สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าไร้สาย

WIRELESS ELECTRICAL EQUIPMENT CONTROLLING

โดย

นายมนัส วงษ์ลา

นางสาวรัชนีวรรณ วิชัยโย

วพ.
ว1655
2549

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 72882
วัน,เดือน,ปี 25 มิ.ย. 2550

b 11273959
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

ผ่านการตรวจรูปเล่มแล้ว
(ลงชื่อ).....ผู้ตรวจ

ผ่านการตรวจชิ้นงานแล้ว
(ลงชื่อ).....ผู้ตรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าไร้สาย

WIRELESS ELECTRICAL EQUIPMENT CONTROLLING

โดย

นายมนัส วงษ์ลา 46010599

นางสาวรัชนีวรรณ วิชัยโย 46010633

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.สมยศ ฉุณณะปิยะ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2549

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าไร้สาย

WIRELESS ELETRICAL EQUIPMENT CONTROLLING

ผู้จัดทำ

1. นายมนัส วงษ์ลา 46010599
2. นางสาวรัชนีวรรณ วิชัยโย 46010633

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ. สมยศ อุณณะปิยะ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าไร้สาย

WIRELESS ELECTRICAL EQUIPMENT CONTROLLING

โดย นายมนัส วงษ์ลา 46010599
นางสาวรัชนีวรรณ วิชัยโย 46010633

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. สมยศ อุณณะปิยะ

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการสร้างระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า หลักการทำงานของระบบนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 คือ ส่วนทำการควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ และส่วนที่ 2 คือ ส่วนควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยส่วนที่ทำการควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ จะทำการส่งสัญญาณควบคุมแบบไร้สายไปยังส่วนควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า เพื่อนำสัญญาณควบคุมดังกล่าวไปประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการปรับระดับแรงดันและทำการเปิด – ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า

ABSTRACT

This project is about the construction of a controlling system for electrical devices. The principle operation of this system can be classified into two parts. The first one is the operational part that is controlled by a computer and the second one is the electrical devices controller. The operational part will transmit a wireless signal to the electrical controller part to analize the result by microcontroller then the electrical voltage is adjusted to switch on – off the electrical devices.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 องค์ประกอบหลักของโครงงาน	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	4
2.1 ทฤษฎีของไมโครคอนโทรลเลอร์	4
2.1.1 โครงสร้างหน่วยความจำ	4
2.1.2 รีจีสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ (Special Function Register)	5
2.2 คุณสมบัติพิเศษของไมโครคอนโทรลเลอร์ (AT89S52 8-Bit)	5
2.3 การเขียนโปรแกรมอินเตอร์รัพต์	5
2.4 การโปรแกรมพอร์ทอนุกรม	9
2.5 ไตรแอค	12
2.5.1 คุณสมบัติพื้นฐานของไตรแอค	13
2.5.2 การควบคุมกำลังไฟแบบเฟสทริกเกอร์	14
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	16
3.1 ส่วนควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์	16
3.1.1 โครงสร้างด้านซอร์ฟแวร์	16
3.1.2 โครงสร้างด้านฮาร์ดแวร์	20
3.2 ส่วนควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	22
3.2.1 ส่วนรับสัญญาณความถี่วิทยุ	22
3.2.2 ส่วนควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	24
3.3 วงจรตรวจจับสัญญาณ Zero – Crossing	26
3.4 วงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าขนาด 1 ช่อง	28
3.5 วงจรตรวจจับการทำงานของหลอดไฟ	30
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	32
4.1 เครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภาคเครื่องส่ง	32
4.2 เครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภาคเครื่องรับ	34
4.3 ส่วนควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า	36
4.4 รูปแสดงชิ้นงานจริง	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 บทวิจารณ์และบทสรุป	42
ภาคผนวก	
บรรณานุกรม	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภาคเครื่องส่ง 1

รูปที่ 1.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภาคเครื่องรับ 2

รูปที่ 2.1 การจัดหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ 4

รูปที่ 2.2 การอินเตอร์รัพต์ 6

รูปที่ 2.3 แสดงการรับ-ส่งข้อมูลในโหมด 3 11

รูปที่ 2.4 แสดงการใช้ เอส.ซี.อาร์ 2 ตัวต่อเป็นไตรแอค 12

รูปที่ 2.5 (ก) แสดงสัญลักษณ์ของไตรแอค 12

(ข) แสดงการใช้งานพื้นฐาน 12

รูปที่ 2.6 วงจรพื้นฐานในการใช้งานไตรแอค 13

รูปที่ 2.7 แสดงวงจรการควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับวงจรหรี่ความสว่างของหลอดไฟ
โดยการปรับมุมของสัญญาณทริกเกอร์ 14

รูปที่ 2.8 การเปลี่ยนแปลงค่าของกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่โหลด
โดยการกำหนดได้จากตำแหน่งเวลาของการทริกที่ให้แก่ไตรแอค 15

รูปที่ 2.9 กราฟแสดงลักษณะสมบัติของไตรแอค 15

รูปที่ 3.1 แสดงหน้าเริ่มต้นเมื่อทำการเปิดโปรแกรม 16

รูปที่ 3.2 แสดงหน้าต่างการตั้งค่าการใช้งานพอร์ทอนุกรม 17

รูปที่ 3.3 แสดงหน้าต่างการใช้งานหลัก 18

รูปที่ 3.4 แสดงโฟลว์ชาร์ตของโปรแกรมควบคุมการทำงานด้านคอมพิวเตอร์ 19

รูปที่ 3.5 แสดงวงจรภาคควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้านผู้ใช้ (MASTER) 20

รูปที่ 3.6 โฟลว์ชาร์ตภาคควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าไร้สายด้านผู้ใช้ 21

รูปที่ 3.7 แสดงวงจรภาครับสัญญาณความถี่วิทยุด้านตัวลูก (Slave) 22

รูปที่ 3.8 โฟลว์ชาร์ตส่วนรับสัญญาณความถี่วิทยุด้านตัวลูก (Slave) 23

รูปที่ 3.9 แสดงวงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้านตัวลูก (Slave) 24

รูปที่ 3.10 โฟลว์ชาร์ตส่วนประมวลผลของส่วนควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้านรับ 25

รูปที่ 3.11 กราฟแสดงจุด Zero – Crossing ของไฟ AC 220 โวลต์ 50 เฮิร์ต 26

รูปที่ 3.12 แสดงวงจรจับสัญญาณ Zero-Crossing 27

รูปที่ 3.13 กราฟแสดงสัญญาณลอจิก 1 ที่จุด Zero – Crossing 27

รูปที่ 3.14 กราฟแสดงสัญญาณลอจิก 0 ที่จุด Zero – Crossing 28

รูปที่ 3.15 แสดงวงจรของเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า ขนาด 1 ช่อง 29

รูปที่ 3.16 แสดงวงจรรวมของเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าในด้านรับ 29

รูปที่ 3.17 วงจรตรวจจับการทำงานของหลอดไฟ 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.18 แสดงวงจรรวมของเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า ขนาด 4 ช่อง 31

รูปที่ 4.1 แสดงสัญญาณควบคุมจากคอมพิวเตอร์จากพอร์ท RS232 (บน)
เมื่อสัญญาณผ่าน IC MAX232 (ล่าง) 32

รูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณควบคุมที่ส่งเข้าขา DATA ของ TRW 2.4 G (บน)
แสดงสัญญาณนาฬิกาที่ส่งเข้าขา CLOCK ของ TRW 2.4 G (ล่าง) 32

รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณควบคุมที่ส่งเข้าขา DATA ของ TRW 2.4 G (บน)
แสดงสัญญาณที่ส่งเข้าขา CS ของ TRW 2.4 G (ล่าง) 33

รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณควบคุมที่ส่งเข้าขา DATA ของ TRW 2.4 G (บน)
แสดงสัญญาณที่ส่งเข้าขา CE ของ TRW 2.4 G (ล่าง) 33

รูปที่ 4.5 แสดงสัญญาณที่ส่งออกจากขา DR1 ของ TRW 2.4 G (บน)
แสดงสัญญาณควบคุมที่ส่งออกจากขา DATA ของ TRW 2.4 G (ล่าง) 34

รูปที่ 4.6 แสดงสัญญาณควบคุมที่รับได้จากขา DATA ของ TRW 2.4 G (บน)
แสดงสัญญาณนาฬิกาที่ขา DATA ของ TRW 2.4 G (ล่าง) 34

รูปที่ 4.7 แสดงสัญญาณควบคุมที่รับได้จากขา DATA ของ TRW 2.4 G (บน)
แสดงสัญญาณที่ขา CS ของ TRW 2.4 G (ล่าง) 35

รูปที่ 4.8 แสดงสัญญาณควบคุมที่รับได้จากขา DATA ของ TRW 2.4 G (บน)
แสดงสัญญาณที่ขา CE ของ TRW 2.4 G (ล่าง) 35

รูปที่ 4.9 แสดงสัญญาณลอจิก 1 ที่จุด Zero – Crossing (บน)
แสดงสัญญาณลอจิก 0 ที่จุด Zero – Crossing (ล่าง) 36

รูปที่ 4.10 แสดงสัญญาณอ้างอิงของ Zero - Crossing (บน)
แสดงสัญญาณ delay ที่เวลา 9 mS (ล่าง) 36

รูปที่ 4.11 แสดงสัญญาณอ้างอิงของ Zero - Crossing (บน)
แสดงสัญญาณ delay ที่เวลา 8 mS (ล่าง) 37

รูปที่ 4.12 แสดงสัญญาณอ้างอิงของ Zero - Crossing (บน)
แสดงสัญญาณ delay ที่เวลา 7 mS (ล่าง) 37

รูปที่ 4.13 แสดงสัญญาณอ้างอิงของ Zero - Crossing (บน)
แสดงสัญญาณ delay ที่เวลา 6 mS (ล่าง) 38

รูปที่ 4.14 แสดงสัญญาณอ้างอิงของ Zero - Crossing (บน)
แสดงสัญญาณ delay ที่เวลา 5 mS (ล่าง) 38

รูปที่ 4.15 แสดงสัญญาณอ้างอิงของ Zero - Crossing (บน)
แสดงสัญญาณ delay ที่เวลา 4 mS (ล่าง) 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.16 แสดงสัญญาณอ้างอิงของ Zero - Crossing (บน)
แสดงสัญญาณ delay ที่เวลา 3 mS (ล่าง) 39

รูปที่ 4.17 แสดงสัญญาณอ้างอิงของ Zero - Crossing (บน)
แสดงสัญญาณ delay ที่เวลา 2 mS (ล่าง) 40

รูปที่ 4.18 แสดงสัญญาณอ้างอิงของ Zero - Crossing (บน)
แสดงสัญญาณ delay ที่เวลา 1 mS (ล่าง) 40

รูปที่ 4.19 แสดงชิ้นงานภาคเครื่องส่ง 41

รูปที่ 4.20 แสดงชิ้นงานภาคเครื่องรับ 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงบิตภายใน IE	7
ตารางที่ 2.2 แสดงบิตภายใน IP	7
ตารางที่ 2.3 หมายเลขอินเตอร์รัพต์ของอินเตอร์รัพต์	8
ตารางที่ 2.4 แสดงบิตภายใน TCON	8
ตารางที่ 2.5 แสดงบิตภายใน PCON	9
ตารางที่ 2.6 แสดงบิตภายใน SCON	10
ตารางที่ 2.7 แสดงการเลือกโหมด	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

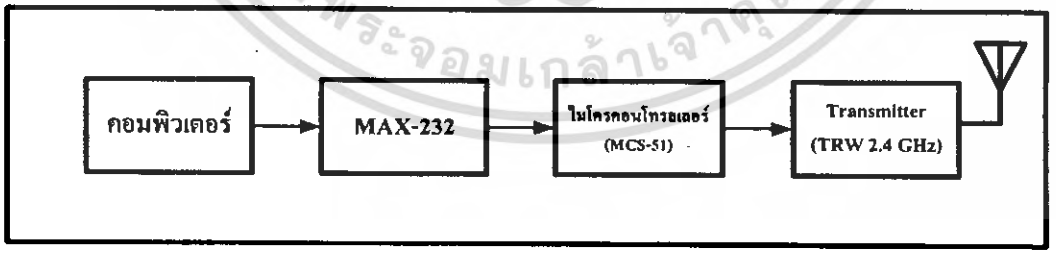
1.1 ความสำคัญและที่มา

ปัจจุบันความต้องการของการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้านั้น นอกจากการเปิด - ปิดแล้วยังมีเครื่องใช้ไฟฟ้าบางประเภทที่มีความต้องการที่จะทำงานในระดับแรงดันต่างๆ เช่น หลอดไฟแบบไส้ พัดลม มอเตอร์ไฟฟ้า เครื่องทำความร้อน เป็นต้น โครงงานนี้ถูกสร้างขึ้นเพื่อจุดประสงค์ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบไร้สาย ให้สามารถเปิด – ปิด และมีระดับแรงดันเอาท์พุทต่างๆ ตามที่เราต้องการ โดยอาศัยหลักการในการควบคุมเฟสของสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ (AC 220V) ซึ่งเป็นสัญญาณไซน์เวฟ (มุมเฟส 360 องศา) ขนาดความถี่ 50Hz การควบคุมเฟสจะอาศัยหลักการทำงานของไตรแอค (Triac) โดยการควบคุมการจุดชนวนเกทของไตรแอคซึ่งการจุดชนวนเกทที่มุมเฟสต่างๆ ของไตรแอคจะมีผลต่อค่าระดับแรงดันเอาท์พุทกระแสสลับ โดยเราจะใช้สัญญาณจากจุดที่เรียกว่า Zero-Crossing เป็นจุดอ้างอิงในการกระตุ้นเฟสของสัญญาณ

หลักการทำงานของระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้านี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 คือส่วนทำการควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ โดยจะทำการส่งสัญญาณควบคุมแบบไร้สายไปยังเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าในด้านรับ โดยสามารถเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรมอธิบายการทำงานของเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ดังนี้

บล็อกไดอะแกรมของเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้านเครื่องส่ง

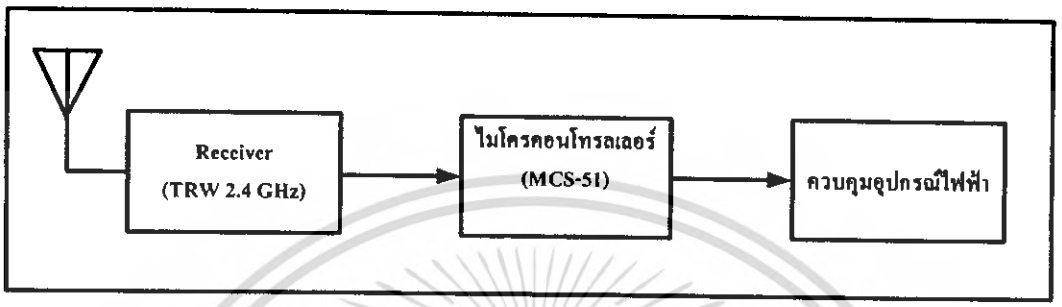


รูปที่ 1.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าในภาคเครื่องส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บล็อกไดอะแกรมของเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้านเครื่องรับ

ส่วนที่ 2 คือ ส่วนควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า จะนำสัญญาณควบคุมที่รับได้ไปประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการปรับระดับแรงดันและทำการเปิด – ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า



รูปที่ 1.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าในภาคเครื่องรับ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อศึกษาการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบไร้สาย ให้สามารถเปิด – ปิด และมีระดับแรงดันเอาท์พุทต่างๆ ตามที่เราต้องการ

1.2.2 เพื่อศึกษาการนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้ในการอินเตอร์เฟสกับระบบต่างๆ

1.2.3 เพื่อศึกษาระบบการรับส่งข้อมูลผ่านสัญญาณความถี่วิทยุในย่าน 2.4 GHz

1.2.4 เพื่อเรียนรู้หลักในการออกแบบระบบให้สามารถใช้งานได้ง่าย และใช้งานได้จริง

1.2.5 เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมบนวินโดว์เพื่อใช้ในงานควบคุม

1.2.6 ฝึกทักษะในการออกแบบระบบวงจรต่างๆ

1.2.7 เพื่อเรียนรู้การทำงานที่เป็นระบบ และรู้จักการวิเคราะห์ปัญหา

1.3 องค์ประกอบหลักของการทำงาน

1.3.1 การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์

การเขียนโปรแกรมบนวินโดว์จะใช้ภาษา Visual C#.net เพื่อใช้งานควบคุม และใช้ภาษาแอสแซมบลี (Assembly) ในการโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์

1.3.2 การสื่อสารผ่านระบบคลื่นความถี่วิทยุ

ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับระบบสื่อสารผ่านคลื่นความถี่วิทยุ คือส่วนที่ทำการส่งและรับสัญญาณควบคุม โดยจะทำการรับ - ส่งสัญญาณควบคุมแบบไร้สาย โดยใช้โมดูลความถี่วิทยุ TRW 2.4 GHz โดยควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

1.3.3 วงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Circuit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการออกแบบระบบนั้นจะต้องมีการออกแบบวงจรเพื่อใช้ในระบบ ในโครงงานนี้ได้ทำการออกแบบและสร้างวงจรต่างๆ ซึ่งได้แก่วงจรภาคส่งสัญญาณควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้านผู้ใช้ (MASTER) วงจรภาครับสัญญาณควบคุมด้วยความถี่วิทยุด้านตัวลูก (Slave) วงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า วงจรตรวจจับสัญญาณ Zero-Crossing

1.3.4 การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

ในโครงงานนี้ได้มีการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ AT89S4051 สำหรับควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการส่งสัญญาณ เพื่อควบคุมการเปิด – ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าแบบไร้สายได้ เช่น การหลี่หลอดไฟบนเวทีคอนเสิร์ต และสามารถนำมาใช้งานได้จริง

1.4.2 รู้จักการประยุกต์การใช้งานระบบไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

1.4.3 มีความเข้าใจในการเขียนโปรแกรมบนวินโดว์เพื่อใช้ในงานควบคุม

1.4.4 ได้ศึกษาการใช้งานฟังก์ชันต่างๆ ของเครื่องมือวัดและทดลอง

1.4.5 รู้จักวิธีการทำงานอย่างมีระบบ และเป็นการเพิ่มทักษะในการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า เช่น กรณีที่วงจรไม่ทำงาน หรือเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

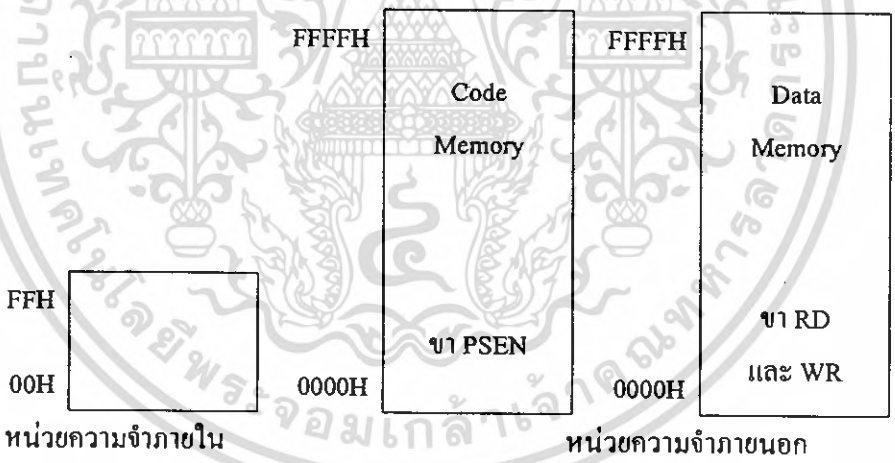
บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ทฤษฎีของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89S52 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีหลักการทำงานเหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MSC-51 ดังนั้นจึงเสนอหลักการทำงานของ MCS-51 บางประการที่สำคัญดังนี้

2.1.1 โครงสร้างหน่วยความจำ

หน่วยความจำไมโครคอนโทรลเลอร์จะมี 2 ชนิด คือ หน่วยความจำที่ใช้เก็บโปรแกรมหรือรอม (ROM) กับหน่วยความจำที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลในการประมวลผลหรือแรม (RAM) ไมโครคอนโทรลเลอร์บางเบอร์ เช่น 8051, 8052 จะมีหน่วยความจำโปรแกรมภายในไอซี และไมโครคอนโทรลเลอร์ทุกเบอร์สามารถอ้างหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้มากที่สุด 64 กิโลไบต์ สำหรับหน่วยความจำแรมภายในจะประกอบด้วยพื้นที่ใช้งานทั่วไป รีจิสเตอร์แบงก์ พื้นที่ใช้งานระดับบิต และรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ เราอาจเขียนไดอะแกรมของหน่วยความจำของ 8031 ได้ดังรูปที่ 2.1 โดยในรูปจะบอกด้วยว่าขาใดจะแอคทีฟ



รูปที่ 2.1 การจัดหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์

ใน 8031 จะมีหน่วยความจำภายในตั้งแต่ตำแหน่ง 00H ถึง FFH และสามารถอ้างหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้ 64 กิโลไบต์ตำแหน่ง ถ้าอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมขา PSEN จะแอคทีฟ นอกจากนี้ 8031 สามารถอ้างหน่วยความจำภายนอกได้ 64 กิโลไบต์ตำแหน่ง โดยการติดต่อกับหน่วยความจำนี้ ขา RD และ WR จะแอคทีฟ สำหรับหน่วยความจำข้อมูลภายในนั้นจะแบ่งออกได้ดังนี้

1) ชุดรีจิสเตอร์ 4 ชุด แต่ละชุดเรียกว่ารีจิสเตอร์แบงก์ที่ตำแหน่ง 00H ถึง 1FH โดยแต่ละชุดประกอบด้วยรีจิสเตอร์ R0 ถึง R7
2) หน่วยความจำที่สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ ตำแหน่ง 20H ถึง 2FH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) หน่วยความจำที่ใช้งานทั่วไป ตำแหน่ง 30H ถึง 7FH

4) รีจีสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ ตำแหน่ง 80H ถึง FFH

แผนผังการจัดหน่วยความจำข้อมูลแสดงได้ดังรูปที่ 2.1 จากแผนผังจะเห็นได้ว่าการอ้างตำแหน่งหน่วยความจำภายในจะอ้างได้ 2 แบบ คือ การอ้างไปที่ตำแหน่งของไบต์ (เขียนหมายเลขตำแหน่งด้านนอก) หรืออ้างไปที่ตำแหน่งของบิต (เขียนหมายเลขตำแหน่งด้านใน) โดยตำแหน่งของหน่วยความจำที่อ้างเป็นแบบบิตได้จะมีตำแหน่งบิตที่แน่นอน

2.1.2 รีจีสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ (Special Function Register)

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ รีจีสเตอร์จะใช้หน่วยความจำแรมในไอซี โดยส่วนหนึ่งเป็นรีจีสเตอร์พิเศษ (Special Function Register : SFR) ซึ่งมีทั้งหมด 21 ตัว รีจีสเตอร์พิเศษต่างๆ จะเริ่มที่หน่วยความจำตั้งแต่ 80H ถึง FFH ซึ่งมีทั้งหมด 128 ตำแหน่ง แต่จะเป็นรีจีสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษเพียง 21 ตำแหน่ง แต่ถ้าเป็น 8032/8051 จะใช้ 26 ตำแหน่ง หรือมีรีจีสเตอร์พิเศษ 26 ตัว

2.2 คุณสมบัติพิเศษของไมโครคอนโทรลเลอร์ (AT89S52 8-Bit)

ไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น AT89S52 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่อยู่ในตระกูลของ MCS-51 เหมือนไมโครคอนโทรลเลอร์ทั่วไป แต่จะมีคุณสมบัติพิเศษซึ่งต่างจากไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวอื่น ๆ ก็คือ สามารถทำการโปรแกรมแบบอินซิสเต็มโปรแกรมมิ่ง (ISP) ได้ ถ้าต้องการโปรแกรมไอซีก็จะติดต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ทางพอร์ทขนาน เมื่อเขียนโปรแกรมแล้วสามารถโหลดข้อมูลที่เป็น HEX File ลงมาที่บอร์ดโดยไม่ต้องถอดชิปไอซีออกจากบอร์ดทดลอง และไม่ต้องใช้เครื่องโปรแกรมจากภายนอกเพิ่มเติม หลังจากนั้นสามารถทำการทดสอบโปรแกรมได้ทันที นอกจากนี้ยังมีข้อดีที่เหนือกว่าไมโครคอนโทรลเลอร์อื่น ๆ อีกเช่น

- มีดาต้าพอยน์เตอร์ (DPTR) 2 ตัว

ใน AT89S52 มีดาต้าพอยน์เตอร์ 2 ตัว โดยเราสามารถเลือกว่าจะใช้ตัวใดก็ได้ โดยเลือกเซ็ทบิต DPS ในรีจีสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ AUXR1 (ตำแหน่ง A2H) โดย

เลือก DPTR0 ; DPS = 0

เลือก DPTR1 ; DPS = 1

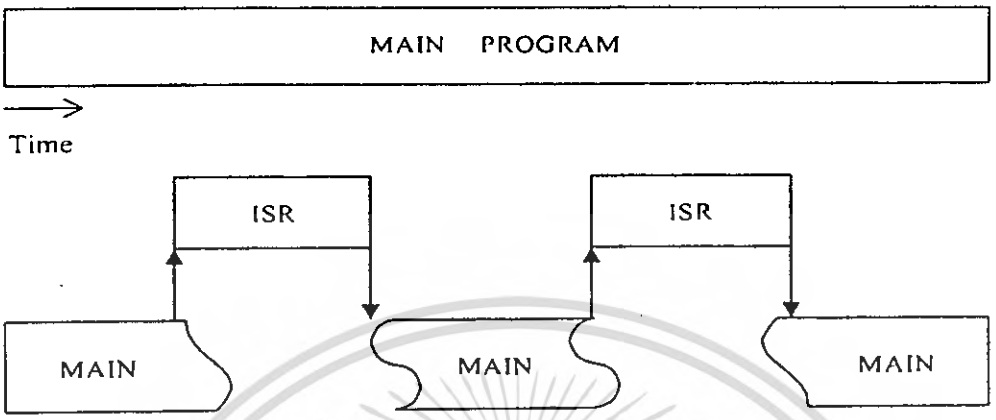
- มีแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัพต์ 8 แหล่ง

