO.
13	TIM C2	I	**Timing Capacitor Input.** The timing capacitor connects between this pin and pin 14.
14	TIM C1	I	**Timing Capacitor Input.** The timing capacitor connects between this pin and pin 13.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Test Conditions: V_{CC} = 12V, T_A = +25°C, R_O = 30KΩ, C_O = 0.033μF, unless otherwise specified.

Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit	Conditions
General					
Supply Voltage	**4.5**		**20**	V	
Supply Current		4	**7**	mA	$R_0 \geq$ 10KΩ. See *Figure 4.*
Oscillator Section					
Frequency Accuracy		±1	**±3**	%	Deviation from $f_O = 1/R_0 C_0$
Frequency Stability					
Temperature		±20	±50	ppm/°C	See *Figure 8.*
Power Supply		0.05	**0.5**	%/V	V_{CC} = 12 ±1V. See *Figure 7.*
		0.2		%/V	V_{CC} = ± 5V. See *Figure 7.*
Upper Frequency Limit	**100**	300		kHz	R_0 = 8.2KΩ, C_0 = 400pF
Lowest Practical Operating Frequency			0.01	Hz	R_0 = 2MΩ, C_0 = 50μF
Timing Resistor, R_0 - See *Figure 5*					
Operating Range	**5**		2000	KΩ	
Recommended Range	5			KΩ	See *Figure 7* and *Figure 8.*
Loop Phase Dectector Section					
Peak Output Current	**±150**	±200	**±300**	μA	Measured at Pin 11
Output Offset Current		1		μA	
Output Impedance		1		MΩ	
Maximum Swing	**±4**	± 5		V	Referenced to Pin 10
Quadrature Phase Detector					Measured at Pin 3
Peak Output Current	100	300		μA	
Output Impedance		1		MΩ	
Maximum Swing		11		V_{PP}	
Input Preampt Section					Measured at Pin 2
Input Impedance		20		KΩ	
Input Signal					
Voltage Required to Cause Limiting		2	10	mV rms	

Notes

Parameters are guaranteed over the recommended operating conditions, but are not 100% tested in production.

***Bold face parameters** are covered by production test and guaranteed over operating temperature range.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

Order this document
by MC145026/D

Encoder and Decoder Pairs
CMOS

MC145026
MC145027
MC145028

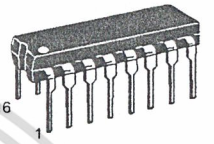
These devices are designed to be used as encoder/decoder pairs in remote control applications.

The MC145026 encodes nine lines of information and serially sends this information upon receipt of a transmit enable ($\overline{TE}$) signal. The nine lines may be encoded with trinary data (low, high, or open) or binary data (low or high). The words are transmitted twice per encoding sequence to increase security.

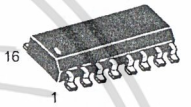
The MC145027 decoder receives the serial stream and interprets five of the trinary digits as an address code. Thus, 243 addresses are possible. If binary data is used at the encoder, 32 addresses are possible. The remaining serial information is interpreted as four bits of binary data. The valid transmission (VT) output goes high on the MC145027 when two conditions are met. First, two addresses must be consecutively received (in one encoding sequence) which both match the local address. Second, the 4 bits of data must match the last valid data received. The active VT indicates that the information at the Data output pins has been updated.

The MC145028 decoder treats all nine trinary digits as an address which allows 19,683 codes. If binary data is encoded, 512 codes are possible. The VT output goes high on the MC145028 when two addresses are consecutively received (in one encoding sequence) which both match the local address.

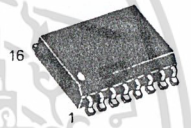
- Operating Temperature Range: – 40 to + 85°C
- Very–Low Standby Current for the Encoder: 300 nA Maximum @ 25°C
- Interfaces with RF, Ultrasonic, or Infrared Modulators and Demodulators
- RC Oscillator, No Crystal Required
- High External Component Tolerance; Can Use ± 5% Components
- Internal Power–On Reset Forces All Decoder Outputs Low
- Operating Voltage Range: MC145026 = 2.5 to 18 V*
  MC145027, MC145028 = 4.5 to 18 V
- For Infrared Applications, See Application Note AN1016/D