2.3 การเขียนโปรแกรมอินเตอร์รัพต์

การอินเตอร์รัพต์ คือ การขัดจังหวะการทำงานของโปรแกรมหลัก โดยให้โปรแกรมหลักหยุดการทำงานชั่วคราวแล้วกระโดดไปทำงานในส่วนโปรแกรมบริการอินเตอร์รัพต์ (Interrupt Service Routine) เมื่อทำงานในโปรแกรมบริการเสร็จเรียบร้อย โปรแกรมจะกลับไปทำงานโปรแกรมหลักต่อไป เหตุผลสำคัญที่ต้องมีการใช้การอินเตอร์รัพต์ เนื่องจากขณะที่มีการใช้อุปกรณ์ต่อพ่วง (Peripheral Device) หลายอุปกรณ์เข้ากับซีพียู จนซีพียูต้องทำการวนรอเพื่อตรวจสอบการร้องขอการบริการจากอุปกรณ์ต่อพ่วงเพื่อร้องขอการทำงานซึ่งจะทำให้เกิดการเสียเวลา ถ้าอุปกรณ์ต่อพ่วงมีจำนวนมาก เทคนิคการใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการอินเตอร์รัพต์จึงช่วยลดเวลาการทำงานแบบวนรอได้ โดยเปลี่ยนมาเป็นการบริการเมื่อมีการร้องขอแบบขัดจังหวะมาเท่านั้น



รูปที่ 2.2 การอินเตอร์รัพต์

เมื่อเกิดการอินเตอร์รัพต์ที่เวลาใด ๆ จะทำให้การทำงานของโปรแกรมหลักหยุดไป แล้วกระโดดไปทำงานของโปรแกรมบริการอินเตอร์รัพต์ (ISR) สำหรับ MCS-51 จะมีแหล่งของอินเตอร์รัพต์อยู่ 5 แหล่งดังนี้

จากภายใน

1. Timer 0
2. Timer 1
3. Serial

จากภายนอก

1. INT0
2. INT1

สำหรับการอินเตอร์รัพต์จากภายในจะเป็นไทม์เมอร์ 0, ไทม์เมอร์ 1 และพอร์ทอนุกรม โดยจะตรวจสอบการเกิดอินเตอร์รัพต์จากแฟลกซ์โอเวอร์โฟลว์คือ TF1, TF0 ส่วนพอร์ทอนุกรมจะตรวจสอบจาก TI หรือ RI

การเกิดอินเตอร์รัพต์จากภายนอกจะใช้ขาสัญญาณ INT0 และ INT1 ขาสัญญาณนี้จะทำงานที่ลอจิก "0"

ในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะมีรีจีสเตอร์สำหรับโปรแกรมการทำงานอินเตอร์รัพต์อยู่ 3 ตัว คือ IE (Interrupt Enable), IP (Interrupt Priority), TCON (Timer Control) ซึ่งรายละเอียดต่างๆ ของรีจีสเตอร์แต่ละตัวจะเป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. รีจีสเตอร์ IE (Interrupt Enable) อยู่ตำแหน่งแอดเดรส 0A8H สามารถอ้างตำแหน่งแบบบิตได้

ตารางที่ 2.1 แสดงบิตภายใน IE

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
EA	-	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

EA ถ้าเป็นลอจิก "1" หมายความว่าให้อินเตอร์รัพต์ได้

ET2 ถ้าเป็นลอจิก "1" จะเอ็นนาเบิล Timer 2 (ใช้กับเบอร์ที่มี Timer 2)

ES ถ้าเป็นลอจิก "1" จะเอ็นนาเบิล อินเตอร์รัพต์จากพอร์ทอนุกรม

ET1 ถ้าเป็นลอจิก "1" จะเอ็นนาเบิล Timer 1

EX1 ถ้าเป็นลอจิก "1" จะเอ็นนาเบิล สัญญาณอินเตอร์รัพต์จากภายนอกที่เข้ามาทางขา INT1

ET0 ถ้าเป็นลอจิก "1" จะเอ็นนาเบิล Timer 0

EX0 ถ้าเป็นลอจิก "1" จะเอ็นนาเบิล สัญญาณอินเตอร์รัพต์จากภายนอกที่เข้ามาทางขา INT0

2. รีจีสเตอร์ IP (Interrupt Priority) อยู่ตำแหน่งแอดเดรส 0B8H สามารถอ้างตำแหน่งแบบบิตได้ ใช้กำหนดลำดับของการอินเตอร์รัพต์ กรณีที่เกิดการอินเตอร์รัพต์จากหลายแหล่งพร้อมๆ กัน

ตารางที่ 2.2 แสดงบิตภายใน IP

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
-	-	PT2	PS	PT1	PX1	PT0	PX0

PT2 สงวนไว้ใช้งานภายหน้า

PS การอินเตอร์รัพต์จากพอร์ทอนุกรม

PT1 การอินเตอร์รัพต์จาก Timer 1

PX1 การอินเตอร์รัพต์จาก INT1

PT0 การอินเตอร์รัพต์จาก Timer 0

PX0 การอินเตอร์รัพต์จาก INT 0

กรณีที่มีการกำหนดลำดับความสำคัญของแหล่งการเกิดอินเตอร์รัพต์สูงสุดเท่ากัน ซีพียูจะเรียงลำดับความสำคัญจากการโพล (Polling) ภายในโครงสร้างโดยมีการเรียงลำดับดังนี้

IE0 - ลำดับความสำคัญสูงสุด

TF0 - ลำดับความสำคัญสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IE1 - ลำดับความสำคัญสูงสุด

TF1 - ลำดับความสำคัญสูงสุด

Serial - ลำดับความสำคัญสูงสุด

การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาแอสแซมบลีนั้น โปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพต์จะเขียนเหมือนฟังก์ชันทั่วไป แต่จะใช้คำว่า "อินเตอร์รัพต์" และหมายเลขอินเตอร์รัพต์ต่อท้ายฟังก์ชันนั้น โดยหมายเลขอินเตอร์รัพต์ของอินเตอร์รัพต์แต่ละตัวจะเป็นดังนี้

ตารางที่ 2.3 หมายเลขอินเตอร์รัพต์ของอินเตอร์รัพต์

แหล่งกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัพต์	หมายเลขอินเตอร์รัพต์
อินเตอร์รัพต์จากภายนอก (IE0)	0
อินเตอร์รัพต์ไทม์เมอร์ (TF0)	1
อินเตอร์รัพต์จากภายนอก (IE1)	2
อินเตอร์รัพต์ไทม์เมอร์ (TF1)	3
อินเตอร์รัพต์พอร์ทอนุกรม	4

3. รีจีสเตอร์ TCON (Timer Control) เป็นรีจีสเตอร์ขนาด 8 บิต อยู่ตำแหน่งที่ 88H สามารถอ้างตำแหน่งแบบบิตได้ ใช้ในการควบคุมการทำงานของไทม์เมอร์และอินเตอร์รัพต์บิตต่างๆ เป็นดังนี้

ตารางที่ 2.4 แสดงบิตภายใน TCON

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

TF1 เป็นบิตโอเวอร์โฟลว์ของไทม์เมอร์ 1 จะเป็นลอจิก "1" เมื่อไทม์เมอร์เกิดโอเวอร์โฟลว์ และบิตนี้สามารถอินเตอร์รัพต์ในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ เมื่อทำโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพต์จบ บิต TF1 นี้จะกลับมาเป็นลอจิก "0"

TR1 ใช้เปิด-ปิดไทม์เมอร์ 1

TF0 เหมือนกับ TF1 แต่ใช้กับไทม์เมอร์ 0

TR0 ใช้เปิด-ปิดไทม์เมอร์ 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IE1 เป็นบิตแสดงการอินเตอร์รัพต์ทางฮาร์ดแวร์ที่เข้ามาทางขา INT1 ว่ามีลักษณะใด ถ้าเป็นลอจิก "1" หมายความว่าจะเกิดการอินเตอร์รัพต์เมื่อมีสัญญาณขอบขาลงเข้ามา ถ้าเป็นลอจิก "0" หมายความว่าจะเกิดการอินเตอร์รัพต์เมื่อมีระดับลอจิกเป็น "0"

IE0 ใช้งานเหมือน IE1 แต่จะใช้กับ INT0

IT0 ใช้งานเหมือนกับ IT1 แต่จะใช้กับ INT0

2.4 การโปรแกรมพอร์ทอนุกรม

โดยปกติแล้ว MCS-51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีความสามารถในการรับข้อมูลจากภายนอกและนำมาประมวลผล พร้อมทั้งสามารถส่งสัญญาณเพื่อทำการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ได้เป็นอย่างดี และในส่วนของการติดต่อสื่อสารข้อมูล (Data Communication) กับระบบภายนอกอื่นๆ ก็สามารถกระทำโดยผ่านทางพอร์ทอนุกรม (Serial Port) ซึ่งพอร์ทอนุกรมนี้จะเป็นส่วนที่เหมาะสมในการรับหรือส่งข้อมูลในระยะทางไกลได้ดีกว่าพอร์ทขนาน

รีจีสเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการใช้งานพอร์ทอนุกรม

1) รีจีสเตอร์ควบคุมไทม์เมอร์ เนื่องจากการใช้งานพอร์ทอนุกรมนั้นมีสิ่งที่ต้องคำนึงถึง คือ อัตราการรับ-ส่งข้อมูล หรือ เรียกว่า อัตราบอด (Baud rate) จริงๆ แล้วก็คือจังหวะการเลื่อนข้อมูลเข้าหรือออกจาก MCS-51 นั่นเอง โดยอัตราบอดนี้สามารถสร้างขึ้นภายในชิปของ MCS-51 ได้จากไทม์เมอร์แชนแนล 1 โดยทำงานในโหมด 2 คือ โหลดค่ากลับอัตโนมัติ ดังนั้นรีจีสเตอร์ที่ต้องทำการโปรแกรมมีดังนี้

- TMOD ตำแหน่ง 89H ทำหน้าที่เลือกโหมดของไทม์เมอร์
- TCON ตำแหน่ง 88H ทำหน้าที่เริ่มต้นการสร้างอัตราบอด
- TH1 ตำแหน่ง 8CH ทำหน้าที่ใส่ข้อมูลการนับของไทม์เมอร์ 1 เพื่อสร้างอัตราบอด

2) รีจีสเตอร์ควบคุมการลดกำลัง เนื่องจากว่าการสร้างอัตราบอดนั้นจะต้องนำบิตในรีจีสเตอร์ PCON มาใช้ในการคำนวณข้อมูลของ TH1 ดังนั้นรีจีสเตอร์ที่ใช้ก็คือ

- PCON ตำแหน่ง 87H ทำหน้าที่ในการคำนวณข้อมูลที่จะใส่ในรีจีสเตอร์ TH1 ดังนี้

ตารางที่ 2.5 แสดงบิตภายใน PCON

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
SMOD	-	-	-	GF1	GF0	PD	IDL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SMOD บิตกำหนดอัตราความเร็วการรับ-ส่งข้อมูลอนุกรม UART

0 = อัตราความเร็ว 1 เท่า

1 = อัตราความเร็ว 2 เท่า

GF0 แฟลกซ์ใช้งานทั่วไปไม่เกี่ยวข้องกับการควบคุมใดๆ

GF1 แฟลกซ์ใช้งานทั่วไปไม่เกี่ยวข้องกับการควบคุมใดๆ

PD Power down Bit

1 = หยุดออสซิลเลเตอร์ของซีพียู สัญญาณรีเซ็ท หรือ อินเตอร์รัพต์ (83C154, 83C154D เท่านั้น) ที่จะยกเลิกโหมดนี้

IDL Idle Mode Bit

1 = หยุดการทำงานของซีพียู สัญญาณรีเซ็ท หรือ อินเตอร์รัพต์ เท่านั้นที่จะยกเลิกโหมดนี้

3) รีจีสเตอร์ควบคุมการอินเตอร์รัพต์ เนื่องจากว่า MCS-51 สามารถใช้งานพอร์ทอนุกรมในลักษณะของการอินเตอร์รัพต์ จึงมีรีจีสเตอร์ที่เกี่ยวข้องดังนี้

- IE ตำแหน่ง 0A8H ทำหน้าที่ยอมให้เกิดการอินเตอร์รัพต์จากพอร์ทอนุกรมได้หรือไม่
- IP ตำแหน่ง 0B8H ทำหน้าที่จัดลำดับความสำคัญของการอินเตอร์รัพต์

4) รีจีสเตอร์ควบคุมพอร์ทอนุกรม การใช้งานพอร์ทอนุกรมจะขึ้นอยู่กับรีจีสเตอร์โดยตรงคือ

- SBUF ตำแหน่ง 99H ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์การรับหรือส่งข้อมูลของพอร์ทอนุกรม
- SCON ตำแหน่ง 98H ทำหน้าที่ควบคุมและกำหนดโหมดการใช้งานพอร์ทอนุกรมทั้งหมด ซึ่งมีรายละเอียดของบิตต่างๆ ดังนี้

ตารางที่ 2.6 แสดงบิตภายใน SCON

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 แสดงการเลือกโหมด

SM0, SM1 บิตเลือกโหมดการทำงาน

SM0	SM1	โหมด	การทำงาน
0	0	0	Shift Register ความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูลเท่ากับ (1/12) ของ OSC
0	1	1	8 บิต UART ความเร็วในการรับ-ส่งข้อมูลกำหนดจาก Timer 1, 2
1	0	2	9 บิต UART ความเร็วในการรับส่งข้อมูล = (1/32) หรือ (1/64) เท่าของ CPU OSC โดยขึ้นกับบิต SMOD ใน PCON
1	1	3	9 บิต UART ความเร็วในการรับส่งข้อมูลกำหนดจาก Timer 1, 2

SM2 บิตเลือกการทำงานแบบ Single Processor Environment หรือ Multiprocessor Environment

1 : เลือก Multiprocessor Environment ใช้ได้กับโหมด 2, 3

0 : เลือก Single Processor Environment ใช้ได้กับทุกโหมด

REN บิตควบคุมให้รับหรือไม่รับข้อมูล

1 : ให้รับข้อมูลได้

0 : ห้ามรับข้อมูล

TB8 ข้อมูลบิตที่ 9 ที่จะส่งออกไปในโหมด 2, 3 ให้ใส่ในบิตนี้ได้เลย

RB8 ข้อมูลบิตที่ 9 ที่รับเข้ามาจะมาเก็บในบิตนี้

TI แฟลกซ์ TI จะเป็น 1 เมื่อสิ้นสุดการส่งข้อมูล 1 ไบต์

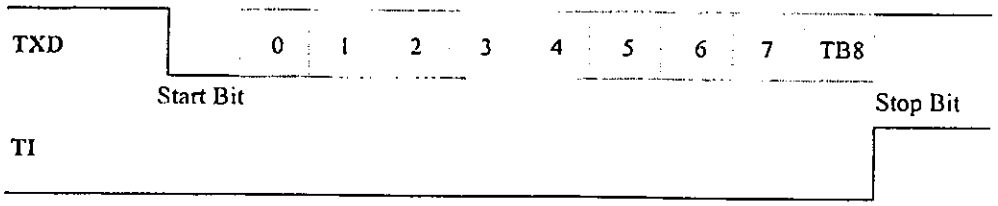
RI แฟลกซ์ RI จะเป็น 1 เมื่อรับข้อมูลเสร็จ 1 ไบต์ (บิต RI, TI ผู้เขียนโปรแกรมจะต้องเคลียร์เอง)

การส่งข้อมูลแบบอนุกรมในโหมด 3

พอร์ทสื่อสารอนุกรม 11 บิต UART โดยข้อมูล (DATA) 8 บิต, 1 สตาร์ทบิต (Start Bit) และ 1 สต็อพบิต (Stop Bit) เหมือนโหมด 2 ยกเว้นอัตราความเร็วจะขึ้นกับบิต SMOD ใน PCON และอัตราโอเวอร์โฟลว์ของ Timer 1 สำหรับ 8051

$$BaudRateMode3 = \frac{2^{SMOD} \times CPUOSC}{32 \times 12 \times [256 - (TH1)]}$$

สมการแสดงการคำนวณหาอัตราบอดในโหมด 3

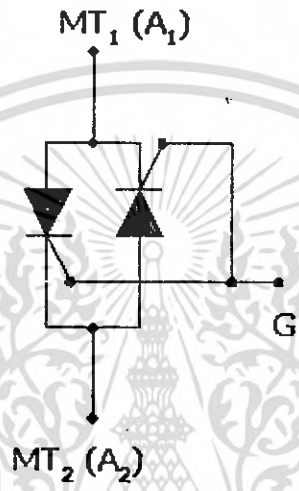


รูปที่ 2.3 แสดงการรับ-ส่งข้อมูลในโหมด 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

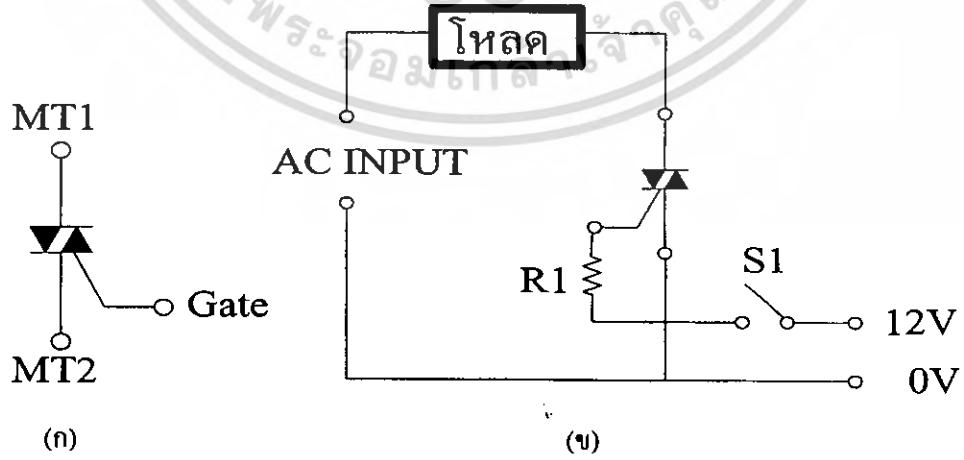
2.5 ไตรแอค

ลักษณะโครงสร้างของไตรแอคเหมือนกับการนำเอาเอสซีอาร์ 2 ตัวมาต่อขนานกันในลักษณะกลับขั้ว ส่วนขาเกทต่อร่วมเข้าด้วยกัน ดังนั้นไตรแอคจะทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมระบบไฟฟ้าได้ทั้งแบบไฟตรงและไฟสลับ นั่นคือความสามารถในการนำกระแสได้ทั้งสองทิศทาง โดยการทริกที่เกทนั้นก็สามารถกระทำได้ทั้งสองทิศทางเช่นกัน ดังรูป



รูปที่ 2.4 แสดงการใช้ เอส.ซี.อาร์ 2 ตัวต่อเป็นไตรแอค

การทำงานของไตรแอค



(ก) (ข)

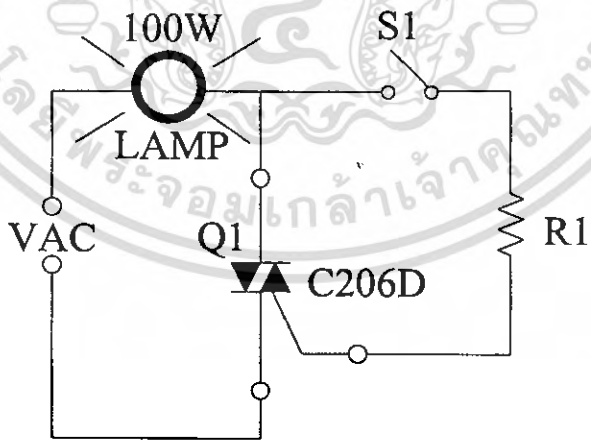
รูปที่ 2.5 (ก) แสดงสัญลักษณ์ของไตรแอค (ข) แสดงการใช้งานพื้นฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 คุณสมบัติพื้นฐานของไดรแอค

1. โดยปกติ ถ้าไม่มีสัญญาณทริกที่เกท ไดรแอคจะไม่ทำงาน โดยจะมีลักษณะเหมือนกับสวิตช์ที่ถูกเปิดวงจร
2. ถ้าในกรณีที่ MT1 และ MT2 ถูกป้อนด้วยแรงดันบวกและลบตามลำดับ ไดรแอคจะถูกกระตุ้นให้ทำงานได้โดยการป้อนสัญญาณพัลส์เพียงสั้นๆ ที่เกทของมัน โดยจะมีแรงดันคกคร่อมตัวมันมีค่าประมาณ 1 หรือ 2 โวลต์เท่านั้น และเมื่อไดรแอคเริ่มทำงานแล้ว ก็จะสามารถคงสภาพการทำงานอยู่เช่นนั้นต่อไปเรื่อยๆ ตราบเท่าที่ยังมีกระแสไหลผ่านตัวมันอย่างต่อเนื่อง
3. หลังจากที่ไดรแอคคงสภาพการทำงานอยู่นั้นทางเดียวที่จะหยุดการทำงานลงได้ คือการลดปริมาณกระแสที่ไหลผ่านตัวมันลง ให้มีค่าต่ำกว่ากระแสโฮลดิ้งของมัน ในกรณีที่ใช้ไดรแอคในการจ่ายกระแส AC การหยุดการทำงานจะเกิดขึ้นอย่างอัตโนมัติ เมื่อแรงดันของไฟสลับเข้าใกล้จุดตัดศูนย์ที่เกิดขึ้น ทุกๆ ครึ่งคลื่น นั่นคือ กระแสจะลดลงเป็นศูนย์
4. ไดรแอคถูกกระตุ้นให้ทำงานได้ ทั้งสัญญาณแบบบวกและลบที่ป้อนให้แก่ขาเกท โดยไม่คำนึงถึงขั้วที่ต่ออยู่ที่ MT1 และ MT2
5. ไดรแอคสามารถทนการกระชากของกระแสได้สูง เช่น โดยปกติสำหรับไดรแอคที่ทนกระแสปกติได้ 10 แอมแปร์ (rms) สามารถทนการกระชากของกระแสในช่วงหนึ่ง คาบเวลาของไฟ 60 เฮิร์ตได้สูงถึง 100 แอมแปร์ เป็นต้น

ตัวอย่างการใช้งานพื้นฐานของไดรแอค



รูปที่ 2.6 วงจรพื้นฐานในการใช้งานไดรแอค

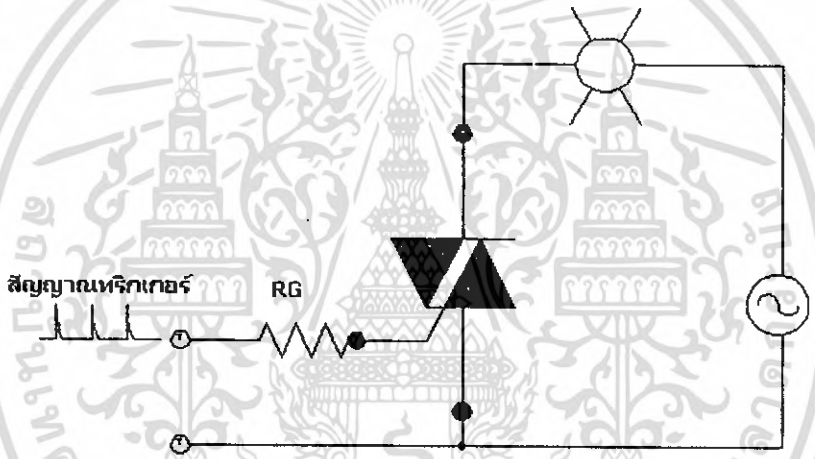
ในรูปแสดงถึงการที่ไดรแอคสามารถทำงานเป็นสวิตช์ ที่ใช้ควบคุมการจ่ายกระแสโหลดแบบที่ง่ายที่สุดโดยเมื่อสวิตช์ S1 เปิดวงจรอยู่ ไดรแอคและโหลดจะไม่ทำงาน แต่เมื่อ S1 ถูกปิดวงจรลงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดเริ่มต้นของทุกๆ ครึ่งของสัญญาณไฟสลับที่ให้นั้นไตรแอคจะยังไม่นำกระแส แต่หลังจากนั้นเพียงเล็กน้อยแรงดันที่ขาเกท ก็มีค่าสูงพอที่จะทำให้ไตรแอคเริ่มนำกระแสได้ ดังนั้น หลอดไฟจะติดสว่างและไตรแอคจะหยุดทำงานลงอีก เมื่อแรงดันของสัญญาณไฟสลับเข้าใกล้จุดตัดศูนย์อีกครั้ง แล้วก็เริ่มทำงานใหม่เป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ

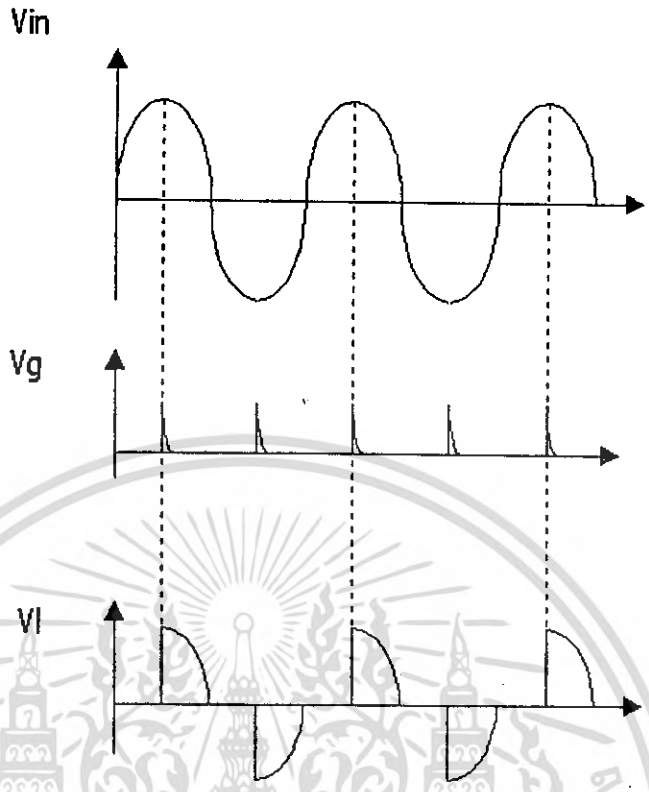
2.5.2 การควบคุมกำลังไฟแบบเฟสทริกเกอร์

จากตัวอย่างของการใช้งานไตรแอค ที่กล่าวมาข้างต้นนี้เป็นการใช้งานในลักษณะเป็นสวิตช์เปิด - ปิดการจ่ายไฟให้แก่โหลดต่างๆ แต่ความเป็นจริงแล้วการใช้งานสามารถขยายออกไปได้อีกมากมาย เช่น ใช้เป็นวงจรหลี่ความสว่างของหลอดไฟ หรือเป็นวงจรควบคุมความเร็วของมอเตอร์ เป็นต้น ซึ่งก็ล้วนแต่เป็นการใช้งานควบคุมกำลังไฟ ที่จะจ่ายให้แก่โหลดในระบบที่เรียกว่า "เฟสทริกเกอร์"