P SUFFIX
PLASTIC DIP
CASE 648



D SUFFIX
SOG PACKAGE
CASE 751B



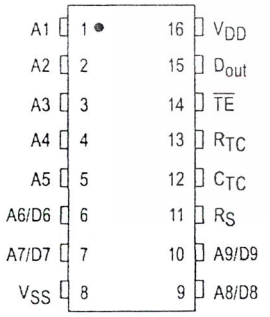
DW SUFFIX
SOG PACKAGE
CASE 751G

ORDERING INFORMATION

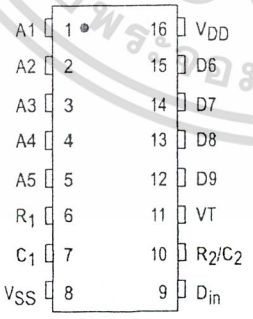
MC145026P	Plastic DIP
MC145026D	SOG Package
MC145027P	Plastic DIP
MC145027DW	SOG Package
MC145028P	Plastic DIP
MC145028DW	SOG Package

PIN ASSIGNMENTS

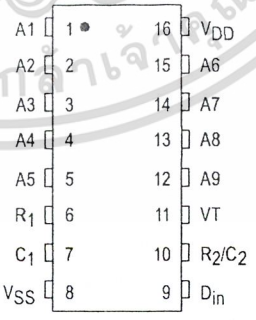
MC145026 ENCODER



MC145027 DECODERS



MC145028 DECODERS



REV 3
1/98

© Motorola, Inc. 1998

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

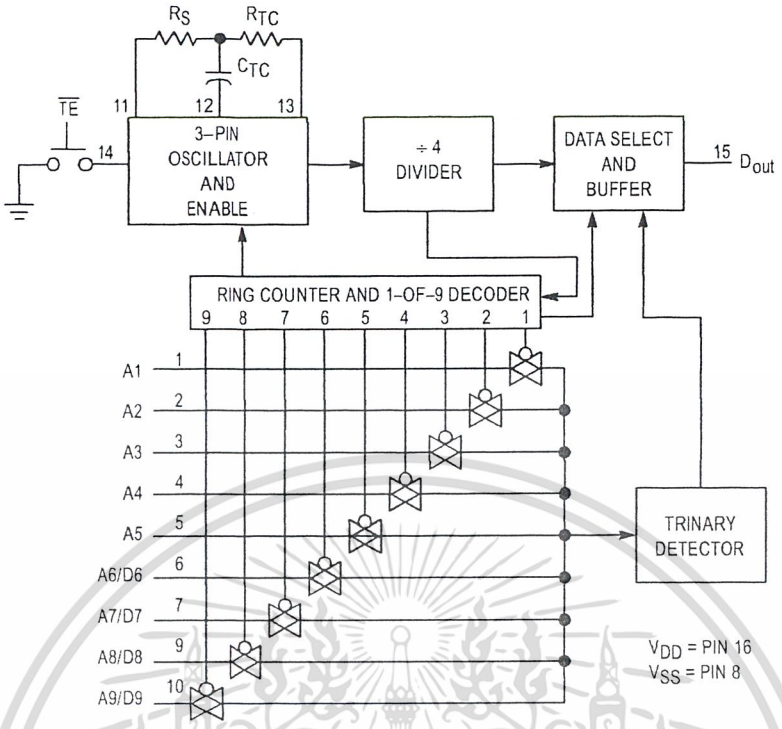


Figure 1. MC145026 Encoder Block Diagram

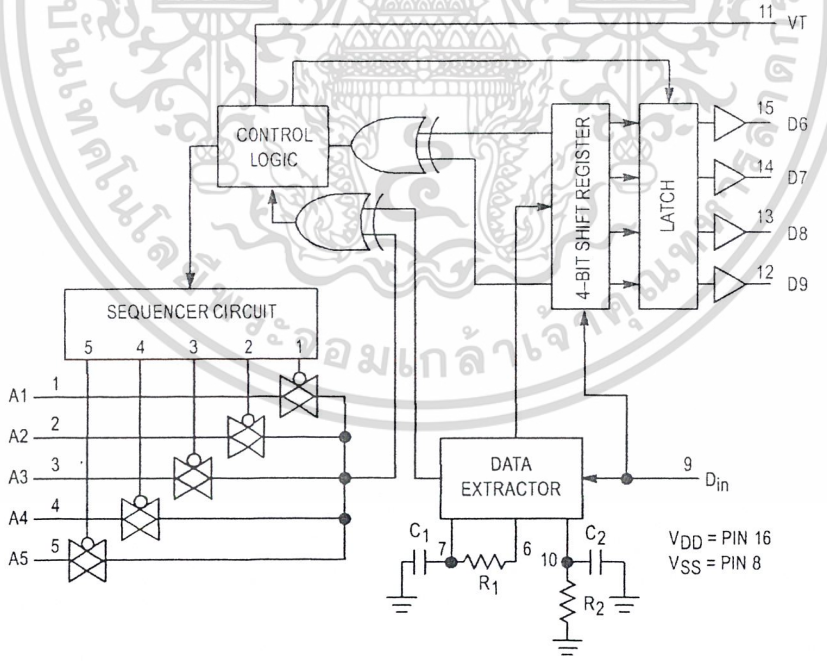


Figure 2. MC145027 Decoder Block Diagram

สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

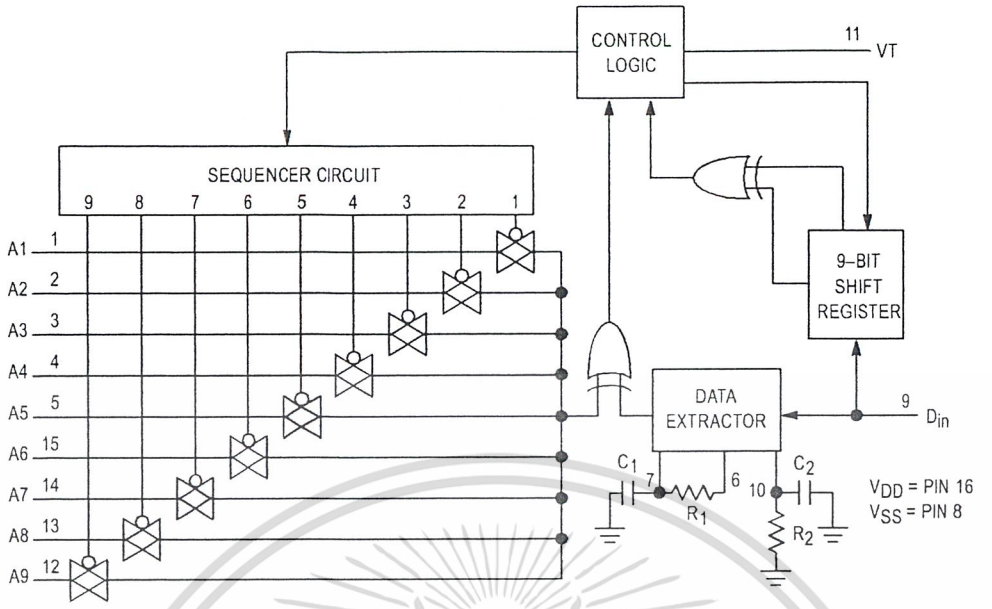


Figure 3. MC145028 Decoder Block Diagram

MAXIMUM RATINGS* (Voltages Referenced to V_{SS})

Rating	Symbol	Value	Unit
V_{DD}	DC Supply Voltage (except SC41343, SC41344)	– 0.5 to + 18	V
V_{DD}	DC Supply Voltage (SC41343, SC41344 only)	– 0.5 to + 10	V
V_{in}	DC Input Voltage	– 0.5 to V_{DD} + 0.5	V
V_{out}	DC Output Voltage	– 0.5 to V_{DD} + 0.5	V
I_{in}	DC Input Current, per Pin	± 10	mA
I_{out}	DC Output Current, per Pin	± 10	mA
P_D	Power Dissipation, per Package	500	mW
T_{stg}	Storage Temperature	– 65 to + 150	°C
T_L	Lead Temperature, 1 mm from Case for 10 Seconds	260	°C

* Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur. Functional operation should be restricted to the limits in the Electrical Characteristics tables or Pin Descriptions section.

This device contains protection circuitry to guard against damage due to high static voltages or electric fields. However, precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than maximum rated voltages to this high–impedance circuit. For proper operation, V_{in} and V_{out} should be constrained to the range $V_{SS} \le (V_{in}$ or $V_{out}) \le V_{DD}$.