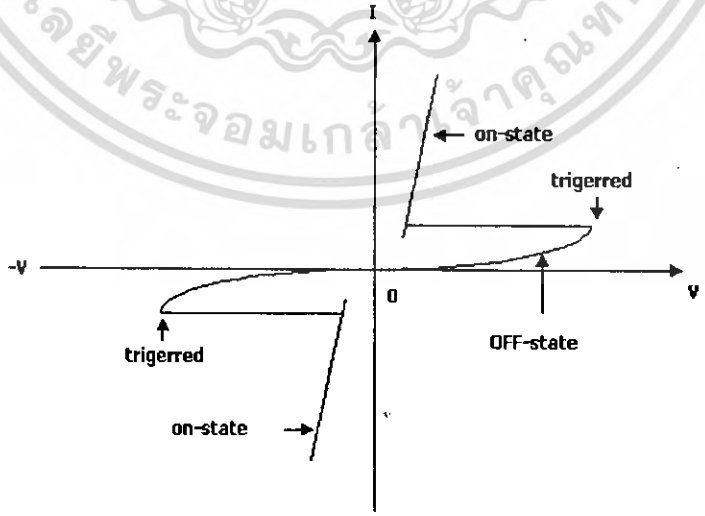


รูปที่ 2.7 แสดงวงจรการควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับวงจรหรี่ความสว่างของหลอดไฟ
โดยการปรับมุมของสัญญาณทริกเกอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 การเปลี่ยนแปลงค่าของกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่โหลด โดยการกำหนดได้จากตำแหน่งเวลาของการทริกที่ให้แก่ไตรแอค



รูปที่ 2.9 กราฟแสดงลักษณะสมบัติของไตรแอค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การคำนวณและการสร้าง

ระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้านี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

3.1 ส่วนควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์

ส่วนควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์จะทำการส่งสัญญาณควบคุมแบบไร้สาย ไปยังส่วนควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยสามารถออกแบบการทำงานได้ดังนี้

3.1.1 โครงสร้างด้านซอร์ฟแวร์

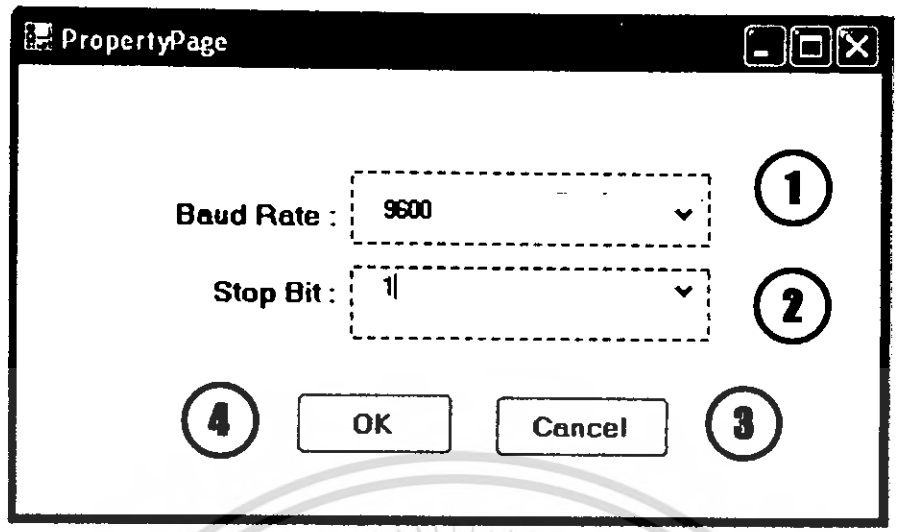
จะทำการออกโปรแกรมควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยภาษา Visual C#.NET ซึ่งอธิบายการทำงานของโปรแกรมตามโฟลว์ชาร์ตดังรูปที่ 3.4 ได้ดังนี้

รูปที่ 3.1 แสดงหน้าเริ่มต้นเมื่อทำการเปิดโปรแกรม

ส่วนที่ 1

1. Welcome: จะแสดงหน้าต่างข้อความต้อนรับก่อนเข้าโปรแกรม เมื่อทำการกดปุ่ม Welcome โปรแกรมก็จะเข้าหน้าให้กำหนดค่าที่เกี่ยวกับพอร์ทอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



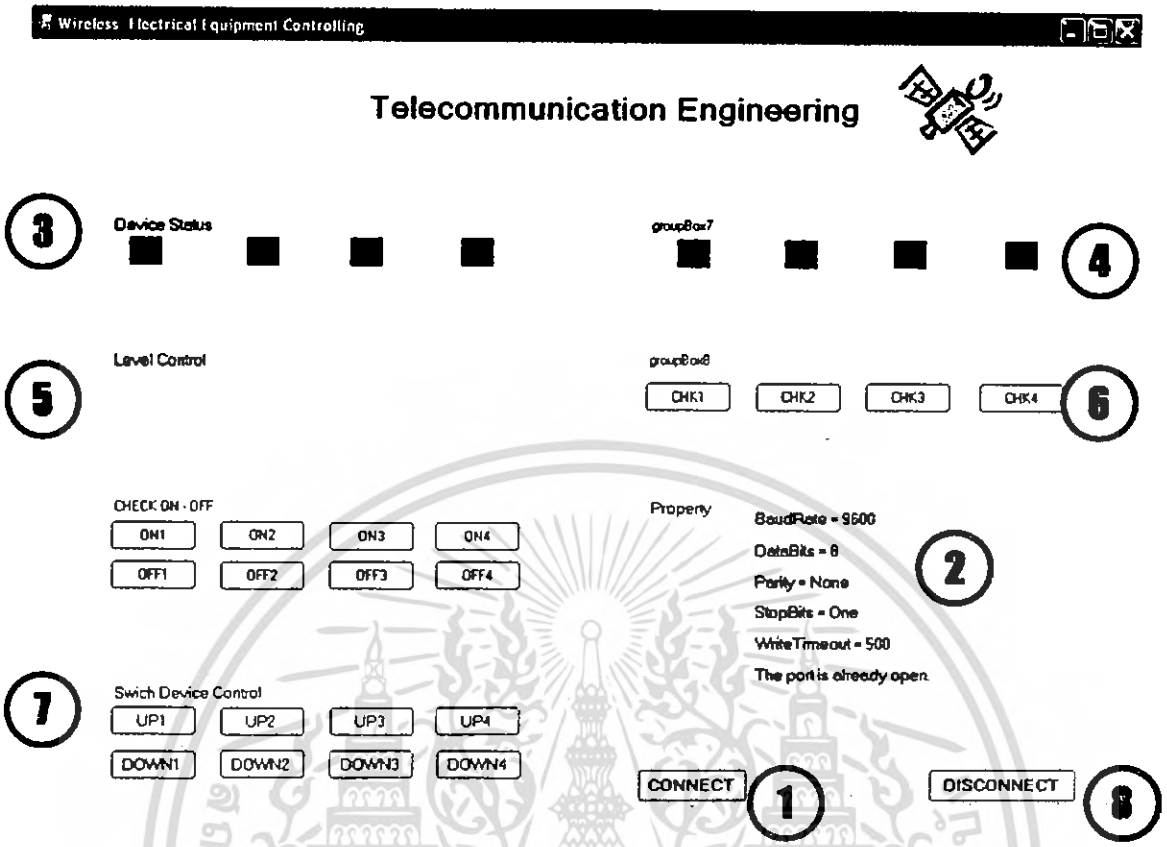
รูปที่ 3.2 แสดงหน้าต่างการตั้งค่าการใช้งานพอร์ทอนุกรม

ส่วนที่ 2

1. Baud Rate : กำหนดค่าความเร็วของพอร์ทอนุกรมที่ใช้สำหรับส่งข้อมูล
2. Stop Bit : กำหนดรูปแบบของข้อมูลที่จะส่งออกพอร์ทอนุกรมให้บิตสุดท้ายมีค่าเป็น "1" หรือ "0"
3. ปุ่ม OK : ยืนยันการกำหนดค่าและสิ้นสุดการทำงานของหน้าต่างนี้
4. ปุ่ม Cancel : ทำการกำหนดค่า Baud Rate และ Stop Bit ใหม่

72882

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงหน้าต่างการใช้งานหลัก

ส่วนที่ 3

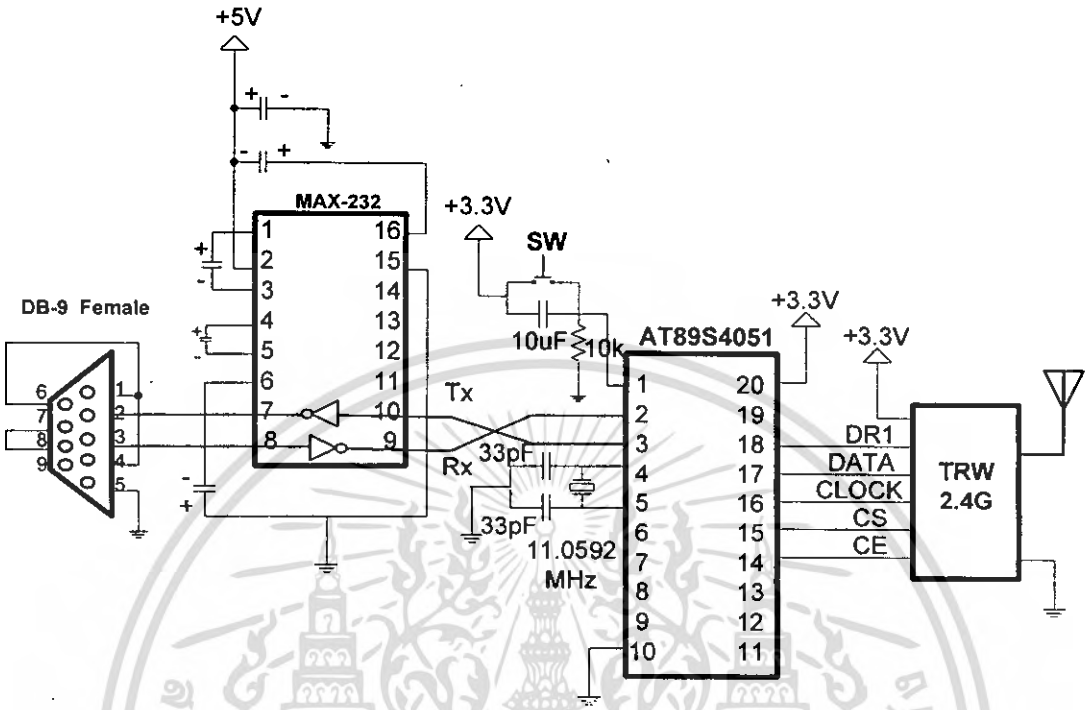
1. CONNECT : ปุ่มเลือกเชื่อมต่อกับพอร์ทอนุกรม
2. Property : แสดงค่า BaudRate , Databits, ParityBit,StopBit,WriteTimeout ที่เชื่อมต่อกับพอร์ทอนุกรม
3. Device Color : แสดงสีของหลอดไฟ
4. Device Status : แสดงสถานะสีของหลอดไฟฟ้า (สว่างมาก , สว่างน้อย)
5. CHECK ON – OFF : เลือกการควบคุมการเปิด – ปิดแบบไม่มีการปรับระดับแรงดัน
6. Switch Device Control : ปุ่มกดเลือกปรับแรงดันของอุปกรณ์แต่ละตัว
7. Device Control : ปุ่มเลื่อนปรับระดับแรงดันของอุปกรณ์แต่ละตัว
8. DISCONNECT : ปุ่มยกเลิกติดต่อกับพอร์ทอนุกรมและจบการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.4 แสดงโฟลว์ชาร์ตของโปรแกรมควบคุมการทำงานด้านคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 โครงสร้างด้านฮาร์ดแวร์



รูปที่ 3.5 แสดงวงจรภาคควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้านผู้ใช้ (MASTER)

อธิบายการทำงานของวงจรได้ดังนี้

สัญญาณควบคุมจะถูกสร้างจากคอมพิวเตอร์แล้วส่งสัญญาณผ่านทางพอร์ท RS232 จากนั้นจะทำการแปลงระดับสัญญาณควบคุมจากบวกลบ 10 V ให้เหลือแค่ 0 และ 5 V โดยผ่านวงจรของ MAX232 เพื่อเป็นอินพุทให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการประมวลผล และทำการควบคุมโมดูลความถี่วิทยุเพื่อทำการส่งสัญญาณควบคุมออกอากาศต่อไป

จากโฟลว์ชาร์ต รูปที่ 3.6 ภาคควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าไร้สายด้านผู้ใช้สามารถอธิบายการทำงานได้ดังนี้

- เริ่มต้นกำหนดค่าพอร์ทสื่อสารอนุกรม โดยใช้ Timer 1 โหมด 1 บอร์ดเรท 9600
- กำหนดค่าเริ่มต้นโดยกำหนดค่าให้โมดูลความถี่วิทยุ อยู่ในโหมดการทำงานแบบพร้อมส่งข้อมูล โดยการตั้งค่าให้ขา $\overline{CS}$ มีค่าเป็นลอจิก "0" และขา $\overline{CE}$ มีค่าเป็นลอจิก "1" พร้อมกับกำหนดค่ารีจีสเตอร์ภายในทั้ง 144 บิต โดยเริ่มกำหนดค่าจากบิตที่สำคัญมากสุด (MSB) บิดก่อน ซึ่งกำหนดค่าดังนี้

บิดที่ 104 – 111 กำหนดค่า 08H คือความยาวของข้อมูลที่จะส่งเท่ากับ 8 บิต

บิดที่ 24 – 63 กำหนดค่า 0AAH, 55H, 0AAH, 55H, 0AAH คือแอดเดรส 5 ไบต์ที่จะส่งไปพร้อมกับข้อมูล

บิตที่ 16 – 23 กำหนดค่า 0A3H คือเลือกใช้ขนาดแอดเดรส 5 ไบต์และขนาดของ CRC 16 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

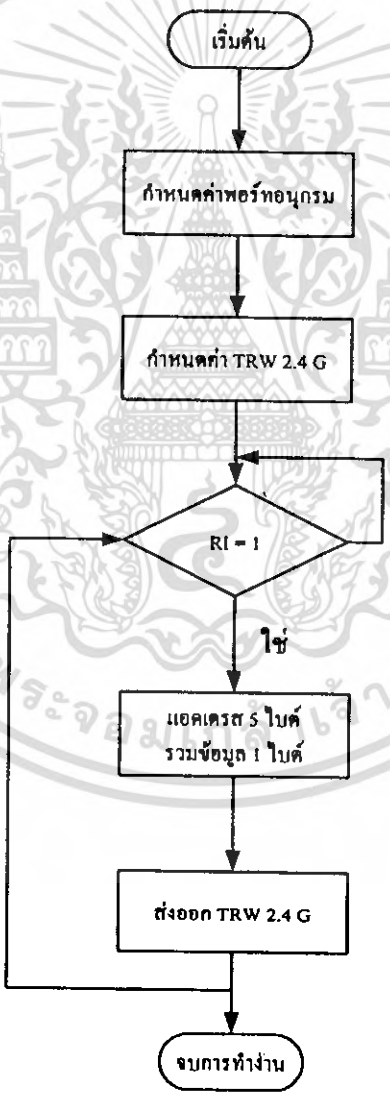
บิตที่ 8 – 15 กำหนดค่า 6FH คือเลือกใช้ 1 ช่องสัญญาณ ShockBurst™ mode RF Data Rate: 1 Mbps Crystal Frequency 16 MHz RF OUTPUT POWER 0 dBm

บิตที่ 0 – 7 กำหนดค่า 0AH คือเลือกโหมดการทำงานเป็นแบบส่งที่ความถี่ 2405 MHz

- ทำการเช็คที่รีจีสเตอร์ RI ของพอร์ทสื่อสารอนุกรมว่ามีค่าเป็นลอจิก "1" หรือไม่ ถ้าไม่ก็รอจนกว่าจะเป็น "1" เมื่อรีจีสเตอร์ RI มีค่าเป็น "1" แสดงว่าไมโครคอนโทรลเลอร์รับข้อมูลครบ 8 บิตแล้ว และทำการเคลียร์รีจีสเตอร์ RI ให้เป็นลอจิก "0" เหมือนเดิม เพื่อให้พร้อมรับข้อมูลได้อีกครั้ง

- ทำการสร้างแอดเดรส 5 ไบต์ และนำมารวมกับข้อมูล 1 ไบต์ที่รับได้จากพอร์ทอนุกรม แล้วค่อยทำการส่งข้อมูลไปยังขา DATA ของโมดูลความถี่วิทยุ โดยเริ่มส่งจากบิตที่สำคัญมากสุดก่อน

- ทำการกลับไปเช็ครีจีสเตอร์ RI อีกครั้ง



รูปที่ 3.6 โฟลว์ชาร์ตภาคควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าไร้สายด้านผู้ใช้

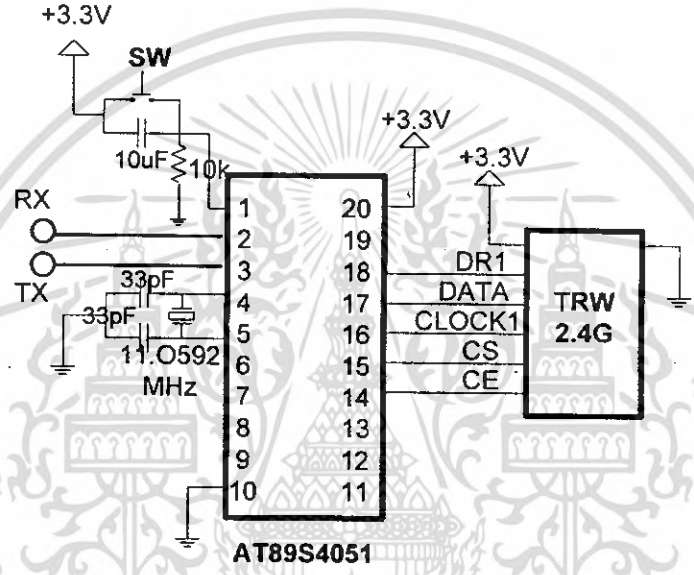
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ส่วนควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

ส่วนนี้จะนำสัญญาณควบคุมที่รับได้ไปประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการปรับระดับแรงดันและทำการเปิด – ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

3.2.1 ส่วนรับสัญญาณความถี่วิทยุ

โดยจะมีวงจรรับสัญญาณความถี่วิทยุ ดังรูปที่ 3.7 คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะควบคุมการรับสัญญาณของโมดูลความถี่วิทยุ จากนั้นก็จะนำสัญญาณที่รับได้ส่งไปยังส่วนควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า



รูปที่ 3.7 แสดงวงจรภาครับสัญญาณความถี่วิทยุด้านตัวลูก (Slave)

จากโฟลว์ชาร์ต รูปที่ 3.8 ส่วนรับสัญญาณความถี่วิทยุด้านตัวลูก (Slave) สามารถอธิบายการทำงานได้ดังนี้

- เริ่มต้นกำหนดค่าให้โมดูลความถี่วิทยุอยู่ในโหมดการทำงานแบบพร้อมรับมูลก่อน โดยการตั้งค่าให้ขา $\overline{CS}$ มีค่าเป็นลอจิก "0"และขา $\overline{CE}$ มีค่าเป็นลอจิก "1" พร้อมกับกำหนดค่ารีจีสเตอร์ภายในทั้ง 144 บิต โดยเริ่มกำหนดค่าจาก MSB บิตก่อน โดยกำหนดค่าเหมือนกับด้านส่ง ยกเว้นบิตสุดท้ายจะกำหนดค่าเป็นลอจิก "1" คือ ทำงานเป็นโหมดรับข้อมูล

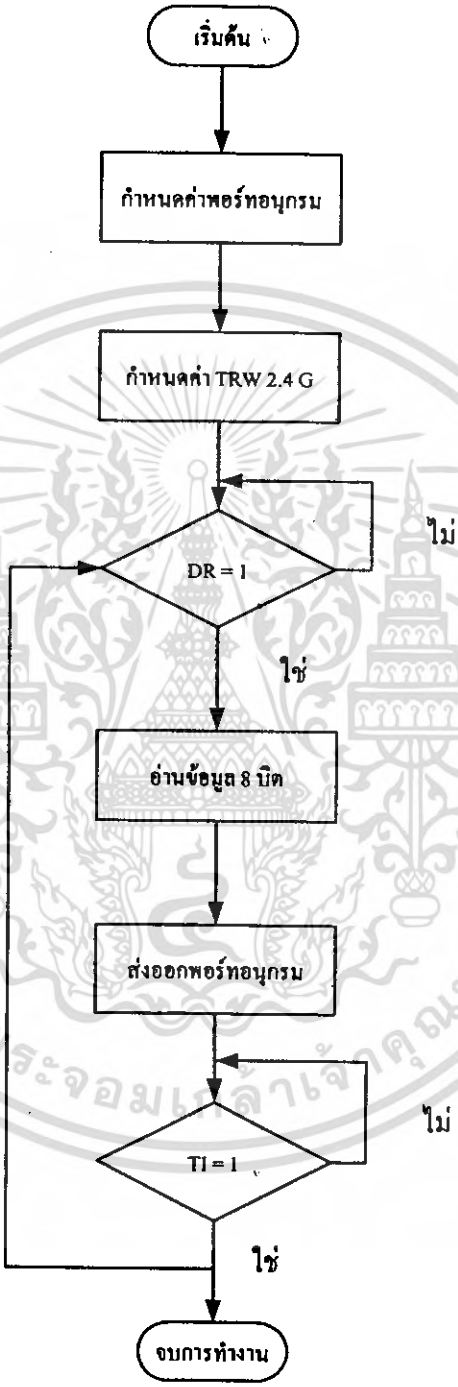
- ทำการกำหนดค่าพอร์ทสื่อสารอนุกรม โดยใช้ Timer 1 โหมด 1 บอร์ดเรท 9600

- ทำการเช็คที่ขาสัญญาณ DR1 ของโมดูลความถี่วิทยุ ว่าเป็นลอจิก "0" หรือ ลอจิก "1" ถ้าเป็นลอจิก "0" แสดงว่าไม่มีการรับข้อมูล ถ้าเป็นลอจิก "1" แสดงว่ามีข้อมูล ให้ทำการอ่านค่าจากขา DATA ของโมดูลความถี่วิทยุ เมื่ออ่านครบ 8 บิตแล้วทำการส่งออกไปยังพอร์ทอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์

- ทำการเช็คที่รีจีสเตอร์ TI ของไมโครคอนโทรลเลอร์ว่าเป็นลอจิก "1" หรือลอจิก "0" ถ้าเป็นลอจิก "0" แสดงว่ายังส่งข้อมูลไม่ครบ 8 บิต ถ้าเป็นลอจิก "1" แสดงว่าส่งข้อมูลครบ 8 บิตแล้ว ให้ทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซ็ทค่าให้ TI เป็นลอจิก "0" เหมือนเดิมเพื่อให้พร้อมที่จะส่งข้อมูลไบต์ต่อไปได้ จากนั้นค่อยกลับไปเช็คสัญญาณที่ขา DR1 ของโมดูลความถี่วิทยุ



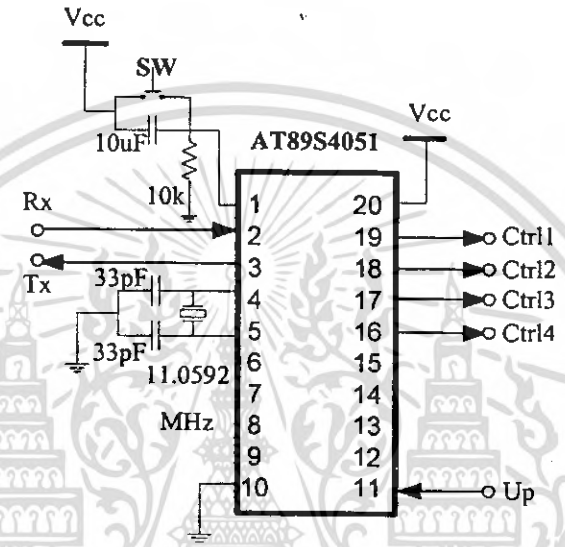
รูปที่ 3.8 โฟลว์ชาร์ตส่วนรับสัญญาณความถี่วิทยุด้านตัวลูก (Slave)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ส่วนควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

ส่วนนี้จะรับสัญญาณควบคุมจากส่วนรับความถี่วิทยุแล้วทำการประมวลผลเพื่อทำการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยแบ่งวงจรออกเป็น 2 ส่วนคือ

1) ส่วนที่ทำหน้าที่ประมวลผล โดยใช้ไมโครคอนโทรเลอร์สามารถอธิบายการทำงานตามโฟลว์ชาร์ตรูปที่ 3.10 ได้ดังนี้



รูปที่ 3.9 แสดงวงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าด้านตัวลูก (Slave)

ส่วนของโปรแกรมหลัก

- เริ่มต้นกำหนดให้พอร์ทอนุกรมมีการรับค่าแบบอินเตอร์รัพต์ โดยใช้ Timer 1 โหมด 1 บอร์ดเรท 9600
- กำหนดให้ Timer 0 เกิดอินเตอร์รัพต์ ทุกๆ 1 มิลลิวินาที
- ตรวจสอบสัญญาณ Zout (Zero – Crossing) = 1 หรือไม่ ถ้าไม่ต้องรอจนกว่าจะเป็น 1 ถ้าเป็น 1 แสดงว่าเกิด Zero-Phase
- ให้ Timer 0 เริ่มนับรอบการทำงาน และทำการเช็คค่า Delay Time ของอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละตัวทุกๆ 1 มิลลิวินาที
- ตรวจสอบว่า Timer 0 นับถึง 10 มิลลิวินาทีหรือยัง ถ้ายังต้องรอจนกว่าจะนับถึง 10 มิลลิวินาที แล้วจึงทำการวนรอบเริ่มนับ 0 ใหม่โดยใช้ Zout เป็นตัวอ้างอิงในการเริ่มนับ

ส่วนของโปรแกรมอินเตอร์รัพต์ TIMER0

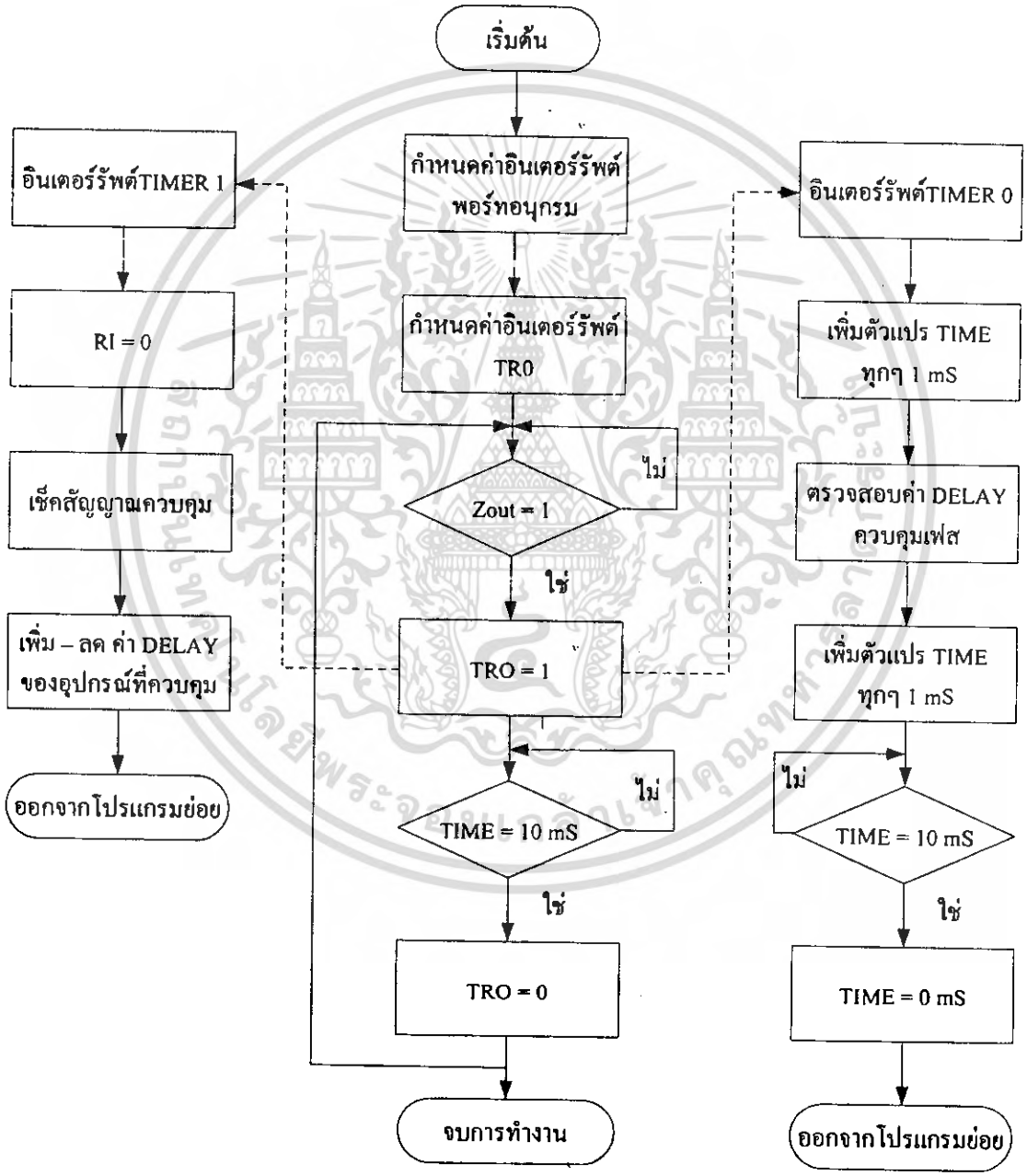
- จะทำการนับและเพิ่มค่าตัวแปร TIME ทุกๆ 1 มิลลิวินาที เพื่อเป็นฐานเวลาไว้คอยตรวจสอบช่วงเวลา Delay Phase ของอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อตัวแปร TIME นับครบ 10 มิลลิวินาที แล้วให้เริ่มนับ 0 มิลลิวินาทีใหม่ โดยเริ่มนับเมื่อ Zout เป็น 1 อีกรอบ

ส่วนของโปรแกรมอินเตอร์รัพต์ TIME1

- เป็นการโปรแกรมรับข้อมูลจากพอร์ทอนุกรมแบบอินเตอร์รัพต์
- จะทำการเพิ่มหรือลดค่าตัวแปร Delay Phase ของอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละตัว ซึ่งขึ้นอยู่กับสัญญาณควบคุมที่รับได้

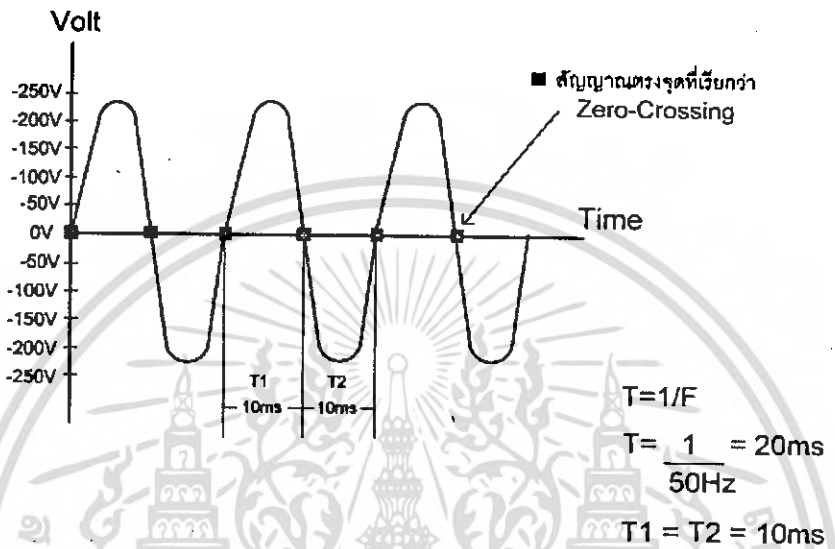


รูปที่ 3.10 โฟลว์ชาร์ตส่วนประมวลผลของส่วนควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภาคเครื่องรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ส่วนของวงจรที่ทำหน้าที่ควบคุมเฟส

การควบคุมเฟสจะอาศัยหลักการทำงานของไตรแอค โดยการควบคุมการจุดชนวนเกทของไตรแอคซึ่งการจุดชนวนเกทที่มุมเฟสต่างๆ ของไตรแอคจะมีผลต่อค่าระดับแรงดันเอาท์พุทกระแสสลับ โดยเราจะใช้สัญญาณจากจุดที่เรียกว่า Zero-Crossing เป็นจุดอ้างอิงในการกระตุ้นเฟสของสัญญาณ



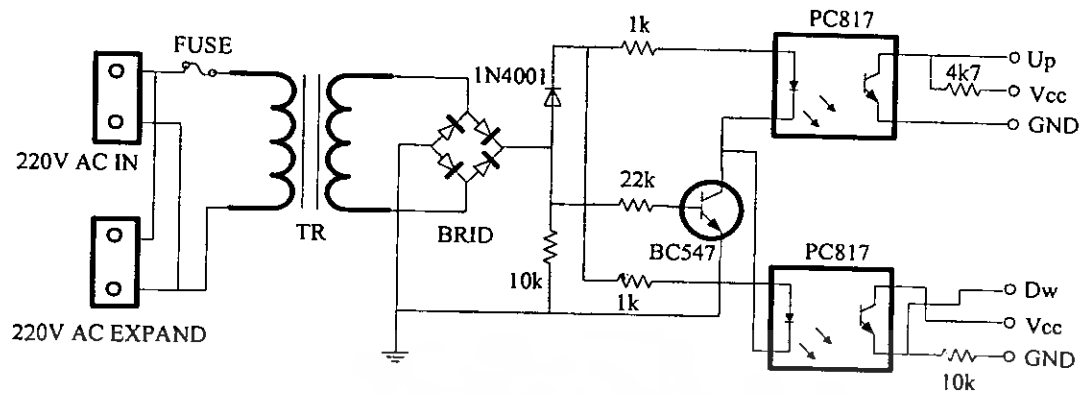
รูปที่ 3.11 กราฟแสดงจุด Zero – Crossing ของไฟ AC 220 โวลต์ 50 เฮิร์ต

จากรูปที่ 3.11 สัญญาณ Zero-Crossing จะเกิดขึ้นทุกๆ 10 mS ดังนั้นการควบคุมเฟสของสัญญาณสามารถทำได้โดยอาศัยวิธีการหน่วงเวลาภายใน 0 ถึง 10 mS แล้วส่งพัลส์ไปกระตุ้นขาเกทของไตรแอค (Ctrl) ซึ่งขนาดของสัญญาณพัลส์ที่ไปกระตุ้นควรมีความกว้างอย่างน้อย 10 ไมโครวินาที โดยการจุดชนวนเกทภายในเวลา 0 ถึง 10 ms จะมีผลต่อระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่เอาท์พุท ซึ่งมีสัดส่วนแปรผันกันโดยตรงกับค่าเวลาดังกล่าว

3.3 วงจรตรวจจับสัญญาณ Zero – Crossing

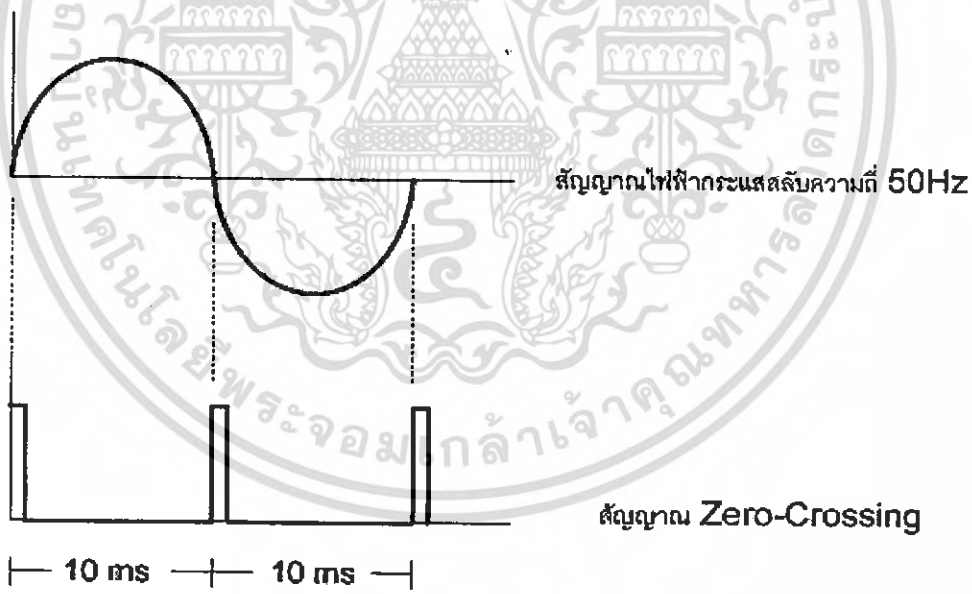
จากวงจรรูปที่ 3.12 เราจะใช้สัญญาณที่มุมศูนย์องศาของสัญญาณเป็นลอจิก "1" (Up) เป็นอินพุทกับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อเป็นสัญญาณอ้างอิงในการควบคุมเฟสของสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ 220V ที่จ่ายให้กับโหลดของอุปกรณ์ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 แสดงวงจรจับสัญญาณ Zero-Crossing

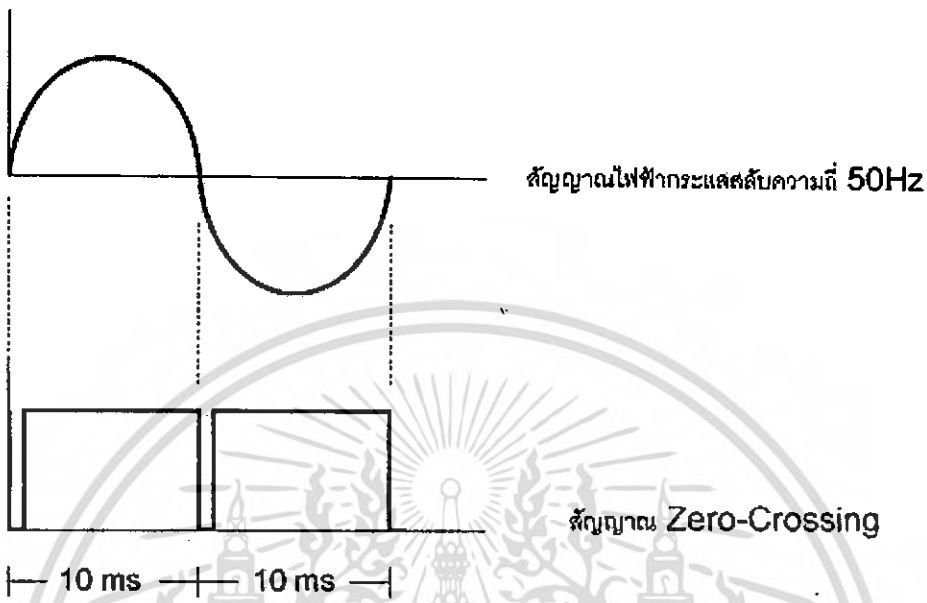
Up = ให้สัญญาณที่มุมศูนย์องศาของสัญญาณเป็นลอจิก "1" ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 กราฟแสดงสัญญาณลอจิก 1 ที่จุด Zero – Crossing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dw = ให้สัญญาณที่มุมศูนย์องศาของสัญญาณเป็นลอจิก "0" ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 3.14

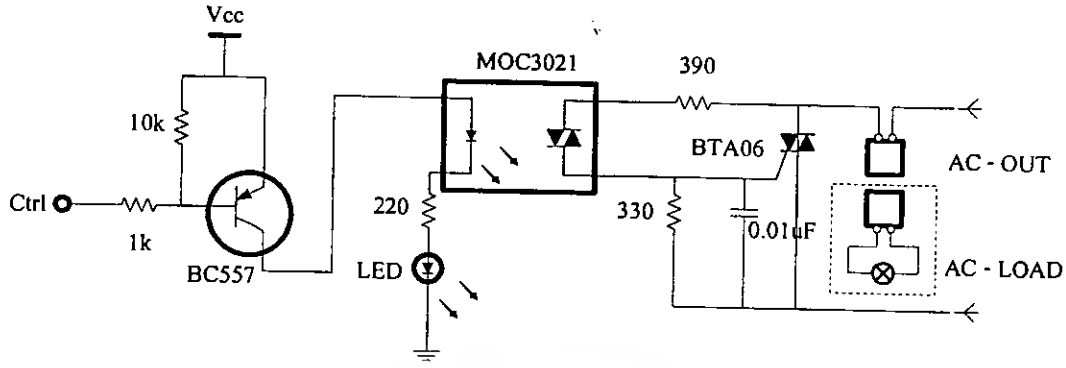


รูปที่ 3.14 กราฟแสดงสัญญาณลอจิก 0 ที่จุด Zero – Crossing

3.4 วงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าขนาด 1 ช่อง

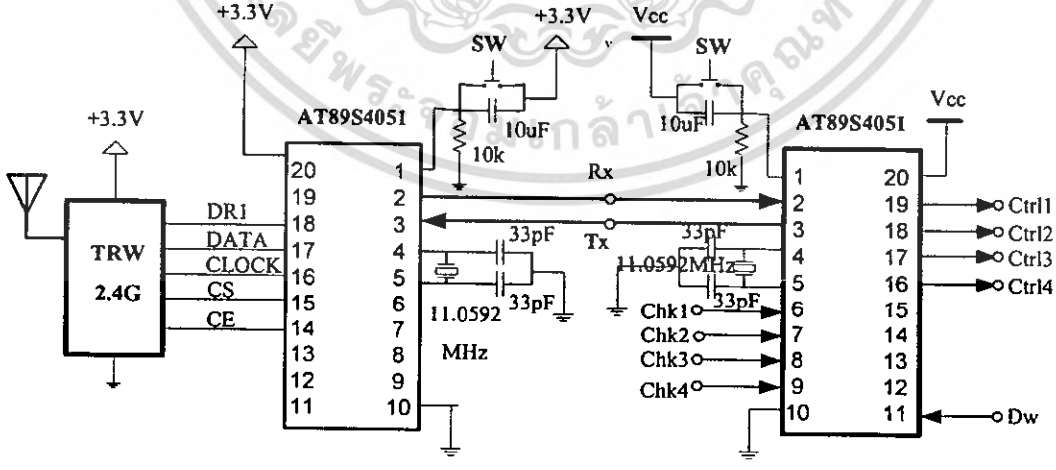
จากรูปเป็นวงจรควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าขนาด 1 ช่อง สำหรับควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำงานด้วยแรงดันไฟสลับ 220V AC โดยใช้สัญญาณในการควบคุมการทำงานของ AC Output ด้วยสัญญาณแบบลอจิก TTL โดยที่วงจรสำหรับควบคุมการทำงานของ AC Output นั้น จะใช้วงจรแบบ Optoisolate ในการควบคุมการทำงาน เพื่อป้องกันสัญญาณรบกวนต่างๆที่เกิดจากการทำงานของอุปกรณ์เอาท์พุทที่จะย้อนกลับมารบกวนการทำงานของวงจรภาคควบคุมหรือไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์มีเสถียรภาพและความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น โดยการทำงานของวงจรนั้นจะออกแบบให้การทำงานของ AC Output ทำงานด้วยสถาวะลอจิก "0" และหยุดทำงานด้วยสภาวะลอจิก "1" เพื่อป้องกันไม่ให้ AC Output ทำงานในขณะที่ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์เกิดการรีเซ็ทหรือสัญญาณควบคุมของบอร์ดถูกปล่อยลอยอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 แสดงวงจรของเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า ขนาด 1 ช่อง

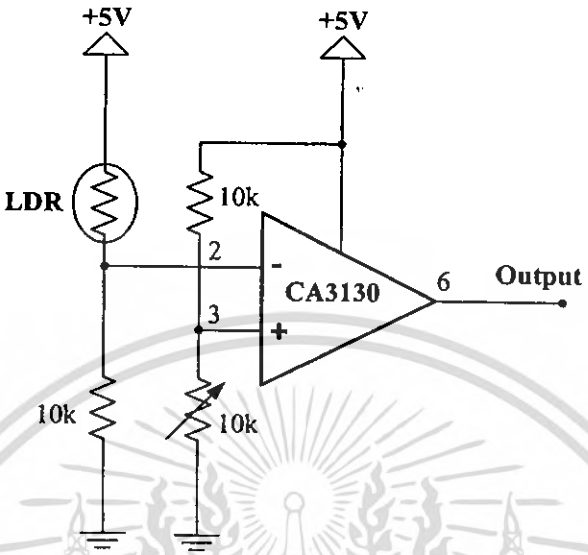
การทำงานของวงจรจะเริ่มจากเมื่อมีการป้อนสถานะลอจิก "0" จากไมโครคอนโทรลเลอร์ให้กับจุดเอาท์พุทของวงจร ซึ่งจะส่งผลให้ขาเบสของทรานซิสเตอร์ BC557 ได้รับการไบอัสที่ถูกต้อง ทำให้ทรานซิสเตอร์นำกระแส ซึ่งจะทำให้มีแรงดัน Vcc (+5V DC) ไหลออกจากขา Emitter ไปยัง Collector ผ่านอินพุทของ Optoisolate (MOC3021) ไปยัง LED และตัวต้านทาน 220โอห์ม ลง GND ซึ่งส่งผลให้หลอดแสดงผล LED ติดสว่างและวงจร Optoisolate ทำงาน โดยที่ไอซี Optoisolate เบอร์ MOC3021 นี้จะเป็นแบบ Random Phase ซึ่งทำหน้าที่จุดชนวนเกทให้กับไตรแอคที่มุมองศาต่างๆของไฟสลับ 220V ความถี่ 50Hz ตามการควบคุมของไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นผลให้ไตรแอคนำกระแส ดังนั้นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่ออยู่กับจุด AC - OUT จึงทำงานตามการควบคุมของไตรแอคด้วยโดยอัตโนมัติ



รูปที่ 3.16 แสดงวงจรรวมของเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าในด้านรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

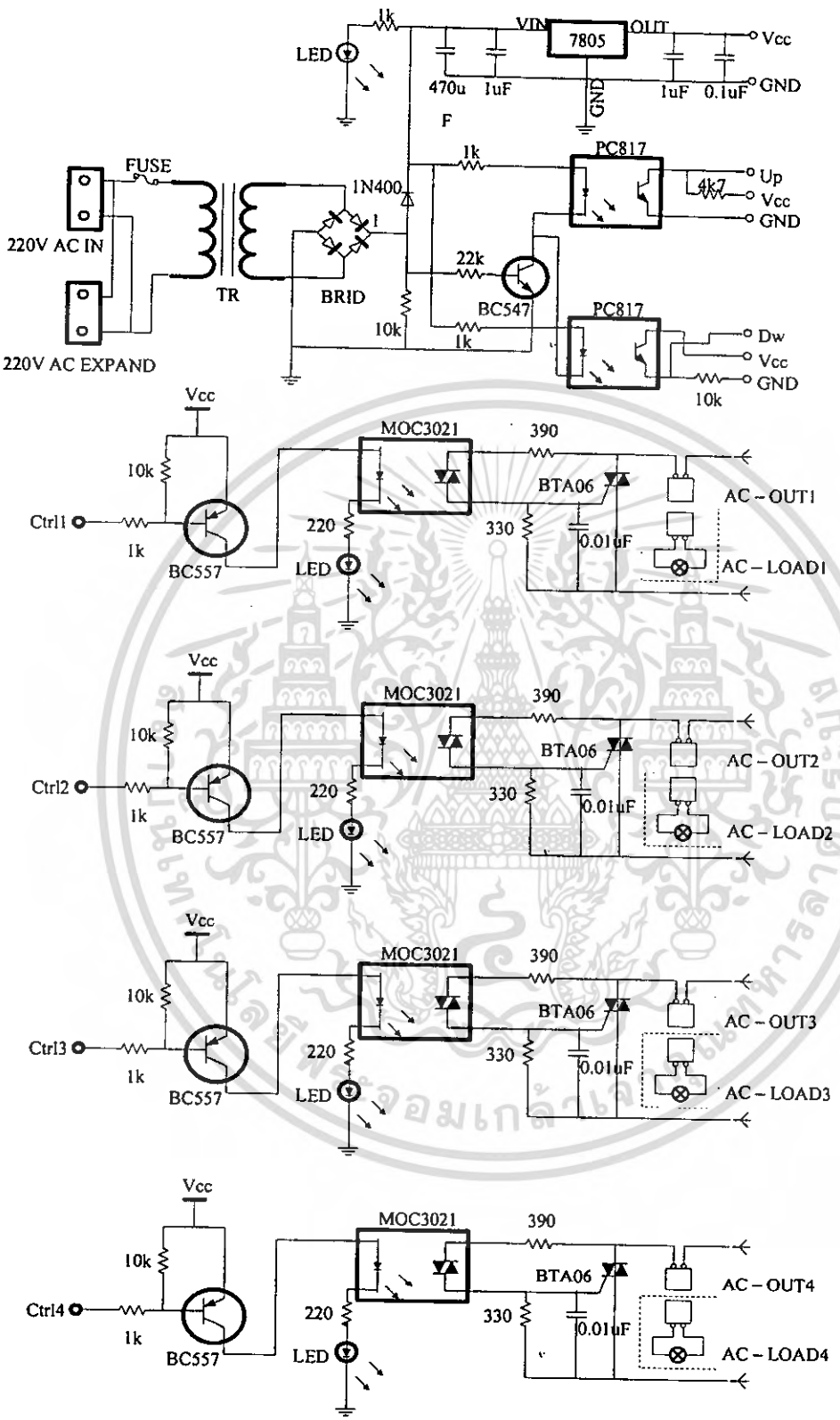
3.5 วงจรตรวจจับการทำงานของหลอดไฟ



รูปที่ 3.17 วงจรตรวจจับการทำงานของหลอดไฟ

วงจรนี้ใช้งานพื้นฐานของ LDR ก็คือวงจรแบ่งแรงดัน ดังรูปที่ 3.17 เมื่อมีแสงสว่างมาตกที่ตัว LDR กระแสที่ไหลผ่านตัว LDR จะสูง เนื่องจากมีความต้านทานต่ำ และเมื่อไม่มีแสง ความต้านทานของ LDR มีค่าสูง ทำให้กระแสไหลได้น้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



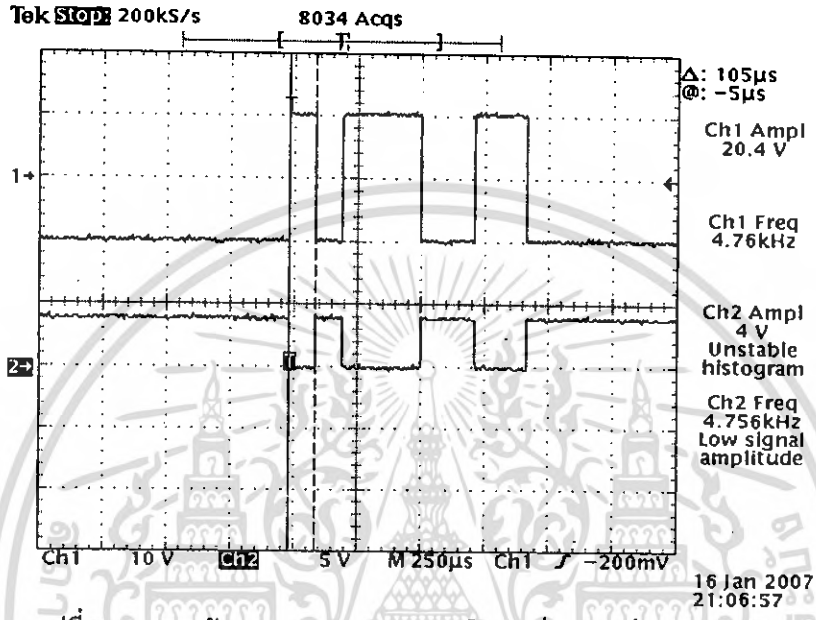
รูปที่ 3.18 แสดงวงจรรวมของเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า ขนาด 4 ช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