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS — MC145026*, MC145027, and MC145028 (Voltage Referenced to V_{SS})

Symbol	Characteristic	V_{DD} V	Guaranteed Limit						Unit
			– 40°C		25°C		85°C		
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	
V_{OL}	Low–Level Output Voltage (V_{in} = V_{DD} or 0)	5.0	—	0.05	—	0.05	—	0.05	V
		10	—	0.05	—	0.05	—	0.05	
		15	—	0.05	—	0.05	—	0.05	
V_{OH}	High–Level Output Voltage (V_{in} = 0 or V_{DD})	5.0	4.95	—	4.95	—	4.95	—	V
		10	9.95	—	9.95	—	9.95	—	
		15	14.95	—	14.95	—	14.95	—	
V_{IL}	Low–Level Input Voltage								V
	(V_{out} = 4.5 or 0.5 V)	5.0	—	1.5	—	1.5	—	1.5	
	(V_{out} = 9.0 or 1.0 V)	10	—	3.0	—	3.0	—	3.0	
	(V_{out} = 13.5 or 1.5 V)	15	—	4.0	—	4.0	—	4.0	
V_{IH}	High–Level Input Voltage								V
	(V_{out} = 0.5 or 4.5 V)	5.0	3.5	—	3.5	—	3.5	—	
	(V_{out} = 1.0 or 9.0 V)	10	7.0	—	7.0	—	7.0	—	
	(V_{out} = 1.5 or 13.5 V)	15	11	—	11	—	11	—	
I_{OH}	High–Level Output Current								mA
	(V_{out} = 2.5 V)	5.0	– 2.5	—	– 2.1	—	– 1.7	—	
	(V_{out} = 4.6 V)	5.0	– 0.52	—	– 0.44	—	– 0.36	—	
	(V_{out} = 9.5 V)	10	– 1.3	—	– 1.1	—	– 0.9	—	
	(V_{out} = 13.5 V)	15	– 3.6	—	– 3.0	—	– 2.4	—	
I_{OL}	Low–Level Output Current								mA
	(V_{out} = 0.4 V)	5.0	0.52	—	0.44	—	0.36	—	
	(V_{out} = 0.5 V)	10	1.3	—	1.1	—	0.9	—	
	(V_{out} = 1.5 V)	15	3.6	—	3.0	—	2.4	—	
I_{in}	Input Current — $\overline{TE}$	5.0	—	—	3.0	11	—	—	µA
	(MC145026, Pull–Up Device)	10	—	—	16	60	—	—	
		15	—	—	35	120	—	—	
I_{in}	Input Current	15	—	± 0.3	—	± 0.3	—	± 1.0	µA
	R_S (MC145026), D_{in} (MC145027, MC145028)								
I_{in}	Input Current								µA
	A1 – A5, A6/D6 – A9/D9 (MC145026),	5.0	—	—	—	± 110	—	—	
	A1 – A5 (MC145027),	10	—	—	—	± 500	—	—	
	A1 – A9 (MC145028)	15	—	—	—	± 1000	—	—	
C_{in}	Input Capacitance (V_{in} = 0)	—	—	—	—	7.5	—	—	pF
I_{DD}	Quiescent Current — MC145026	5.0	—	—	—	0.1	—	—	µA
		10	—	—	—	0.2	—	—	
		15	—	—	—	0.3	—	—	
I_{DD}	Quiescent Current — MC145027, MC145028	5.0	—	—	—	50	—	—	µA
		10	—	—	—	100	—	—	
		15	—	—	—	150	—	—	
I_{dd}	Dynamic Supply Current — MC145026	5.0	—	—	—	200	—	—	µA
	(f_C = 20 kHz)	10	—	—	—	400	—	—	
		15	—	—	—	600	—	—	
I_{dd}	Dynamic Supply Current — MC145027, MC145028	5.0	—	—	—	400	—	—	µA
	(f_C = 20 kHz)	10	—	—	—	800	—	—	
		15	—	—	—	1200	—	—	

* Also see next Electrical Characteristics table for 2.5 V specifications.

เอกสารนี้จัดทำขึ้นสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS — MC145026 (Voltage Referenced to V_{SS})

Symbol	Characteristic	V_{DD} V	Guaranteed Limit						Unit
			– 40°C		25°C		85°C		
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	
V_{OL}	Low–Level Output Voltage (V_{in} = 0 V or V_{DD})	2.5	—	0.05	—	0.05	—	0.05	V
V_{OH}	High–Level Output Voltage (V_{in} = 0 V or V_{DD})	2.5	2.45	—	2.45	—	2.45	—	V
V_{IL}	Low–Level Input Voltage (V_{out} = 0.5 V or 2.0 V)	2.5	—	0.3	—	0.3	—	0.3	V
V_{IH}	High–Level Input Voltage (V_{out} = 0.5 V or 2.0 V)	2.5	2.2	—	2.2	—	2.2	—	V
I_{OH}	High–Level Output Current (V_{out} = 1.25 V)	2.5	0.28	—	0.25	—	0.2	—	mA
I_{OL}	Low–Level Output Current (V_{out} = 0.4 V)	2.5	0.22	—	0.2	—	0.16	—	mA
I_{in}	Input Current ($\overline{TE}$ — Pull–Up Device)	2.5	—	—	0.09	1.8	—	—	µA
I_{in}	Input Current (A1–A5, A6/D6–A9/D9)	2.5	—	—	—	±25	—	—	µA
I_{DD}	Quiescent Current	2.5	—	—	—	0.05	—	—	µA
I_{dd}	Dynamic Supply Current (f_C = 20 kHz)	2.5	—	—	—	40	—	—	µA