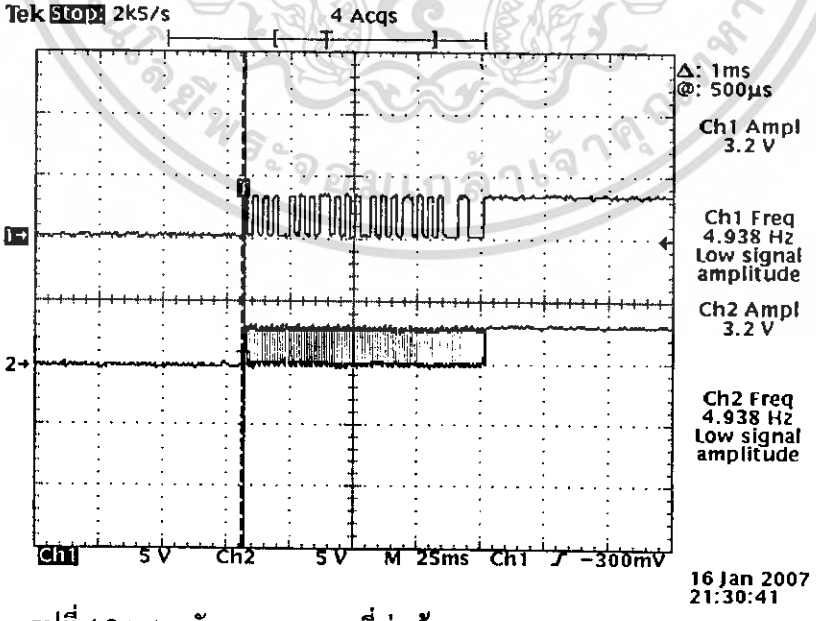
บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 เครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภาคเครื่องส่ง

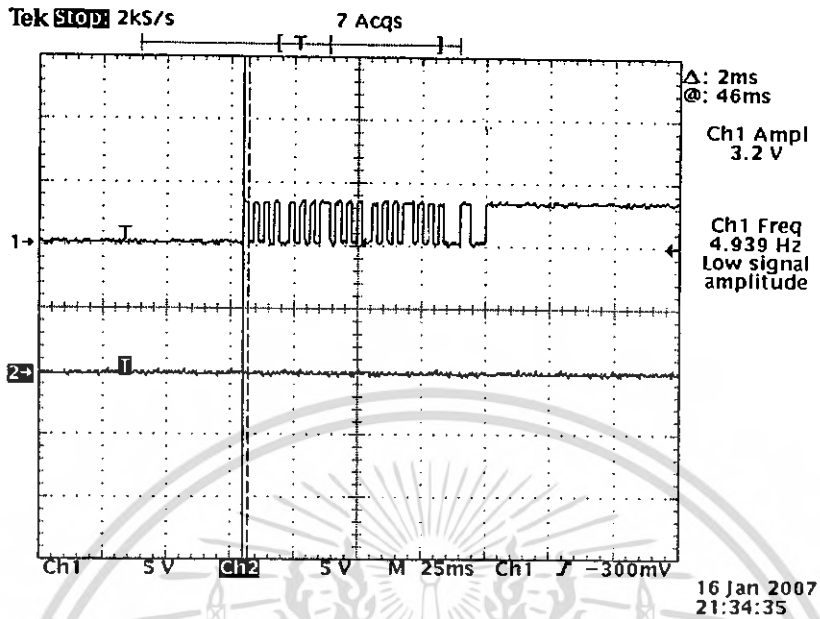


รูปที่ 4.1 แสดงสัญญาณควบคุมจากคอมพิวเตอร์จากพอร์ท RS232 (บน)
เมื่อสัญญาณผ่าน IC MAX232 (ล่าง)

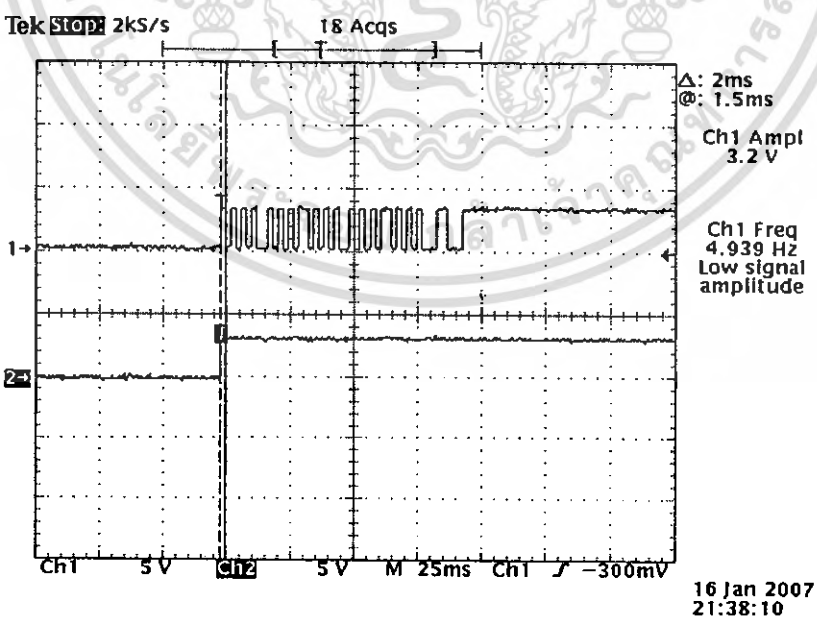


รูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณควบคุมที่ส่งเข้าขา DATA ของ TRW 2.4 G (บน)
แสดงสัญญาณนาฬิกาที่ส่งเข้าขา CLOCK ของ TRW 2.4 G (ล่าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



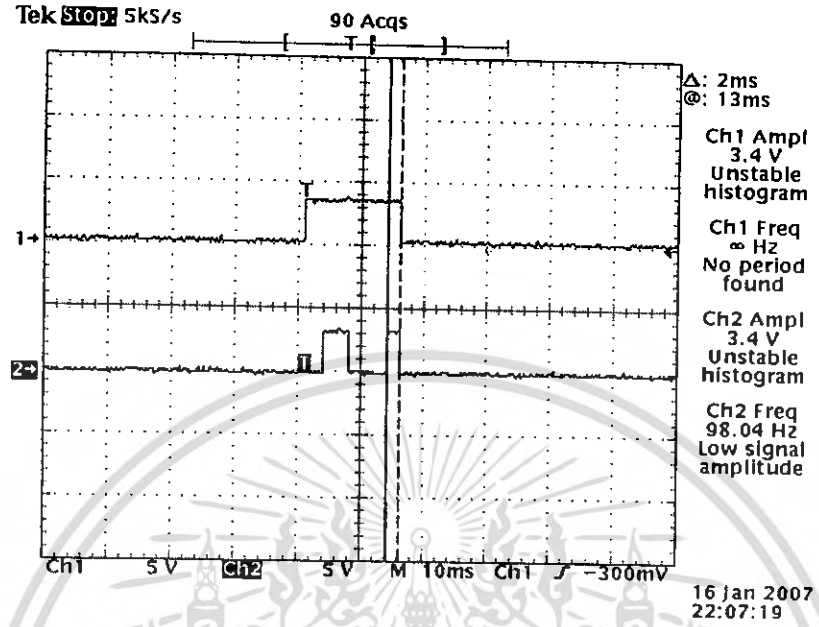
รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณควบคุมที่ส่งเข้าขา DATA ของ TRW 2.4 G (บน)
แสดงสัญญาณที่ส่งเข้าขา CS ของ TRW 2.4 G (ล่าง)



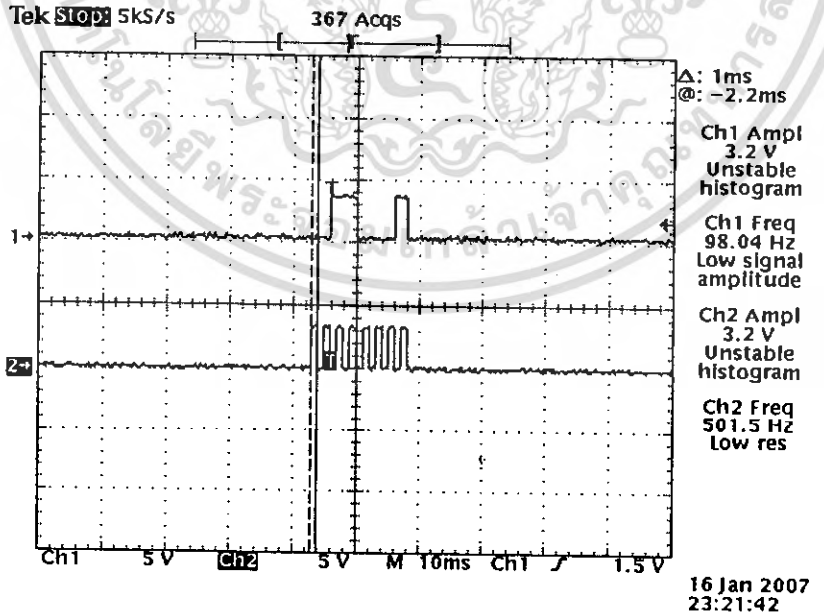
รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณควบคุมที่ส่งเข้าขา DATA ของ TRW 2.4 G (บน)
แสดงสัญญาณที่ส่งเข้าขา CE ของ TRW 2.4 G (ล่าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 เครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภาคเครื่องรับ

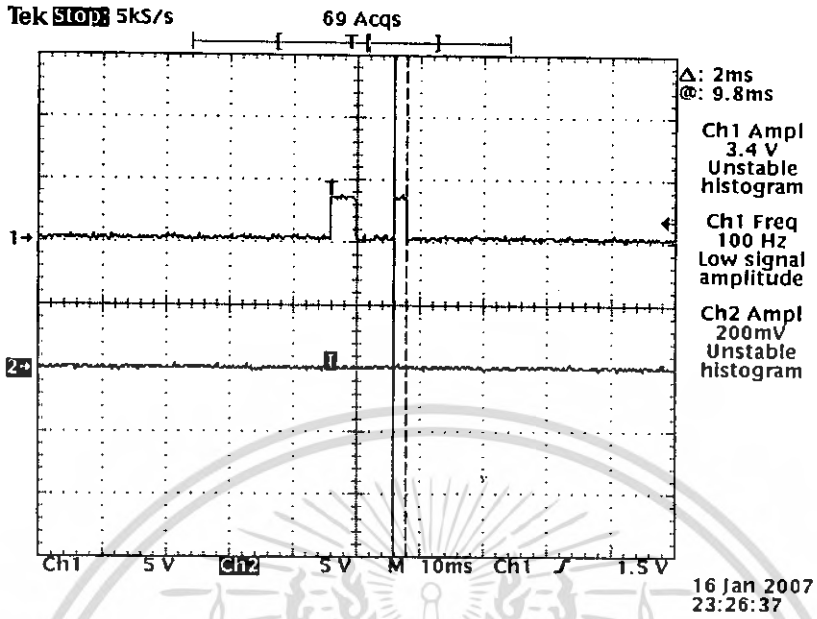


รูปที่ 4.5 แสดงสัญญาณที่ส่งออกจากขา DR1 ของ TRW 2.4 G (บน)
แสดงสัญญาณควบคุมที่ส่งออกจากขา DATA ของ TRW 2.4 G (ล่าง)

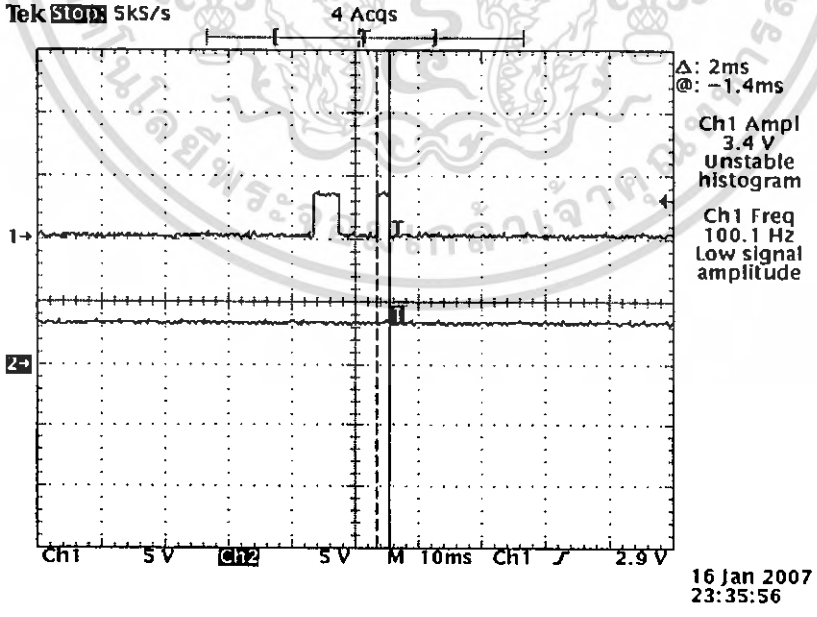


รูปที่ 4.6 แสดงสัญญาณควบคุมที่รับได้จากขา DATA ของ TRW 2.4 G (บน)
แสดงสัญญาณนาฬิกาที่ขา DATA ของ TRW 2.4 G (ล่าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



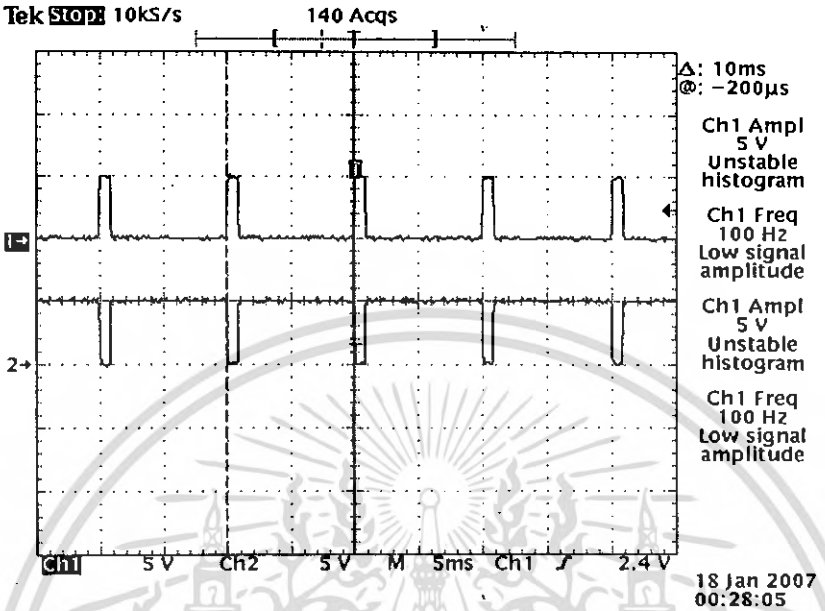
รูปที่ 4.7 แสดงสัญญาณควบคุมที่รับได้จากขา DATA ของ TRW 2.4 G (บน)
แสดงสัญญาณที่ขา CS ของ TRW 2.4 G (ล่าง)



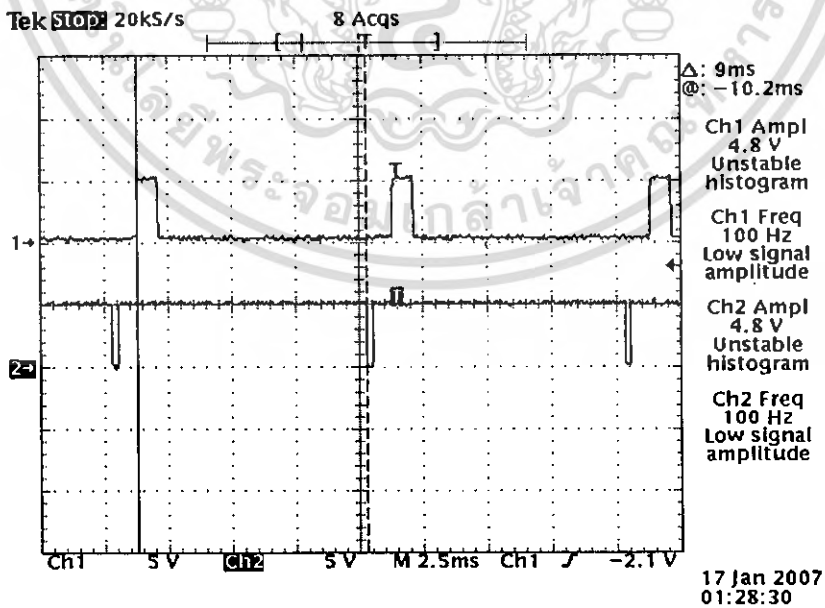
รูปที่ 4.8 แสดงสัญญาณควบคุมที่รับได้จากขา DATA ของ TRW 2.4 G (บน)
แสดงสัญญาณที่ขา CE ของ TRW 2.4 G (ล่าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเทานั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ส่วนควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

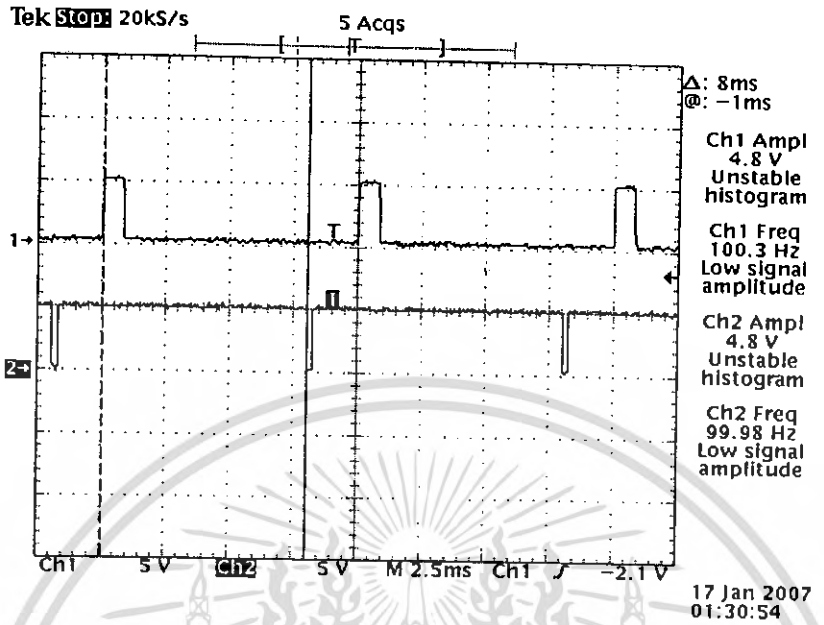


รูปที่ 4.9 แสดงสัญญาณลอจิก 1 ที่จุด Zero – Crossing (บน)
แสดงสัญญาณลอจิก 0 ที่จุด Zero – Crossing (ล่าง)

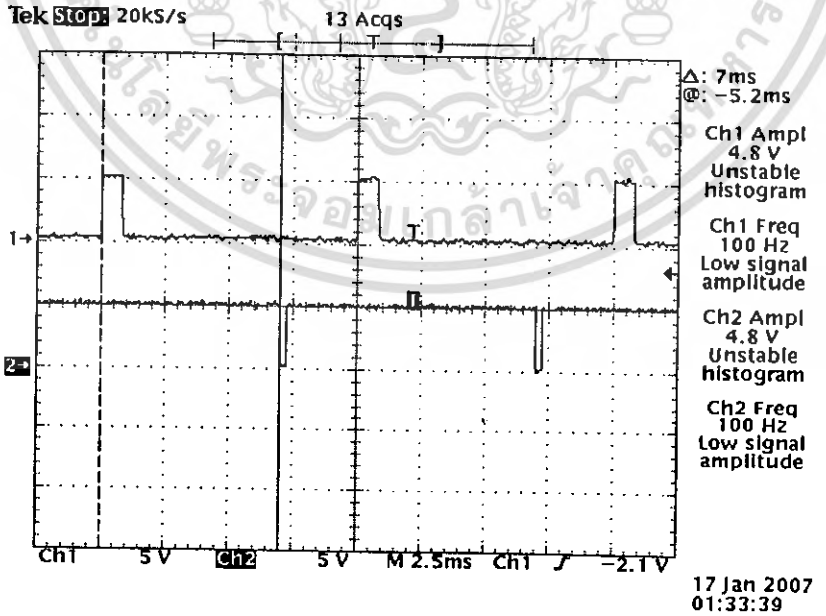


รูปที่ 4.10 แสดงสัญญาณอ้างอิงของ Zero - Crossing (บน)
แสดงสัญญาณ delay ที่เวลา 9 mS (ล่าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

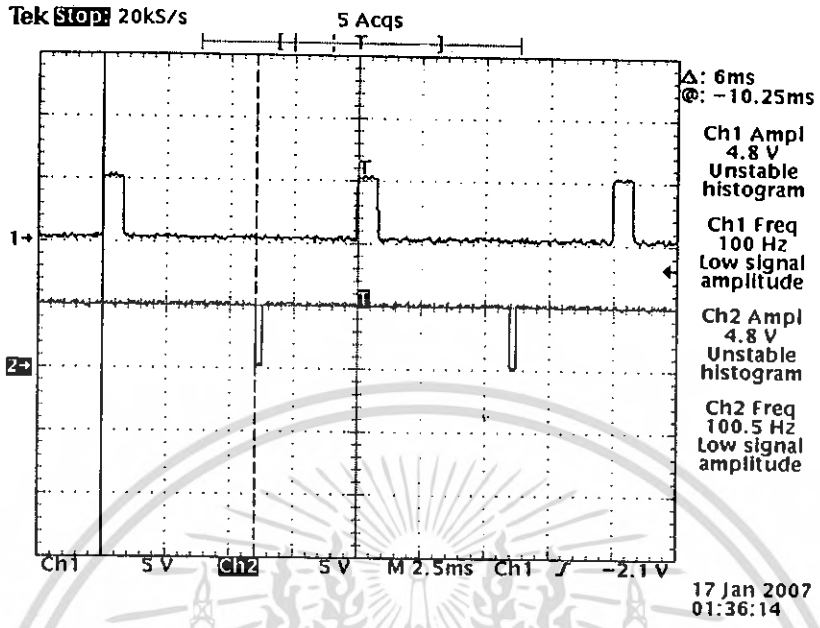


รูปที่ 4.11 แสดงสัญญาณอ้างอิงของ Zero - Crossing (บน)
แสดงสัญญาณ delay ที่เวลา 8 mS (ล่าง)

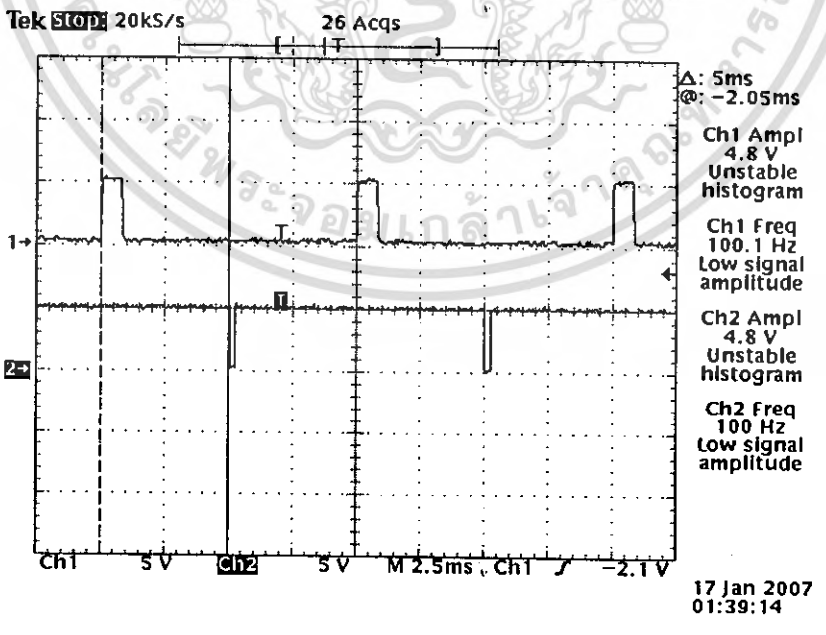


รูปที่ 4.12 แสดงสัญญาณอ้างอิงของ Zero - Crossing (บน)
แสดงสัญญาณ delay ที่เวลา 7 mS (ล่าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

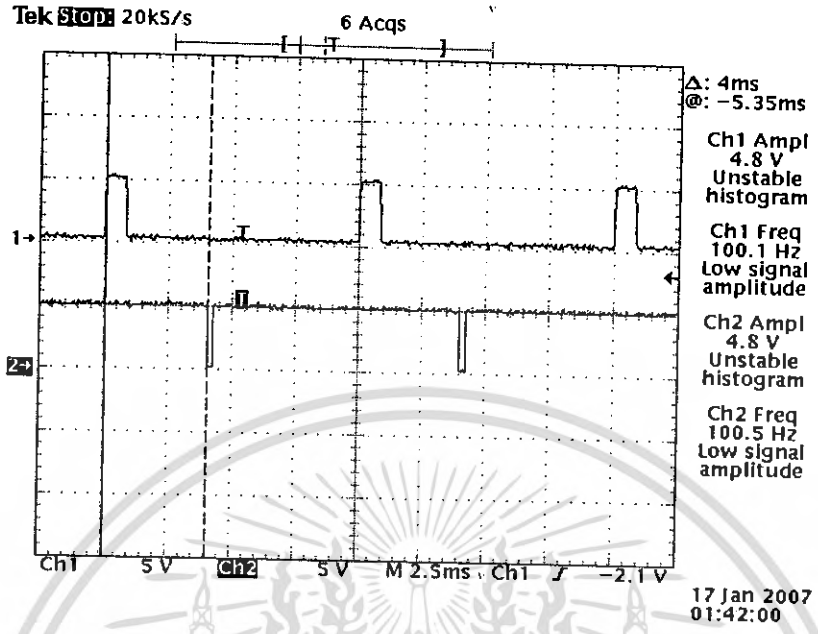


รูปที่ 4.13 แสดงสัญญาณอ้างอิงของ Zero - Crossing (บน)
แสดงสัญญาณ delay ที่เวลา 6 mS (ล่าง)

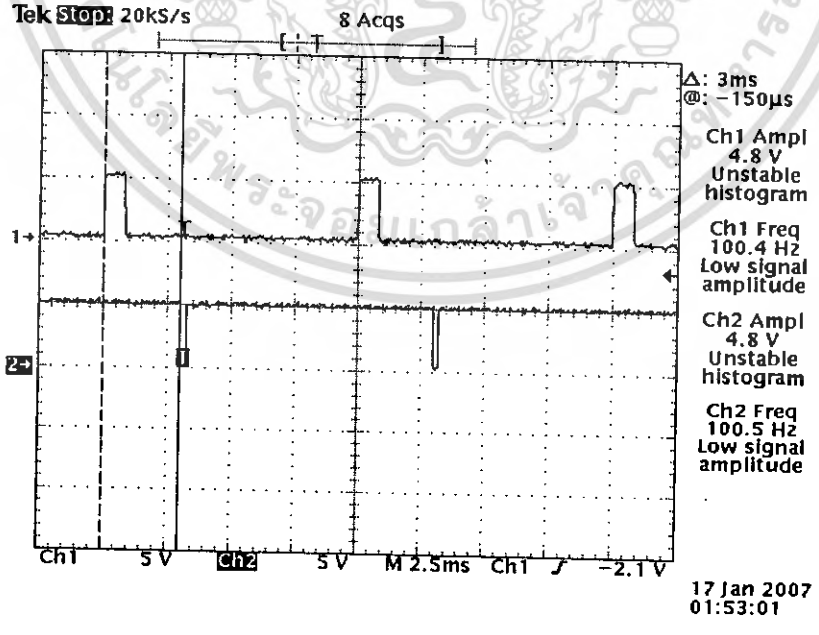


รูปที่ 4.14 แสดงสัญญาณอ้างอิงของ Zero - Crossing (บน)
แสดงสัญญาณ delay ที่เวลา 5 mS (ล่าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

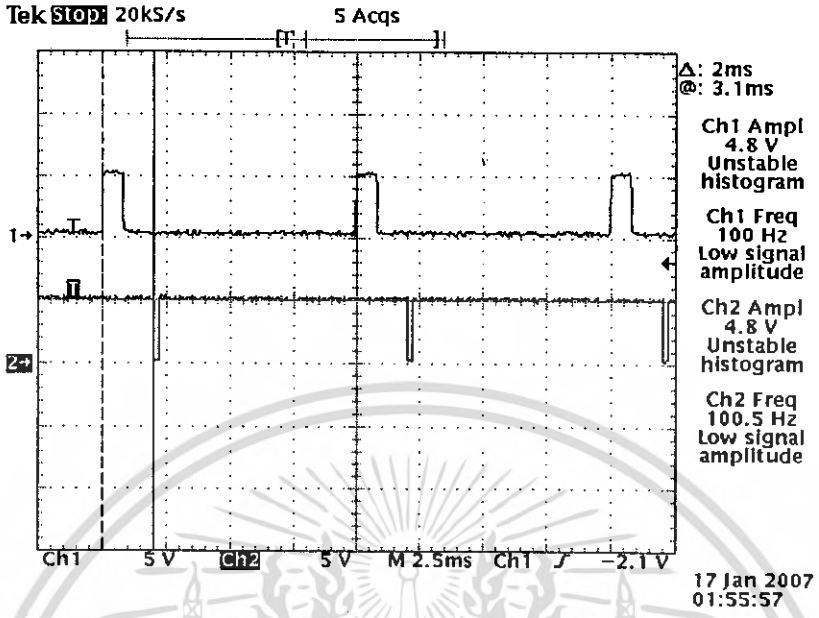


รูปที่ 4.15 แสดงสัญญาณอ้างอิงของ Zero - Crossing (บน)
แสดงสัญญาณ delay ที่เวลา 4 mS (ล่าง)

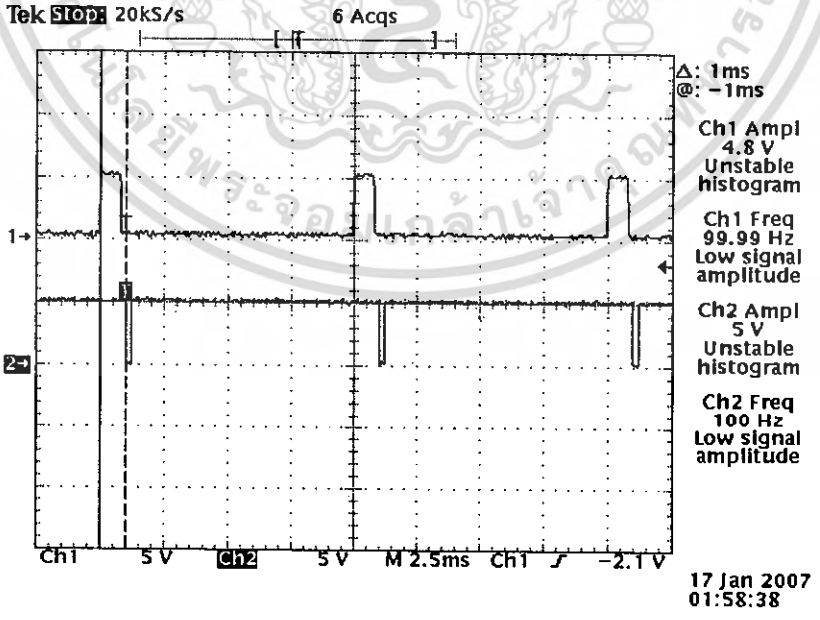


รูปที่ 4.16 แสดงสัญญาณอ้างอิงของ Zero - Crossing (บน)
แสดงสัญญาณ delay ที่เวลา 3 mS (ล่าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



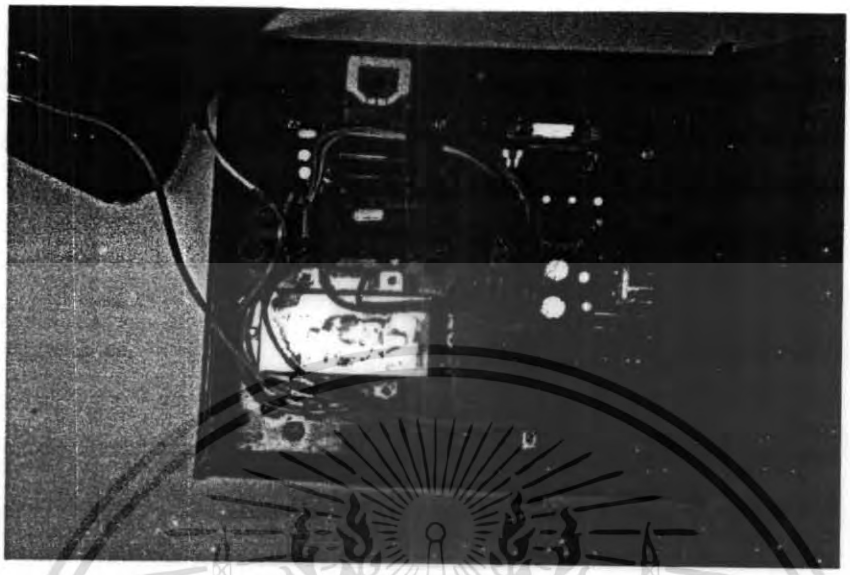
รูปที่ 4.17 แสดงสัญญาณอ้างอิงของ Zero - Crossing (บน)
แสดงสัญญาณ delay ที่เวลา 2 mS (ล่าง)



รูปที่ 4.18 แสดงสัญญาณอ้างอิงของ Zero - Crossing (บน)
แสดงสัญญาณ delay ที่เวลา 1 mS (ล่าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 รูปแสดงชิ้นงานจริง



รูปที่ 4.19 แสดงชิ้นงานภาคเครื่องส่ง

รูปที่ 4.20 แสดงชิ้นงานภาคเครื่องรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์และบทสรุป

จากหลักการทำงานของระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าไร้สายนี้ สามารถนำไปปรับปรุงเพิ่มเติมระบบการทำงานให้สามารถใช้งานได้จริง

การดำเนินงานได้ทำการศึกษาหลักการทำงานของระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าไร้สายนี้ ได้จากการรวบรวม ทดลอง ออกแบบ แก้ไขข้อมูลผิดพลาดเดิม ซึ่งการทำงานของระบบจะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1. ส่วนควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ จะทำการส่งสัญญาณควบคุมแบบไร้สายไปยังส่วนควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า
2. ส่วนควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า จะนำเอาสัญญาณควบคุมที่ได้รับไปประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการปรับระดับแรงดันและทำการเปิด – ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า
3. ส่วนรับและส่งสัญญาณความถี่วิทยุ จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการรับและส่งสัญญาณของโมดูลความถี่วิทยุ TRW 2.4 GHz
4. ส่วนประมวลผล ในส่วนนี้ได้นำเอาไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลMCS-51 คือ AT89S4051 มาใช้จำนวน 2 ตัว ใช้ในการควบคุมการรับ – ส่งข้อมูล และเป็นตัวประมวลผล
5. ส่วนของการเขียนโปรแกรมบนวินโดว์ใช้ภาษา Visual C#.net
6. ส่วนตรวจจับสัญญาณ Zero – Crossing ได้ใช้ Opto Coupler เบอร์ PC187 ส่วนการควบคุมเฟสของสัญญาณสามารถทำได้โดยอาศัยการหน่วงเวลาภายใน 0-10 มิลลิวินาที แล้วส่งพัลส์ไปกระตุ้นขาเกทของไตรแอคเพื่อทำการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า

จากการทดลองการทำงานของเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าพบว่าวงจรสามารถทำงานได้จริง แต่ในส่วนรับส่งสัญญาณที่ใช้โมดูลความถี่วิทยุ TRW 2.4 GHz รับส่งได้จริงประมาณ 100 เมตร ในที่โล่งและมีราคาแพง ควรจะหาวงจรรับส่งสัญญาณความถี่วิทยุตัวอื่นมาประยุกต์ใช้แทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

รศ.สมยศ จุฉะปิยะ,การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์,ภาควิชาโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, พิมพ์ครั้งที่ 5, 2546

ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล ,วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล ,เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช,บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด :กรุงเทพฯ; 2521,455 หน้า

สุธี พงศาสกุลชัย ,หทัยชนก งานอินทร์, คัมภีร์ Visual C# 2005 , บริษัท เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอมซัลท์ จำกัด : กรุงเทพฯ; 2549, 625 หน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมการทำงานภาคส่งสัญญาณความถี่วิทยุ Trw2.4GHz

```
CE                  BIT P1.2
CS                  BIT P1.3
DAT                 BIT P1.5
CLK                 BIT P1.4
DR1                 BIT P1.6
SUBTIMER            EQU 30H
BUFFER              EQU 31H

                    ORG 0000H
                    JMP   INIT

                    ORG   0023H
                    AJMP  WAIT

;*******************************************************************

INIT:               MOV   IE,#10010010B
                    MOV   TMOD,#00100010B
                    MOV   PCON,#00H
                    MOV   SCON,#50H
                    MOV   TH1,#0FDH          ;9600 BAUD
                    SETB  TR1

;*******************************************************************
                    CLR   CE
                    CLR   CS
                    CLR   DAT
                    CLR   CLK
                    CLR   DR1
;*******************************************************************

MAIN:               JNB   DR1,$
                    CLR   EA
                    CALL  READ_TRW24

TX_TO_COM:          MOV   SBUF,A
                    JNB   TI,$
                    CLR   TI
                    SETB  EA
                    JMP   MAIN

;*******************************************************************

SETMODE_RX:         CLR   CE
                    SETB  CS
                    CLR   A
                    MOV   R1,#18
SETMODE_0:          MOV   DPTR,#CONFIG_TEST_RX
                    PUSH  ACC
                    MOVC  A,@A+DPTR
                    CALL  WRITE_TRW24
                    POP   ACC
                    INC   A
                    DJNZ  R1,SETMODE_0
                    SETB  DAT
                    SETB  DR1
                    SETB  CE
                    CLR   CS
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                RET
;*****************************************************************

SETMODE_TX:     CLR   CE
                SETB  CS
                CLR   A
                MOV   R1,#18
SETMODE_1:      MOV   DPTR,#CONFIG_TEST_TX
                PUSH  ACC
                MOVC  A,@A+DPTR
                CALL  WRITE_TRW24
                POP   ACC
                INC   A
                DJNZ  R1,SETMODE_1
                SETB  DAT
                SETB  CE
                CLR   CS
                RET
;*****************************************************************

SEND_TRW:       CALL  DELAY_1ms
                CLR   CS
                SETB  CE
                PUSH  ACC
                CLR   A
                MOV   R1,#5
SEND_TRW_0:     MOV   DPTR,#CONFIG_ADDR1_TX
                PUSH  ACC
                MOVC  A,@A+DPTR
                CALL  WRITE_TRW24
                POP   ACC
                INC   A
                DJNZ  R1,SEND_TRW_0
                POP   ACC
                CALL  WRITE_TRW24
                CLR   CLK
                CLR   CE
                CLR   DAT
                RET
;*****************************************************************

CLK_TRW:        CLR   CLK
                NOP
                SETB  CLK
                NOP
                RET
;*****************************************************************

WRITE_TRW24:    MOV   R0,#8
WRITE_TRW24_0:  JB    ACC.7,WRITE1
                CLR   DAT
                JMP   WRITE_TRW2
WRITE1:         SETB  DAT
WRITE_TRW2:     CALL  CLK_TRW
                RL    A
                DJNZ  R0,WRITE_TRW24_0
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*****************************************************************

READ_TRW24:         CLR   A
                    MOV   R0,#8
READ_TRW24_0:       RL    A
                    SETB  CLK
                    NOP
                    JB    DAT,READ_1
                    CLR   ACC.0
                    JMP   READ_TRW24_1
READ_1:             SETB  ACC.0
READ_TRW24_1:       CLR   CLK
                    NOP
                    DJNZ  R0,READ_TRW24_0
                    RET

;*****************************************************************
;SERIAL PORT INTERRUPT TR1
;*****************************************************************

WAIT:               JB    TI,END_TX

RECEIVE:            CLR   RI
                    PUSH  ACC
                    PUSH  PSW

                    MOV   BUFFER,SBUF
                    CALL  SETMODE_TX
                    MOV   A,BUFFER
                    CALL  SEND_TRW
                    CALL  SETMODE_RX

END_WAIT:           POP   PSW
                    POP   ACC
END_TX:             RETI

;*****************************************************************
; Dummy Delay time 1ms
;*****************************************************************
DELAY_1ms:          MOV   R6,#0E6H ; Each loop = 1 ms
DELAY_1ms_1:        NOP
                    NOP
                    DJNZ  R6,DELAY_1ms_1
                    RET

DELAY_100ms:        MOV   R7,#100 ; Do 100 times
DELAY_100ms_1:      MOV   R6,#0E6H ; Each loop = 1 ms
DELAY_100ms_2:      NOP
                    NOP
                    DJNZ  R6,DELAY_100ms_2
                    DJNZ  R7,DELAY_100ms_1
                    RET

;*****************************************************************
CONFIG_TEST_TX:     DB 8EH,08H,1CH
CONFIG_LEN2_TX:     DB 08H
CONFIG_LEN1_TX:     DB 08H
CONFIG_ADDR2_TX:    DB 0C0H,0AAH,55H,0AAH,55H
CONFIG_ADDR1_TX:    DB 0AAH,55H,0AAH,55H,0AAH
CONFIG_NUMADDR_TX:  DB 0A3H
CONFIG_RF_TX:       DB 6FH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CONFIG_CH_TX:       DB 0AH ;TX
;CONFIG_CH:        DB 0BH ;RX


CONFIG_TEST_RX:    DB 8EH,08H,1CH
CONFIG_LEN2_RX:    DB 08H
CONFIG_LEN1_RX:    DB 08H
CONFIG_ADDR2_RX:   DB 0C0H,0AAH,55H,0AAH,55H
CONFIG_ADDR1_RX:   DB 0AAH,55H,0AAH,55H,0AAH
CONFIG_NUMADDR_RX: DB 0A3H
CONFIG_RF_RX:      DB 6FH
;CONFIG_CH_TX:     DB 0AH ;TX
CONFIG_CH_RX:      DB 0BH ;RX

                   END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมการทำงานภาครับสัญญาณความถี่วิทยุ Trw2.4GHz

```
CE              BIT P1.2
CS              BIT P1.3
DAT             BIT P1.5
CLK             BIT P1.4
DR1             BIT P1.6
SUBTIMER        EQU 30H
BUFFER          EQU 31H

                ORG 0000H
                JMP   INIT

                ORG   0023H
                AJMP  WAIT

;*****************************************************************

INIT:           MOV   IE,#10010010B
                MOV   TMOD,#00100010B
                MOV   PCON,#00H
                MOV   SCON,#50H
                MOV   TH1,#0FDH          ;9600 BAUD
                SETB  TR1

;*****************************************************************
                CLR   CE
                CLR   CS
                CLR   DAT
                CLR   CLK
                CLR   DR1
;*****************************************************************

MAIN:           JNB   DR1,$
                CLR   EA
                CALL  READ_TRW24

TX_TO_COM:      MOV   SBUF,A
                JNB   TI,$
                CLR   TI
                SETB  EA
                JMP   MAIN

;*****************************************************************

SETMODE_RX:     CLR   CE
                SETB  CS
                CLR   A
                MOV   R1,#18
SETMODE_0:      MOV   DPTR,#CONFIG_TEST_RX
                PUSH  ACC
                MOVC  A,@A+DPTR
                CALL  WRITE_TRW24
                POP   ACC
                INC   A
                DJNZ  R1,SETMODE_0
                SETB  DAT
                SETB  DR1
                SETB  CE
                CLR   CS
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    RET
;*******************************************************************

SETMODE_TX:         CLR   CE
                    SETB  CS
                    CLR   A
                    MOV   R1,#18
SETMODE_1:          MOV   DPTR,#CONFIG_TEST_TX
                    PUSH  ACC
                    MOVC  A,@A+DPTR
                    CALL  WRITE_TRW24
                    POP   ACC
                    INC   A
                    DJNZ  R1,SETMODE_1
                    SETB  DAT
                    SETB  CE
                    CLR   CS
                    RET
;*******************************************************************

SEND_TRW:           CALL  DELAY_1ms
                    CLR   CS
                    SETB  CE
                    PUSH  ACC
                    CLR   A
                    MOV   R1,#5
SEND_TRW_0:         MOV   DPTR,#CONFIG_ADDR1_TX
                    PUSH  ACC
                    MOVC  A,@A+DPTR
                    CALL  WRITE_TRW24
                    POP   ACC
                    INC   A
                    DJNZ  R1,SEND_TRW_0
                    POP   ACC
                    CALL  WRITE_TRW24
                    CLR   CLK
                    CLR   CE
                    CLR   DAT
                    RET
;*******************************************************************

CLK_TRW:            CLR   CLK
                    NOP
                    SETB  CLK
                    NOP
                    RET
;*******************************************************************

WRITE_TRW24:        MOV   R0,#8
WRITE_TRW24_0:      JB    ACC.7,WRITE1
                    CLR   DAT
                    JMP   WRITE_TRW2
WRITE1:             SETB  DAT
WRITE_TRW2:         CALL  CLK_TRW
                    RL    A
                    DJNZ  R0,WRITE_TRW24_0
                    RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*****************************************************************

READ_TRW24:         CLR   A
                    MOV   R0,#8
READ_TRW24_0:       RL    A
                    SETB  CLK
                    NOP
                    JB    DAT,READ_1
                    CLR   ACC.0
                    JMP   READ_TRW24_1
READ_1:             SETB  ACC.0
READ_TRW24_1:       CLR   CLK
                    NOP
                    DJNZ  R0,READ_TRW24_0
                    RET

;*****************************************************************
;SERIAL PORT INTERRUPT TR1
;*****************************************************************

WAIT:               JB    TI,END_TX

RECEIVE:            CLR   RI
                    PUSH  ACC
                    PUSH  PSW

                    MOV   BUFFER,SBUF
                    CALL  SETMODE_TX
                    MOV   A,BUFFER
                    CALL  SEND_TRW
                    CALL  SETMODE_RX

END_WAIT:           POP   PSW
                    POP   ACC
END_TX:             RETI

;*****************************************************************
; Dummy Delay time 1ms
;*****************************************************************
DELAY_1ms:          MOV   R6,#0E6H ; Each loop = 1 ms
DELAY_1ms_1:        NOP
                    NOP
                    DJNZ  R6,DELAY_1ms_1
                    RET

DELAY_100ms:        MOV   R7,#100 ; Do 100 times
DELAY_100ms_1:      MOV   R6,#0E6H ; Each loop = 1 ms
DELAY_100ms_2:      NOP
                    NOP
                    DJNZ  R6,DELAY_100ms_2
                    DJNZ  R7,DELAY_100ms_1
                    RET

;*****************************************************************
CONFIG_TEST_TX:     DB 8EH,08H,1CH
CONFIG_LEN2_TX:     DB 08H
CONFIG_LEN1_TX:     DB 08H
CONFIG_ADDR2_TX:    DB 0C0H,0AAH,55H,0AAH,55H
CONFIG_ADDR1_TX:    DB 0AAH,55H,0AAH,55H,0AAH
CONFIG_NUMADDR_TX:  DB 0A3H
CONFIG_RF_TX:       DB 6FH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CONFIG_CH_TX:       DB 0AH ;TX
;CONFIG_CH:        DB 0BH ;RX

CONFIG_TEST_RX:    DB 8EH,08H,1CH
CONFIG_LEN2_RX:    DB 08H
CONFIG_LEN1_RX:    DB 08H
CONFIG_ADDR2_RX:   DB 0C0H,0AAH,55H,0AAH,55H
CONFIG_ADDR1_RX:   DB 0AAH,55H,0AAH,55H,0AAH
CONFIG_NUMADDR_RX: DB 0A3H
CONFIG_RF_RX:      DB 6FH
;CONFIG_CH_TX:     DB 0AH ;TX
CONFIG_CH_RX:      DB 0BH ;RX