SWITCHING CHARACTERISTICS — MC145026*, MC145027, and MC145028 (C_L = 50 pF, T_A = 25°C)

Symbol	Characteristic	Figure No.	V_{DD}	Guaranteed Limit		Unit
				Min	Max	
t_{TLH}, t_{THL}	Output Transition Time	4,8	5.0 10 15	— — —	200 100 80	ns
t_r	D_{in} Rise Time — Decoders	5	5.0 10 15	— — —	15 15 15	µs
t_f	D_{in} Fall Time — Decoders	5	5.0 10 15	— — —	15 5.0 4.0	µs
f_{osc}	Encoder Clock Frequency	6	5.0 10 15	0.001 0.001 0.001	2.0 5.0 10	MHz
f	Decoder Frequency — Referenced to Encoder Clock	12	5.0 10 15	1.0 1.0 1.0	240 410 450	kHz
t_w	$\overline{TE}$ Pulse Width — Encoders	7	5.0 10 15	65 30 20	— — —	ns

* Also see next Switching Characteristics table for 2.5 V specifications.

SWITCHING CHARACTERISTICS — MC145026 (C_L = 50 pF, T_A = 25°C)

Symbol	Characteristic	Figure No.	V_{DD}	Guaranteed Limit		Unit
				Min	Max	
t_{TLH}, t_{THL}	Output Transition Time	4, 8	2.5	—	450	ns
f_{osc}	Encoder Clock Frequency	6	2.5	1.0	250	kHz
t_w	$\overline{TE}$ Pulse Width	7	2.5	1.5	—	µs

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิติกรรมประกาศ

เนื่องจากระบบควบคุมไฟฟ้าในบ้านนี้ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ สองส่วน คือ ฮาร์ดแวร์ และ ซอฟท์แวร์ จึงจำเป็นต้องใช้ความรู้และการค้นคว้าเป็นอย่างมาก ทั้งนี้ผู้จัดทำได้ความอนุเคราะห์ด้านคำปรึกษาชี้แนะในแนวทางที่ถูกต้องของอาจารย์ผู้มีพระคุณซึ่งนอกจากจะได้รับการสั่งสอน ถ่ายทอดความรู้แล้ว ยังได้รับความห่วงใยต่อคณะผู้จัดทำฉันท์ศิษย์และอาจารย์อีกด้วย

ในโอกาสอันเหมาะสมนี้ คณะผู้จัดทำขอได้กล่าวคำขอบพระคุณในความรู้ ความห่วงใย และปรารถนาดี ที่คณะผู้จัดทำได้รับ จาก ท่านอาจารย์สุริภณ สมควรพาณิชย์ ไว้ ณ ที่นี้ด้วยความสำนึกในพระคุณอย่างสูง และผู้จัดทำยังขอกล่าวคำขอบคุณอย่างจริงใจต่อบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือ เป็นกำลังใจต่อผลงานชิ้นนี้ ซึ่งมีบิดา มารดา ตลอดจนเพื่อน ๆ ทุกคน ส่วนข้อผิดพลาดหรือแนวทางที่ผิดนั้น คณะผู้จัดทำขอน้อมรับไว้เพื่อการแก้ไขต่อไปในอนาคต

คณะผู้จัดทำ

6 มีนาคม 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. ธีรวัฒน์ ประกอบผล, "การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์", สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, 235 หน้า, พิมพ์ครั้งที่ 4, 2543.
2. บัณฑิต โรจน์อารยานนท์, "หลักการไฟฟ้าสื่อสาร", จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 435 หน้า, พิมพ์ครั้งที่ 7, 2541.
3. ปรเมษฐ์ ประนยานันทน์ และ ปิยพงศ์ เผ่าวณิช, "คู่มือและการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51", บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น, 380 หน้า, 2536.
4. Gobind Daryanani, "Principles of Active Network Synthesis and Design", John Wiley & Sons, 495 p. , 1976.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้