                   END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

```
TIME            EQU   30H
VAR1            EQU   31H
VAR2            EQU   32H
VAR3            EQU   33H
VAR4            EQU   34H
FLG_CLICK       EQU   35H
FLG_ADJ         EQU   36H
FLG_USEBYCALL   EQU   37H
SUBTIMER        EQU   43H
ZOUT            BIT   P1.1
CTRL1           BIT   P1.6
CTRL2           BIT   P1.7
CTRL3           BIT   P1.4
CTRL4           BIT   P1.5

LDR1            BIT   P3.2
LDR2            BIT   P3.3
LDR3            BIT   P3.4
LDR4            BIT   P3.5


                ORG   0000H
                AJMP  INITIAL

                ORG   000BH
                AJMP  TF0_SUB

                ORG   0023H
                AJMP  CHK_TXRX

INITIAL:        MOV   IE,#10010010B
                MOV   TMOD,#00100010B
                MOV   PCON,#00H
                MOV   SCON,#50H
                MOV   TH1,#0FDH          ;9600 BAUD
                SETB  TR1


                MOV   TH0,#176
                MOV   TL0,#176
                MOV   SUBTIMER,#0


                MOV   VAR1,#10
                MOV   VAR2,#10
                MOV   VAR3,#10
                MOV   VAR4,#10

;*****************************************************************


MAIN:           JNB   ZOUT,$             ;CHECK UP ZEROPHASE
                SETB  TR0                ;START      TIMER 0
LOOP:           MOV   A,TIME
                CJNE  A,#9,LOOP
                MOV   TIME,#0
                CLR   TR0                ;STOP TIMER 0
                JMP   MAIN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*********************************************************************

CHK_SW_UP1:     MOV   A,VAR1
                CJNE  A,#01,NEXT_DEC1
                JMP   CHK_SW_END

NEXT_DEC1:      DEC   VAR1
                JMP   CHK_SW_END


CHK_SW_UP2:     MOV   A,VAR2
                CJNE  A,#01,NEXT_DEC2
                JMP   CHK_SW_END

NEXT_DEC2:      DEC   VAR2
                JMP   CHK_SW_END

CHK_SW_UP3:     MOV   A,VAR3
                CJNE  A,#01,NEXT_DEC3
                JMP   CHK_SW_END

NEXT_DEC3:      DEC   VAR3
                JMP   CHK_SW_END

CHK_SW_UP4:     MOV   A,VAR4
                CJNE  A,#01,NEXT_DEC4
                JMP   CHK_SW_END

NEXT_DEC4:      DEC   VAR4
                JMP   CHK_SW_END

CHK_SW_AD:      JMP   CHK_SW_DW4
MANAT:          JMP   CHK_SW_END

;*********************************************************************

CHK_SW_DW1:     MOV   A,VAR1
                CJNE  A,#10,NEXT_INC1
                JMP   CHK_SW_END

NEXT_INC1:      INC   VAR1
                JMP   CHK_SW_END

CHK_SW_DW2:     MOV   A,VAR2
                CJNE  A,#10,NEXT_INC2
                JMP   CHK_SW_END

NEXT_INC2:      INC   VAR2
                JMP   CHK_SW_END

CHK_SW_DW3:     MOV   A,VAR3
                CJNE  A,#10,NEXT_INC3
                JMP   CHK_SW_END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
NEXT_INC3:      INC   VAR3
                JMP   CHK_SW_END

CHK_SW_DW4:     MOV   A,VAR4
                CJNE  A,#10,NEXT_INC4
                JMP   CHK_SW_END

NEXT_INC4:      INC   VAR4
                JMP   CHK_SW_END


CHK_SW_END:     RET

;*************************************************

CHK_DV1:        MOV   A,TIME
                CJNE  A,VAR1,CHK_DV2
                CLR   CTRL1
                CALL  DELAY_10US
                SETB  CTRL1

CHK_DV2:        MOV   A,TIME
                CJNE  A,VAR2,CHK_DV3
                CLR   CTRL2
                CALL  DELAY_10US
                SETB  CTRL2

CHK_DV3:        MOV   A,TIME
                CJNE  A,VAR3,CHK_DV4
                CLR   CTRL3
                CALL  DELAY_10US
                SETB  CTRL3

CHK_DV4:        MOV   A,TIME
                CJNE  A,VAR4,CHK_DV_EXIT
                CLR   CTRL4
                CALL  DELAY_10US
                SETB  CTRL4

CHK_DV_EXIT:    RET


;*****************************************************
;TIMMER 0 INTERRUPT TR0
;*****************************************************

TF0_SUB:        PUSH  PSW
                PUSH  ACC

                INC   SUBTIMER
                MOV   A,#10
                CJNE  A,SUBTIMER,TF0_EXIT
                MOV   SUBTIMER,#0

                INC   TIME              ; 1mS
                ACALL CHK_DV1
                MOV   A,TIME
                CJNE  A,#10,TF0_EXIT
                MOV   TIME,#0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
TF0_EXIT:           POP    ACC
                    POP    PSW
                    RETI

;*********************************************************
;SERIAL PORT INTERRUPT TR1
;*********************************************************
CHK_TXRX:           JB     TI,NAT
WAIT:               CLR    RI
                    PUSH   ACC
                    PUSH   PSW
CHK_TRW24G:         MOV    A,SBUF
SP_DV1:             CJNE   A,#31H,SP_DV2
                    CALL   CHK_SW_UP1
                    JMP    END_WAIT

SP_DV2:             CJNE   A,#32H,SP_DV3
                    CALL   CHK_SW_UP2
                    JMP    END_WAIT

SP_DV3:             CJNE   A,#33H,SP_DV4
                    CALL   CHK_SW_UP3
                    JMP    END_WAIT

SP_DV4:             CJNE   A,#34H,SP_DW1
                    CALL   CHK_SW_UP4
                    JMP    END_WAIT

SP_DW1:             CJNE   A,#35H,SP_DW2
                    CALL   CHK_SW_DW1
                    JMP    END_WAIT

SP_DW2:             CJNE   A,#36H,SP_DW3
                    CALL   CHK_SW_DW2
                    JMP    END_WAIT

SP_DW3:             CJNE   A,#37H,SP_DW4
                    CALL   CHK_SW_DW3
                    JMP    END_WAIT

SP_DW4:             CJNE   A,#38H,ON_DV1
                    CALL   CHK_SW_DW4
                    JMP    END_WAIT


NAT:                AJMP   END_TX
;*********************************************************
;ON-OFF DEVICE
;*********************************************************
ON_DV1:             CJNE   A,#41H,ON_DV2
                    MOV    VAR1,#1
                    JMP    END_WAIT

ON_DV2:             CJNE   A,#42H,ON_DV3
                    MOV    VAR2,#1
                    JMP    END_WAIT

ON_DV3:             CJNE   A,#43H,ON_DV4
                    MOV    VAR3,#1
                    JMP    END_WAIT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ON_DV4:         CJNE   A,#44H,OFF_DV1
                MOV    VAR4,#1
                JMP    END_WAIT

OFF_DV1:        CJNE   A,#45H,OFF_DV2
                MOV    VAR1,#10
                JMP    END_WAIT

OFF_DV2:        CJNE   A,#46H,OFF_DV3
                MOV    VAR2,#10
                JMP    END_WAIT

OFF_DV3:        CJNE   A,#47H,OFF_DV4
                MOV    VAR3,#10
                JMP    END_WAIT

OFF_DV4:        CJNE   A,#48H,CHK_LDR1
                MOV    VAR4,#10
                JMP    END_WAIT

CHK_LDR1:       CJNE   A,#49H,CHK_LDR2
                JB     LDR1,SEND_0
                JMP    SEND_1

CHK_LDR2:       CJNE   A,#4AH,CHK_LDR3
                JB     LDR2,SEND_0
                JMP    SEND_1

CHK_LDR3:       CJNE   A,#4BH,CHK_LDR4
                JB     LDR3,SEND_0
                JMP    SEND_1

CHK_LDR4:       CJNE   A,#4CH,END_WAIT
                JB     LDR4,SEND_0
                JMP    SEND_1

END_WAIT:       POP    PSW
                POP    ACC
END_TX:         RETI
;*************************************************************

SEND_0:         MOV    A,#30H
                MOV    SBUF,A
                JNB    TI,$
                CLR    TI
                POP    PSW
                POP    ACC
                RETI

SEND_1:         MOV    A,#31H
                MOV    SBUF,A
                JNB    TI,$
                CLR    TI
                POP    PSW
                POP    ACC
                RETI
DELAY_10US:     MOV    R5,#100
DELAY_10US_1:   DJNZ   R5,DELAY_10uS_1
                RET
                END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมบนวินโดว์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

ส่วนหน้าต่างใช้งานหลัก

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;
using System.IO;
using System.Globalization;
using System.IO.Ports;
using System.Threading;
using System.Runtime.InteropServices;
namespace serial
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        PropertyPage pp = new PropertyPage();
        Begin bg = new Begin();

        int i,j;
        int var1, var2, var3, var4;
        int buffer=0;

        public Form1()
        {
            InitializeComponent();
        }
        private void Form1_Load(object sender, EventArgs e)
        {
            //show property dialog
            bg.ShowDialog();
            pp.ShowDialog();


        }
//*****************************************************************

        private void connect_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            int i;
            for (i = 0; i < 2; i++)
            {
                //display values
                //if no property is set the default values
                Serial.WriteTimeout = 500;
                if (pp.bRate == "" && pp.sBits == "")
                {
                    baudRatelLabel.Text = "BaudRate = " +
                    Serial.BaudRate.ToString();
                    stopBitLabel.Text = "StopBits = " +
                    Serial.StopBits.ToString();
                }
                else
                {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            baudRatelLabel.Text = "BaudRate = " + pp.bRate;
            stopBitLabel.Text = "StopBits = " + pp.sBits;
        }

            dataBitLabel.Text = "DataBits = " +
            Serial.DataBits.ToString();
            parityLabel.Text = "Parity = " +
            Serial.Parity.ToString();
            readTimeOutLabel.Text = "WriteTimeout = " +
            Serial.WriteTimeout.ToString();


        if (connect.Visible == true)


            try
            {
                //open serial port
                Serial.Open();
                //set Write time out to 500 ms
                Serial.WriteTimeout = 500;
            }
            catch (System.Exception ex)
            {
                messagelabel.Text = ex.Message;
            }
    }

}

private void device1_Click_1(object sender, EventArgs e)
{
    var1=var1+1;
    if (var1 <= 9)
        lblR.Text = this.var1.ToString();
    else var1 = 9;
       lblR.Text = this.var1.ToString();


    try
    {

        Serial.Write("1");

    }
    catch (System.Exception ex)
    {
        Eerror.Text = ex.Message;
    }

    switch (var1)
    {

        case 0: picDisplay0.BackColor = Color.FromArgb(0, 0,
        0); break;
        case 1: picDisplay0.BackColor = Color.FromArgb(25, 0,
        0); break;
        case 2: picDisplay0.BackColor = Color.FromArgb(50, 0,
        0); break;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            case 3: picDisplay0.BackColor = Color.FromArgb(75, 0,
            0); break;
            case 4: picDisplay0.BackColor = Color.FromArgb(100,
            0, 0); break;
            case 5: picDisplay0.BackColor = Color.FromArgb(125,
            0, 0); break;
            case 6: picDisplay0.BackColor = Color.FromArgb(150,
            0, 0); break;
            case 7: picDisplay0.BackColor = Color.FromArgb(175,
            0, 0); break;
            case 8: picDisplay0.BackColor = Color.FromArgb(200,
            0, 0); break;
            case 9: picDisplay0.BackColor = Color.FromArgb(255,
            0, 0); break;
        }
    }

    private void device2_Click(object sender, EventArgs e)
    {

       // MixColor(255, 0, 0);

        var1 = var1 -1;
        if (var1 >= 0)
            lblR.Text = this.var1.ToString();
        else var1 = 0;
        lblR.Text = this.var1.ToString();


        try
        {

            Serial.Write("5");

        }
        catch (System.Exception ex)
        {
            Eerror.Text = ex.Message;
        }

       switch (var1)
       {

            case 0: picDisplay0.BackColor = Color.FromArgb(0, 0,
            0); break;
            case 1: picDisplay0.BackColor = Color.FromArgb(25, 0,
            0); break;
            case 2: picDisplay0.BackColor = Color.FromArgb(50, 0,
            0); break;
            case 3: picDisplay0.BackColor = Color.FromArgb(75, 0,
            0); break;
            case 4: picDisplay0.BackColor = Color.FromArgb(100,
            0, 0); break;
            case 5: picDisplay0.BackColor = Color.FromArgb(125,
            0, 0); break;
            case 6: picDisplay0.BackColor = Color.FromArgb(150,
            0, 0); break;
            case 7: picDisplay0.BackColor = Color.FromArgb(175,
            0, 0); break;
            case 8: picDisplay0.BackColor = Color.FromArgb(200,
            0, 0); break;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            case 9: picDisplay0.BackColor = Color.FromArgb(255,
            0, 0); break;
        }
    }

    private void device3_Click(object sender, EventArgs e)
    {

        var2 = var2 + 1;
        if (var2 <= 9)
            lblR.Text = this.var1.ToString();
        else var2 = 9;
            lblG.Text = this.var2.ToString();

        try
        {

            Serial.Write("2");

        }
        catch (System.Exception ex)
        {
            Eerror.Text = ex.Message;
        }

        switch (var2)
        {

            case 0: picDisplay1.BackColor = Color.FromArgb(0, 0,
            0); break;
            case 1: picDisplay1.BackColor = Color.FromArgb(25, 0,
            0); break;
            case 2: picDisplay1.BackColor = Color.FromArgb(50, 0,
            0); break;
            case 3: picDisplay1.BackColor = Color.FromArgb(75, 0,
            0); break;
            case 4: picDisplay1.BackColor = Color.FromArgb(100,
            0, 0); break;
            case 5: picDisplay1.BackColor = Color.FromArgb(125,
            0, 0); break;
            case 6: picDisplay1.BackColor = Color.FromArgb(150,
            0, 0); break;
            case 7: picDisplay1.BackColor = Color.FromArgb(175,
            0, 0); break;
            case 8: picDisplay1.BackColor = Color.FromArgb(200,
            0, 0); break;
            case 9: picDisplay1.BackColor = Color.FromArgb(255,
            0, 0); break;
        }
    }

    private void device4_Click(object sender, EventArgs e)
    {

        var2 = var2 - 1;
        if (var2 >= 0)
            lblG.Text = this.var2.ToString();
        else var2 = 0;
            lblG.Text = this.var2.ToString();

        try
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        {

            Serial.Write("6");

        }
        catch (System.Exception ex)
        {
            Eerror.Text = ex.Message;
        }

        switch (var2)
        {
            case 0: picDisplay1.BackColor = Color.FromArgb(0, 0,
            0); break;
            case 1: picDisplay1.BackColor = Color.FromArgb(25, 0,
            0); break;
            case 2: picDisplay1.BackColor = Color.FromArgb(50, 0,
            0); break;
            case 3: picDisplay1.BackColor = Color.FromArgb(75, 0,
            0); break;
            case 4: picDisplay1.BackColor = Color.FromArgb(100,
            0, 0); break;
            case 5: picDisplay1.BackColor = Color.FromArgb(125,
            0, 0); break;
            case 6: picDisplay1.BackColor = Color.FromArgb(150,
            0, 0); break;
            case 7: picDisplay1.BackColor = Color.FromArgb(175,
            0, 0); break;
            case 8: picDisplay1.BackColor = Color.FromArgb(200,
            0, 0); break;
            case 9: picDisplay1.BackColor = Color.FromArgb(255,
            0, 0); break;
        }
    }

    private void device5_Click(object sender, EventArgs e)
    {

       // MixColor(255, 0, 0);

        var3 = var3 + 1;
        if (var3 <= 9)
            lblB.Text = this.var3.ToString();
        else var3 = 9;
        lblB.Text = this.var3.ToString();


        try
        {

            Serial.Write("3");

        }
        catch (System.Exception ex)
        {
            Eerror.Text = ex.Message;
        }

        switch (var3)
        {
            case 0: picDisplay2.BackColor = Color.FromArgb(0, 0,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง ทำซ้ำ หรือนำไปใช้เพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            0); break;
            case 1: picDisplay2.BackColor = Color.FromArgb(25, 0,
            0); break;
            case 2: picDisplay2.BackColor = Color.FromArgb(50, 0,
            0); break;
            case 3: picDisplay2.BackColor = Color.FromArgb(75, 0,
            0); break;
            case 4: picDisplay2.BackColor = Color.FromArgb(100,
            0, 0); break;
            case 5: picDisplay2.BackColor = Color.FromArgb(125,
            0, 0); break;
            case 6: picDisplay2.BackColor = Color.FromArgb(150,
            0, 0); break;
            case 7: picDisplay2.BackColor = Color.FromArgb(175,
            0, 0); break;
            case 8: picDisplay2.BackColor = Color.FromArgb(200,
            0, 0); break;
            case 9: picDisplay2.BackColor = Color.FromArgb(255,
            0, 0); break;
        }
}

private void device6_Click(object sender, EventArgs e)
{

    var3 = var3 - 1;
    if (var3 >= 0)
        lblB.Text = this.var3.ToString();
    else var3 = 0;
        lblB.Text = this.var3.ToString();

    try
    {

        Serial.Write("7");

    }
    catch (System.Exception ex)
    {
        Eerror.Text = ex.Message;
    }

    switch (var3)
    {
        case 0: picDisplay2.BackColor = Color.FromArgb(0, 0,
        0); break;
        case 1: picDisplay2.BackColor = Color.FromArgb(25, 0,
        0); break;
        case 2: picDisplay2.BackColor = Color.FromArgb(50, 0,
        0); break;
        case 3: picDisplay2.BackColor = Color.FromArgb(75, 0,
        0); break;
        case 4: picDisplay2.BackColor = Color.FromArgb(100,
        0, 0); break;
        case 5: picDisplay2.BackColor = Color.FromArgb(125,
        0, 0); break;
        case 6: picDisplay2.BackColor = Color.FromArgb(150,
        0, 0); break;
        case 7: picDisplay2.BackColor = Color.FromArgb(175,
        0, 0); break;
        case 8: picDisplay2.BackColor = Color.FromArgb(200,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            0, 0); break;
            case 9: picDisplay2.BackColor = Color.FromArgb(255,
            0, 0); break;
        }
    }

    private void device7_Click(object sender, EventArgs e)
    {

       // MixColor(255, 0, 0);

        var4 = var4 + 1;
        if (var4 <= 9)
            lblN.Text = this.var4.ToString();
        else var4 = 9;
        lblN.Text = this.var4.ToString();


        try
        {

            Serial.Write("4");

        }
        catch (System.Exception ex)
        {
            Eerror.Text = ex.Message;
        }

        switch (var4)
        {
            case 0: picDisplay3.BackColor = Color.FromArgb(0, 0,
            0); break;
            case 1: picDisplay3.BackColor = Color.FromArgb(25, 0,
            0); break;
            case 2: picDisplay3.BackColor = Color.FromArgb(50, 0,
            0); break;
            case 3: picDisplay3.BackColor = Color.FromArgb(75, 0,
            0); break;
            case 4: picDisplay3.BackColor = Color.FromArgb(100,
            0, 0); break;
            case 5: picDisplay3.BackColor = Color.FromArgb(125,
            0, 0); break;
            case 6: picDisplay3.BackColor = Color.FromArgb(150,
            0, 0); break;
            case 7: picDisplay3.BackColor = Color.FromArgb(175,
            0, 0); break;
            case 8: picDisplay3.BackColor = Color.FromArgb(200,
            0, 0); break;
            case 9: picDisplay3.BackColor = Color.FromArgb(255,
            0, 0); break;
        }
    }

    private void device8_Click(object sender, EventArgs e)
    {

      //   MixColor(255, 0, 0);


        var4 = var4 - 1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        if (var4 >= 0)
            lblN.Text = this.var4.ToString();
        else var4 = 0;
            lblN.Text = this.var4.ToString();


        try
        {

            Serial.Write("8");

        }
        catch (System.Exception ex)
        {
            Eerror.Text = ex.Message;
        }

        switch (var4)
        {
            case 0: picDisplay3.BackColor = Color.FromArgb(0, 0,
            0); break;
            case 1: picDisplay3.BackColor = Color.FromArgb(25, 0,
            0); break;
            case 2: picDisplay3.BackColor = Color.FromArgb(50, 0,
            0); break;
            case 3: picDisplay3.BackColor = Color.FromArgb(75, 0,
            0); break;
            case 4: picDisplay3.BackColor = Color.FromArgb(100,
            0, 0); break;
            case 5: picDisplay3.BackColor = Color.FromArgb(125,
            0, 0); break;
            case 6: picDisplay3.BackColor = Color.FromArgb(150,
            0, 0); break;
            case 7: picDisplay3.BackColor = Color.FromArgb(175,
            0, 0); break;
            case 8: picDisplay3.BackColor = Color.FromArgb(200,
            0, 0); break;
            case 9: picDisplay3.BackColor = Color.FromArgb(255,
            0, 0); break;

    }
}

private void disconnect_Click(object sender, EventArgs e)
{
    try
    {

        Serial.Write("E");

    }
    catch (System.Exception ex)
    {
        Eerror.Text = ex.Message;
    }

    for(i=0;i<500;i++)

    try
    {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Serial.Write("F");

        }
        catch (System.Exception ex)
        {
            Eerror.Text = ex.Message;
        }

        for (i = 0; i < 500; i++)

        try
        {

            Serial.Write("G");

        }
        catch (System.Exception ex)
        {
            Eerror.Text = ex.Message;
        }

        for (i = 0; i < 500; i++)

        try
        {

            Serial.Write("H");

        }
        catch (System.Exception ex)
        {
            Eerror.Text = ex.Message;
        }

        this.Close();
    }

//*****************************************************************

    // ON - OFF SWITCH //

//*****************************************************************


    private void ON1_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        var1 = 9;
        lblR.Text = this.var1.ToString();


        try
        {

                Serial.Write("A");

        }
        catch (System.Exception ex)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        {
            Eerror.Text = ex.Message;
        }

        picDisplay0.BackColor = Color.FromArgb(255, 0, 0);

    }

    private void OFF1_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        var1 = 0;
        lblR.Text = this.var1.ToString();

        try
        {

                Serial.Write("E");

        }
        catch (System.Exception ex)
        {
            Eerror.Text = ex.Message;
        }

        picDisplay0.BackColor = Color.FromArgb(0, 0, 0);
    }
    private void ON2_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        var2 = 9;
        lblG.Text = this.var2.ToString();

        try
        {

                Serial.Write("B");

        }
        catch (System.Exception ex)
        {
            Eerror.Text = ex.Message;
        }

        picDisplay1.BackColor = Color.FromArgb(255, 0, 0);

    }

    private void OFF2_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        var2 = 0;
        lblG.Text = this.var2.ToString();

        try
        {

                Serial.Write("F");
        }
        catch (System.Exception ex)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    {
        Eerror.Text = ex.Message;
    }

    picDisplay1.BackColor = Color.FromArgb(0, 0, 0);

}

private void ON3_Click(object sender, EventArgs e)
{
    var3 = 9;
    lblB.Text = this.var3.ToString();

    try
    {

            Serial.Write("C");

    }
    catch (System.Exception ex)
    {
        Eerror.Text = ex.Message;
    }

    picDisplay2.BackColor = Color.FromArgb(255, 0, 0);

}

private void OFF3_Click(object sender, EventArgs e)
{
    var3 = 0;
    lblB.Text = this.var3.ToString();

    try
    {

            Serial.Write("G");

    }
    catch (System.Exception ex)
    {
        Eerror.Text = ex.Message;
    }

    picDisplay2.BackColor = Color.FromArgb(0, 0, 0);

}

private void ON4_Click(object sender, EventArgs e)
{
    var4 = 9;
    lblN.Text = this.var4.ToString();

    try
    {

            Serial.Write("D");
    }
    catch (System.Exception ex)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        {
            Eerror.Text = ex.Message;
        }


        picDisplay3.BackColor = Color.FromArgb(255, 0, 0);
    }

    private void OFF4_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        var4 = 0;
        lblN.Text = this.var4.ToString();

        try
        {

                Serial.Write("H");

        }
        catch (System.Exception ex)
        {
            Eerror.Text = ex.Message;
        }

        picDisplay3.BackColor = Color.FromArgb(0, 0, 0);
    }

    private void buttonchk1_Click(object sender, EventArgs e)
    {

        try
        {

            Serial.Write("L");

        }
        catch (System.Exception ex)
        {
            Eerror.Text = ex.Message;
        }

        if (buffer == 1)
        {
            chk_dv1.BackColor = Color.FromArgb(255, 0, 0);
        }
        else
            chk_dv1.BackColor = Color.FromArgb(0, 0, 0);

    }

    private void buttonchk2_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        try
        {
            Serial.Write("K");
        }
        catch (System.Exception ex)
        {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                Eerror.Text = ex.Message;
            }
            if (buffer == 1)
            {
                chk_dv2.BackColor = Color.FromArgb(255, 0, 0);
            }
            else
                chk_dv2.BackColor = Color.FromArgb(0, 0, 0);
        }

        private void buttonchk3_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            try
            {

                Serial.Write("J");

            }
            catch (System.Exception ex)
            {
                Eerror.Text = ex.Message;
            }
            if (buffer == 1)
            {
                chk_dv3.BackColor = Color.FromArgb(255, 0, 0);
            }
            else
                chk_dv3.BackColor = Color.FromArgb(0, 0, 0);
        }

        private void buttonchk4_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            try
            {

                Serial.Write("I");

            }
            catch (System.Exception ex)
            {
                Eerror.Text = ex.Message;
            }
            if (buffer == 1)
            {
                chk_dv4.BackColor = Color.FromArgb(255, 0, 0);
            }
            else
                chk_dv4.BackColor = Color.FromArgb(0, 0, 0);
        }

        private void Serial_DataReceived(object sender,
System.IO.Ports.SerialDataReceivedEventArgs e)
        {
            buffer = int.Parse(Serial.ReadExisting());
        }

    }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมส่วนเริ่มต้นการทำงาน (From Begin)

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;

namespace serial
{
    public partial class Begin : Form
    {
        public Begin()
        {
            InitializeComponent();
        }

        private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            this.Close();
        }
    }
}
```

โปรแกรมส่วนกำหนดคุณสมบัติที่เกี่ยวกับฟอร์มย่อย (From PropertyPage)

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;

namespace serial
{
    public partial class PropertyPage : Form
    {
        //variables for storing values of baud rate and stop bits
        private string baudR = "";
        private string stopB = "";

        //property for setting and getting baud rate and stop bits
        public string bRate
        {
            get
            {
                return baudR;
            }
            set
            {
                baudR = value;
            }
        }

        public string sBits
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        {
            get
            {
                return stopB;
            }
            set
            {
                stopB = value;
            }
        }

//*********************************************************************

        public PropertyPage()
        {
            InitializeComponent();
        }

        private void okButton_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            //here we set the value for stop bits and baud rate.
            this.bRate = BaudRateComboBox.Text;
            this.sBits = stopBitComboBox.Text;
            //
            this.Close();
        }

        private void cancelButton_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            this.bRate = "";
            this.sBits = "";
            //close form
            this.Close();
        }
    }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

- Compatible with MCS®51 Products
- 2K/4K Bytes of In-System Programmable (ISP) Flash Program Memory
  - Serial Interface for Program Downloading
  - Endurance: 10,000 Write/Erase Cycles
- 2.7V to 5.5V Operating Range
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Two-level Program Memory Lock
- 256 x 8-bit Internal RAM
- 15 Programmable I/O Lines
- Two 16-bit Timer/Counters
- Six Interrupt Sources
- Programmable Serial UART Channel
- Direct LED Drive Outputs
- On-chip Analog Comparator with Selectable Interrupt
- 8-bit PWM (Pulse-width Modulation)
- Low Power Idle and Power-down Modes
- Brownout Reset
- Enhanced UART Serial Port with Framing Error Detection and Automatic Address Recognition
- Internal Power-on Reset
- Interrupt Recovery from Power-down Mode
- Programmable and Fuseable x2 Clock Option
- Four-level Enhanced Interrupt Controller
- Power-off Flag
- Flexible Programming (Byte and Page Modes)
  - Page Mode: 32 Bytes/Page
- User Serviceable Signature Page (32 Bytes)

8-bit Microcontroller with 2K/4K Bytes Flash

AT89S2051
AT89S4051

Preliminary

3390C–MICRO–7/05

1. Description

The AT89S2051/S4051 is a low-voltage, high-performance CMOS 8-bit microcontroller with 2K/4K bytes of In-System Programmable (ISP) Flash program memory. The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry-standard MCS-51 instruction set. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89S2051/S4051 is a powerful microcontroller which provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications. Moreover, the AT89S2051/S4051 is designed to be function compatible with the AT89C2051/C4051 devices, respectively.

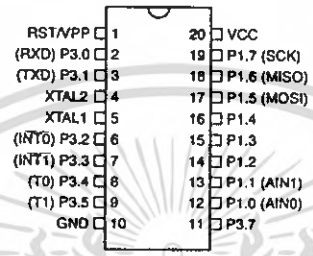
The AT89S2051/S4051 provides the following standard features: 2K/4K bytes of Flash, 256 bytes of RAM, 15 I/O lines, two 16-bit timer/counters, a six-vector, four-level interrupt architecture, a full duplex enhanced serial port, a precision analog comparator, on-chip. and clock circuitry. Hardware support for PWM with 8-bit resolution and 8-bit prescaler is available by reconfiguring the two on-chip timer/counters. In addition, the AT89S2051/S4051 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software-selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port and interrupt system to continue functioning. The power-down mode saves the RAM contents but freezes the disabling all other chip functions until the next external interrupt or hardware reset.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

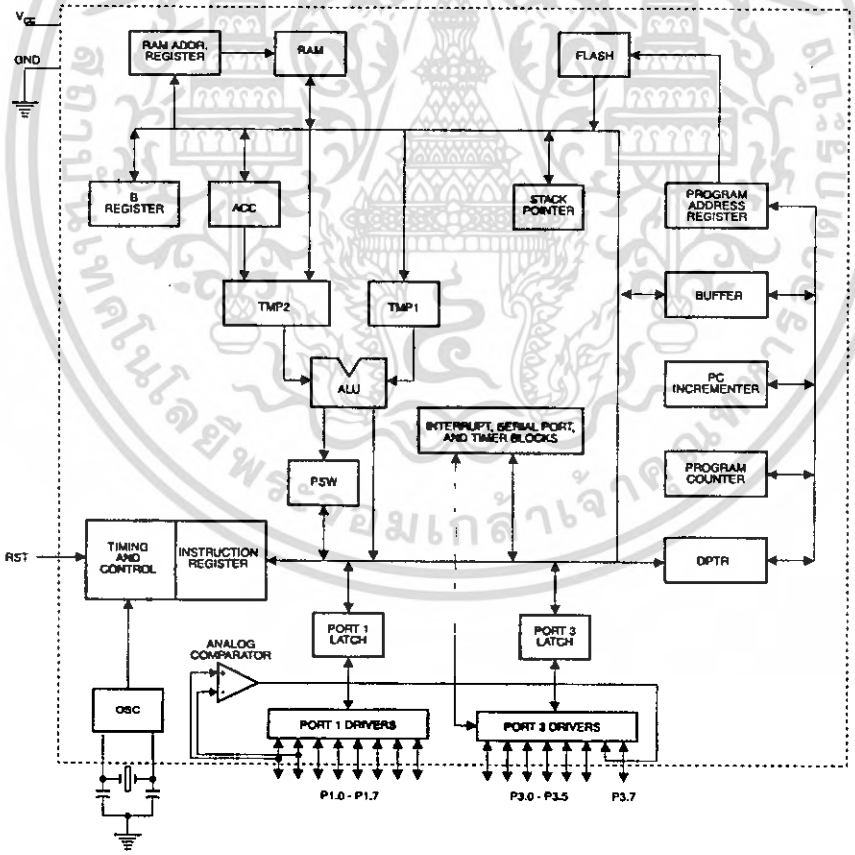
The on-board Flash program memory is accessible through the ISP serial interface. Holding RST active forces the device into a serial programming interface and allows the program memory to be written to or read from, unless one or more lock bits have been activated.

2. Pin Configuration

2.1 20-lead PDIP/SOIC



3. Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

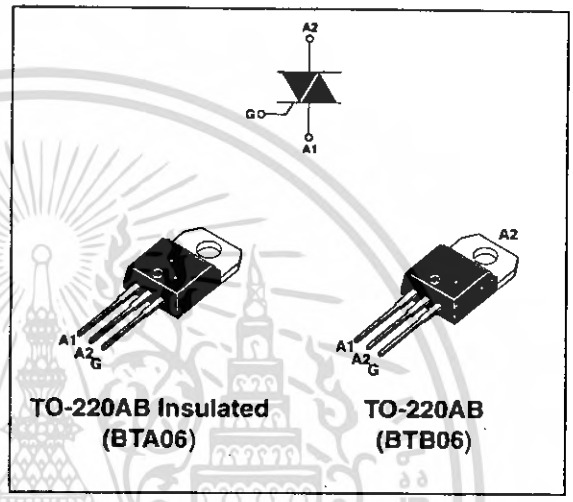
BTA06 and BTB06 Series

SNUBBERLESS™, LOGIC LEVEL & STANDARD

6A TRIACs

Table 1: Main Features

Symbol	Value	Unit
$I_{T(RMS)}$	6	A
V_{DRM}/V_{RRM}	600 and 800	V
$I_{GT\ (Q_1)}$	5 to 50	mA



TO-220AB Insulated (BTA06)

TO-220AB (BTB06)

DESCRIPTION

Available either in through-hole or surface-mount packages, the **BTA06** and **BTB06** triac series is suitable for general purpose AC switching. They can be used as an ON/OFF function in applications such as static relays, heating regulation, induction motor starting circuits... or for phase control operation in light dimmers, motor speed controllers,...

The snubberless and logic level versions (BTA/BTB...W) are specially recommended for use on inductive loads, thanks to their high commutation performances.

By using an internal ceramic pad, the BTA series provides voltage insulated tab (rated at 2500V_{RMS}) complying with UL standards (File ref.: E81734).

Table 2: Order Codes

Part Number	Marking
BTA06-xxxxxRG	See page table 8 on page 6
BTB06-xxxxxRG	

Table 3: Absolute Maximum Ratings

Symbol	Parameter			Value	Unit
$I_{T(RMS)}$	RMS on-state current (full sine wave)	TO-220AB	T_c = 110°C	6	A
		TO-220AB Ins.	T_c = 105°C		
I_{TSM}	Non repetitive surge peak on-state current (full cycle, T_j initial = 25°C)	F = 50 Hz	t = 20 ms	60	A
		F = 60 Hz	t = 16.7 ms	63	
I^2t	I^2t Value for fusing	t_p = 10 ms		21	A^2s
dI/dt	Critical rate of rise of on-state current I_G = 2 x I_{GT} , $t_r \leq$ 100 ns	F = 120 Hz	T_j = 125°C	50	A/µs
I_{GM}	Peak gate current	t_p = 20 µs	T_j = 125°C	4	A
$P_{G(AV)}$	Average gate power dissipation		T_j = 125°C	1	W
T_{stg} T_j	Storage junction temperature range Operating junction temperature range			- 40 to + 150 - 40 to + 125	°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tables 4: Electrical Characteristics (T_j = 25°C, unless otherwise specified)

■ **SNUBBERLESS and Logic Level (3 quadrants)**

Symbol	Test Conditions	Quadrant		BTA06 / BTB06				Unit
				TW	SW	CW	BW	
I_{GT} (1)	V_D = 12 V R_L = 30 Ω	I - II - III	MAX.	5	10	35	50	mA
V_{GT}		I - II - III	MAX.	1.3				V
V_{GD}	$V_D = V_{DRM}$ R_L = 3.3 kΩ T_j = 125°C	I - II - III	MIN.	0.2				V
I_H (2)	I_T = 100 mA		MAX.	10	15	35	50	mA
I_L	I_G = 1.2 I_{GT}	I - III	MAX.	10	25	50	70	mA
		II		15	30	60	80	
dV/dt (2)	V_D = 67 %V_{DRM} gate open T_j = 125°C		MIN.	20	40	400	1000	V/µs
(dI/dt)c (2)	(dV/dt)c = 0.1 V/µs T_j = 125°C		MIN.	2.7	3.5	-	-	A/ms
	(dV/dt)c = 10 V/µs T_j = 125°C			1.2	2.4	-	-	
	Without snubber T_j = 125°C			-	-	3.5	5.3	

■ **Standard** (4 **quadrants**)

Symbol	Test Conditions	Quadrant		BTA06 / BTB06		Unit
				C	B	
I_{GT} (1)	V_D = 12 V R_L = 30 Ω	I - II - III	MAX.	25	50	mA
		IV		50	100	
V_{GT}		ALL	MAX.	1.3		V
V_{GD}	$V_D = V_{DRM}$ R_L = 3.3 kΩ T_j = 125°C	ALL	MIN.	0.2		V
I_H (2)	I_T = 500 mA		MAX.	25	50	mA
I_L	I_G = 1.2 I_{GT}	I - III - IV	MAX.	40	50	mA
		II		80	100	
dV/dt (2)	V_D = 67 %V_{DRM} gate open T_j = 125°C		MIN.	200	400	V/µs
(dV/dt)c (2)	(dI/dt)c = 2.7 A/ms T_j = 125°C		MIN.	5	10	V/µs

Table 5: Static Characteristics

Symbol	Test Conditions			Value	Unit
V_{TM} (2)	I_{TM} = 8.5 A t_p = 380 µs	T_j = 25°C	MAX.	1.55	V
V_{t0} (2)	Threshold voltage	T_j = 125°C	MAX.	0.85	V
R_d (2)	Dynamic resistance	T_j = 125°C	MAX.	60	mΩ
I_{DRM} I_{RRM}	$V_{DRM} = V_{RRM}$	T_j = 25°C	MAX.	5	µA
		T_j = 125°C		1	mA

Note 1: minimum I_{GT} is guaranted at 5% of I_{GT} max.

Note 2: for both polarities of A2 referenced to A1.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 6: Thermal resistance

Symbol	Parameter		Value	Unit
$R_{th(j-c)}$	Junction to case (AC)	TO-220AB	1.8	°C/W
		TO-220AB Insulated	2.7	
$R_{th(j-a)}$	Junction to ambient	TO-220AB TO-220AB Insulated	60	°C/W

Figure 1: Maximum power dissipation versus RMS on-state current (full cycle)

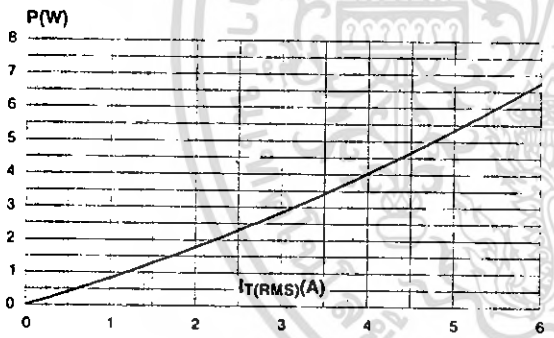


Figure 2: RMS on-state current versus case temperature (full cycle)

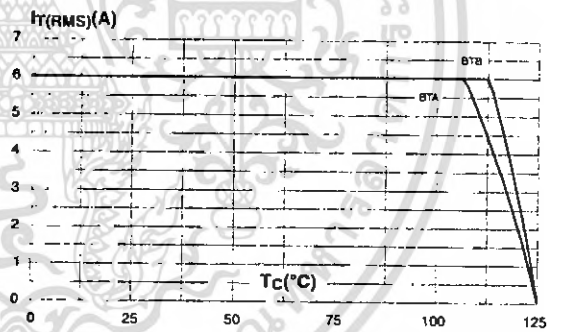


Figure 3: Relative variation of thermal impedance versus pulse duration

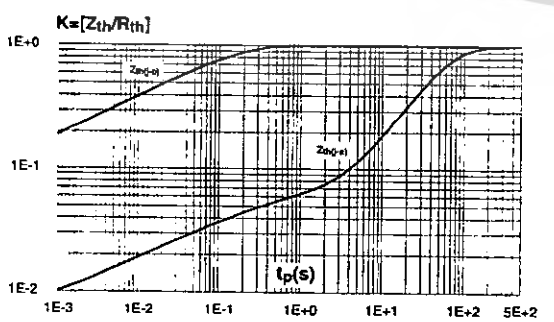
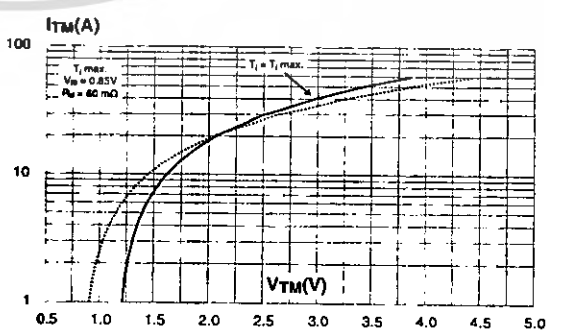


Figure 4: On-state characteristics (maximum values)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 5: Surge peak on-state current versus number of cycles

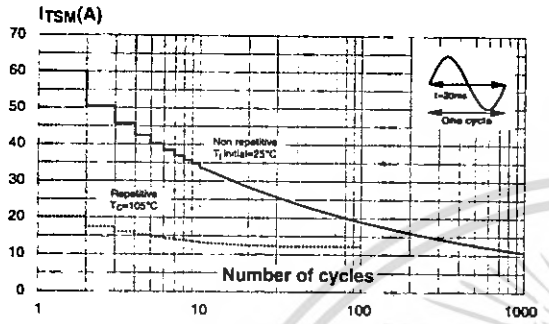


Figure 6: Non-repetitive surge peak on-state current for a sinusoidal pulse with width $t_p < 10$ ms and corresponding value of I^2t

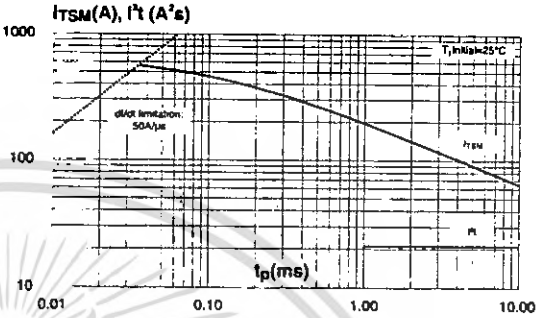


Figure 7: Relative variation of gate trigger current, holding current and latching current versus junction temperature (typical values)

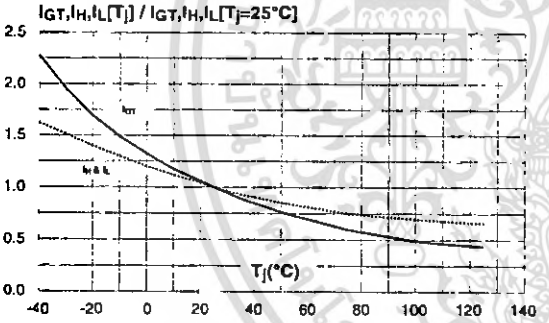


Figure 8: Relative variation of critical rate of decrease of main current versus (dV/dt)c (typical values) (Snubberless & logic level types)

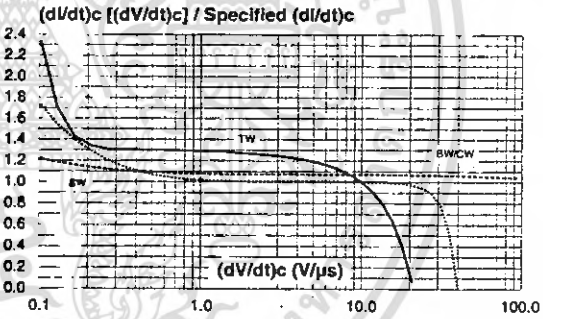


Figure 9: Relative variation of critical rate of decrease of main current versus (dV/dt)c (typical values) (Standard types)

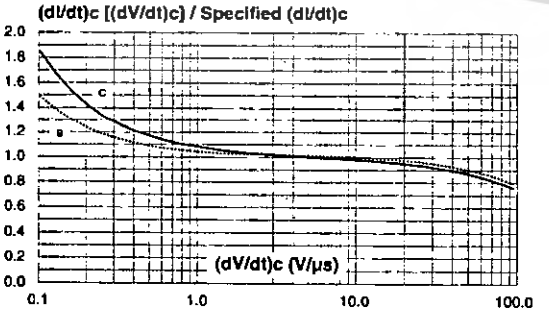
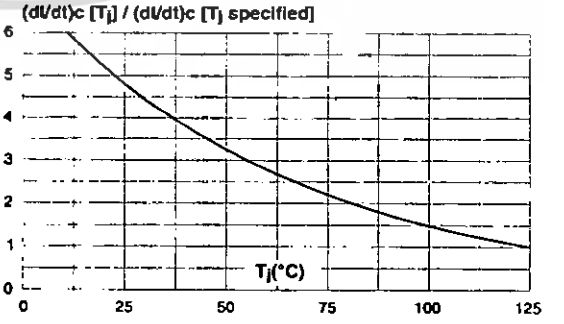


Figure 10: Relative variation of critical rate of decrease of main current versus junction temperature



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15MHz, BiMOS Operational Amplifier with MOSFET Input/CMOS Output

CA3130A and CA3130 are op amps that combine the advantage of both CMOS and bipolar transistors.

Gate-protected P-Channel MOSFET (PMOS) transistors are used in the input circuit to provide very-high-input impedance, very-low-input current, and exceptional speed performance. The use of PMOS transistors in the input stage results in common-mode input-voltage capability down to 0.5V below the negative-supply terminal, an important attribute in single-supply applications.

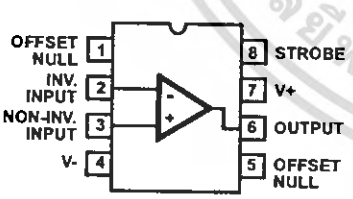
A CMOS transistor-pair, capable of swinging the output voltage to within 10mV of either supply-voltage terminal (at very high values of load impedance), is employed as the output circuit.

The CA3130 Series circuits operate at supply voltages ranging from 5V to 16V, (±2.5V to ±8V). They can be phase compensated with a single external capacitor, and have terminals for adjustment of offset voltage for applications requiring offset-null capability. Terminal provisions are also made to permit strobing of the output stage.

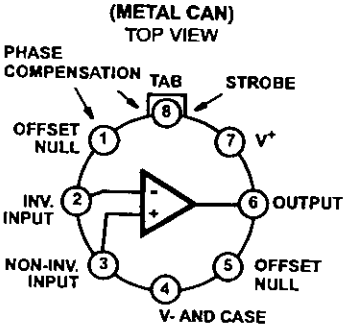
The CA3130A offers superior input characteristics over those of the CA3130.

Pinouts

CA3130, CA3130A
(PDIP, SOIC)
TOP VIEW



CA3130, CA3130A
(METAL CAN)
TOP VIEW



Features

- MOSFET Input Stage Provides:
  - Very High Z_I = 1.5 TΩ (1.5 x 10^{12}Ω) (Typ)
  - Very Low I_I . . . . . 5pA (Typ) at 15V Operation
    . . . . . = 2pA (Typ) at 5V Operation
- Ideal for Single-Supply Applications
- Common-Mode Input-Voltage Range Includes Negative Supply Rail; Input Terminals can be Swung 0.5V Below Negative Supply Rail
- CMOS Output Stage Permits Signal Swing to Either (or both) Supply Rails

Applications

- Ground-Referenced Single Supply Amplifiers
- Fast Sample-Hold Amplifiers
- Long-Duration Timers/Monostables
- High-Input-Impedance Comparators (Ideal Interface with Digital CMOS)
- High-Input-Impedance Wideband Amplifiers
- Voltage Followers (e.g. Follower for Single-Supply D/A Converter)
- Voltage Regulators (Permits Control of Output Voltage Down to 0V)
- Peak Detectors
- Single-Supply Full-Wave Precision Rectifiers
- Photo-Diode Sensor Amplifiers

Ordering Information

PART NO. (BRAND)	TEMP. RANGE (°C)	PACKAGE	PKG. NO.
CA3130AE	-55 to 125	8 Ld PDIP	E8.3
CA3130AM (3130A)	-55 to 125	8 Ld SOIC	M8.15
CA3130AM96 (3130A)	-55 to 125	8 Ld SOIC Tape and Reel	M8.15
CA3130AT	-55 to 125	8 Pin Metal Can	T8.C
CA3130E	-55 to 125	8 Ld PDIP	E8.3
CA3130M (3130)	-55 to 125	8 Ld SOIC	M8.15
CA3130M96 (3130)	-55 to 125	8 Ld SOIC Tape and Reel	M8.15
CA3130T	-55 to 125	8 Pin Metal Can	T8.C

CAUTION: These devices are sensitive to electrostatic discharge; follow proper IC Handling Procedures.
Copyright © Harris Corporation 1998

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

DC Supply Voltage (Between V+ And V- Terminals) 16V
Differential Input Voltage 8V
DC Input Voltage . . . . . (V+ +8V) to (V- -0.5V)
Input-Terminal Current 1mA
Output Short-Circuit Duration (Note 1) . . . . . Indefinite

Operating Conditions

Temperature Range . . . . . -50°C to 125°C

Thermal Information

Thermal Resistance (Typical, Note 2)	θ_{JA} (°C/W)	θ_{JC} (°C/W)
PDIP Package	100	N/A
SOIC Package	160	N/A
Metal Can Package	170	85

Maximum Junction Temperature (Metal Can Package) . . . . . .175°C
Maximum Junction Temperature (Plastic Package) . . . . . .150°C
Maximum Storage Temperature Range . . . . . -65°C to 150°C
Maximum Lead Temperature (Soldering 10s) . . . . . .300°C
(SOIC - Lead Tips Only)

CAUTION: Stresses above those listed in "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress only rating and operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

NOTES:

1. Short circuit may be applied to ground or to either supply.
2. θ_{JA} is measured with the component mounted on an evaluation PC board in free air.

Electrical Specifications

T_A = 25°C, V+ = 15V, V- = 0V, Unless Otherwise Specified

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	CA3130			CA3130A			UNITS
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Input Offset Voltage	$\|V_{IO}\|$	V_S = ±7.5V	-	8	15	-	2	5	mV
Input Offset Voltage Temperature Drift	$\Delta V_{IO}/\Delta T$		-	10	-	-	10	-	µV/°C
Input Offset Current	$\|I_{IO}\|$	V_S = ±7.5V	-	0.5	30	-	0.5	20	pA
Input Current	I_I	V_S = ±7.5V	-	5	50	-	5	30	pA
Large-Signal Voltage Gain	A_{OL}	V_O = 10V_{P-P}, R_L = 2kΩ	50	320	-	50	320	-	kV/V
			94	110	-	94	110	-	dB
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR		70	90	-	80	90	-	dB
Common-Mode Input Voltage Range	V_{ICR}		0	-0.5 to 12	10	0	-0.5 to 12	10	V
Power-Supply Rejection Ratio	$\Delta V_{IO}/\Delta V_S$	V_S = ±7.5V	-	32	320	-	32	150	µV/V
Maximum Output Voltage	V_{OM}^+	R_L = 2kΩ	12	13.3	-	12	13.3	-	V
	V_{OM}^-	R_L = 2kΩ	-	0.002	0.01	-	0.002	0.01	V
	V_{OM}^+	R_L = ∞	14.99	15	-	14.99	15	-	V
	V_{OM}^-	R_L = ∞	-	0	0.01	-	0	0.01	V
Maximum Output Current	I_{OM}^+ (Source) at V_O = 0V		12	22	45	12	22	45	mA
	I_{OM}^- (Sink) at V_O = 15V		12	20	45	12	20	45	mA
Supply Current	I+	V_O = 7.5V, R_L = ∞	-	10	15	-	10	15	mA
	I+	V_O = 0V, R_L = ∞	-	2	3	-	2	3	mA

Electrical Specifications

Typical Values Intended Only for Design Guidance, V_{SUPPLY} = ±7.5V, T_A = 25°C Unless Otherwise Specified

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	CA3130, CA3130A	UNITS
Input Offset Voltage Adjustment Range		10kΩ Across Terminals 4 and 5 or 4 and 1	±22	mV
Input Resistance	R_I		1.5	TΩ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Specifications Typical Values Intended Only for Design Guidance, $V_{SUPPLY} = \pm 7.5V$, $T_A = 25^oC$ Unless Otherwise Specified

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	CA3130, CA3130A	UNITS
Input Capacitance	C_I	f = 1MHz	4.3	pF
Equivalent Input Noise Voltage	e_N	BW = 0.2MHz, $R_S = 1M\Omega$ (Note 3)	23	µV
Open Loop Unity Gain Crossover Frequency (For Unity Gain Stability ≥47pF Required.)	f_T	$C_C = 0$	15	MHz
		$C_C = 47pF$	4	MHz
Slew Rate:	SR			
Open Loop		$C_C = 0$	30	V/µs
Closed Loop		$C_C = 56pF$	10	V/µs
Transient Response:		$C_C = 56pF$, $C_L = 25pF$, $R_L = 2k\Omega$ (Voltage Follower)		
Rise Time	t_r		0.09	µs
Overshoot	OS		10	%
Settling Time (To <0.1%, $V_{IN} = 4V_{P-P}$)	t_S		1.2	µs

NOTE:

3. Although a 1MΩ source is used for this test, the equivalent input noise remains constant for values of R_S up to 10MΩ.

Electrical Specifications Typical Values Intended Only for Design Guidance, V+ = 5V, V- = 0V, $T_A = 25^oC$ Unless Otherwise Specified (Note 4)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	CA3130	CA3130A	UNITS
Input Offset Voltage	V_{IO}		8	2	mV
Input Offset Current	I_{IO}		0.1	0.1	pA
Input Current	I_I		2	2	pA
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR		80	90	dB
Large-Signal Voltage Gain	A_{OL}	$V_O = 4V_{P-P}$, $R_L = 5k\Omega$	100	100	kV/V
			100	100	dB
Common-Mode Input Voltage Range	V_{ICR}		0 to 2.8	0 to 2.8	V
Supply Current	I+	$V_O = 5V$, $R_L = \infty$	300	300	µA
		$V_O = 2.5V$, $R_L = \infty$	500	500	µA
Power Supply Rejection Ratio	$\Delta V_{IO}/\Delta V+$		200	200	µV/V

NOTE:

4. Operation at 5V is not recommended for temperatures below 25^oC.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

Order this document
by MOC3020/D

GlobalOptoisolator™

VDE | UL | CSA | SETI | SEMKO | DEMKO | NEMKO | BABT

6-Pin DIP Random-Phase Optoisolators Triac Driver Output
(400 Volts Peak)

MOC3021
(IFT = 15 mA Max)
MOC3022
(IFT = 10 mA Max)
MOC3023*
(IFT = 5 mA Max)

*Motorola Preferred Device

The MOC3020 Series consists of gallium arsenide infrared emitting diodes, optically coupled to a silicon bilateral switch.

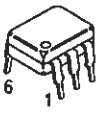
- ***To order devices that are tested and marked per VDE 0884 requirements, the suffix "V" must be included at end of part number. VDE 0884 is a test option.***

They are designed for applications requiring isolated triac triggering.

Recommended for 115/240 Vac(rms) Applications:

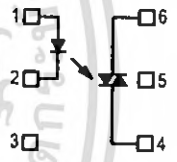
- Solenoid/Valve Controls
- Lamp Ballasts
- Interfacing Microprocessors to 115 Vac Peripherals
- Motor Controls
- Static ac Power Switch
- Solid State Relays
- Incandescent Lamp Dimmers

STYLE 6 PLASTIC



STANDARD THRU HOLE
CASE 730A–04

SCHEMATIC



1. ANODE
2. CATHODE
3. NC
4. MAIN TERMINAL
5. SUBSTRATE
   DO NOT CONNECT
6. MAIN TERMINAL

MAXIMUM RATINGS (T_A = 25°C unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
INFRARED EMITTING DIODE			
Reverse Voltage	V_R	3	Volts
Forward Current — Continuous	I_F	60	mA
Total Power Dissipation @ T_A = 25°C Negligible Power in Triac Driver Derate above 25°C	P_D	100 1.33	mW mW/°C
OUTPUT DRIVER			
Off–State Output Terminal Voltage	V_{DRM}	400	Volts
Peak Repetitive Surge Current (PW = 1 ms, 120 pps)	I_{TSM}	1	A
Total Power Dissipation @ T_A = 25°C Derate above 25°C	P_D	300 4	mW mW/°C
TOTAL DEVICE			
Isolation Surge Voltage(1) (Peak ac Voltage, 60 Hz, 1 Second Duration)	V_{ISO}	7500	Vac(pk)
Total Power Dissipation @ T_A = 25°C Derate above 25°C	P_D	330 4.4	mW mW/°C
Junction Temperature Range	T_J	–40 to +100	°C
Ambient Operating Temperature Range(2)	T_A	–40 to +85	°C
Storage Temperature Range(2)	T_{stg}	–40 to +150	°C
Soldering Temperature (10 s)	T_L	260	°C

1. Isolation surge voltage, V_{ISO}, is an internal device dielectric breakdown rating. For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.
2. Refer to Quality and Reliability Section in Opto Data Book for information on test conditions.

Preferred devices are Motorola recommended choices for future use and best overall value.
GlobalOptoisolator is a trademark of Motorola, Inc.

© Motorola, Inc. 1995

MOTOROLA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_A = 25°C unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
INPUT LED					
Reverse Leakage Current (V_R = 3 V)	I_R	—	0.05	100	μA
Forward Voltage (I_F = 10 mA)	V_F	—	1.15	1.5	Volts
OUTPUT DETECTOR (I_F = 0 unless otherwise noted)					
Peak Blocking Current, Either Direction (Rated V_{DRM}(1))	I_{DRM}	—	10	100	nA
Peak On–State Voltage, Either Direction (I_{TM} = 100 mA Peak)	V_{TM}	—	1.8	3	Volts
Critical Rate of Rise of Off–State Voltage (Figure 7, Note 2)	dv/dt	—	10	—	V/μs
COUPLED					
LED Trigger Current, Current Required to Latch Output (Main Terminal Voltage = 3 V(3)) MOC3021	I_{FT}	—	8	15	mA
MOC3022		—	—	10	
MOC3023		—	—	5	
Holding Current, Either Direction	I_H	—	100	—	μA

1. Test voltage must be applied within dv/dt rating.
2. This is static dv/dt. See Figure 7 for test circuit. Commutating dv/dt is a function of the load–driving thyristor(s) only.
3. All devices are guaranteed to trigger at an I_F value less than or equal to max I_{FT}. Therefore, recommended operating I_F lies between max I_{FT} (15 mA for MOC3021, 10 mA for MOC3022, 5 mA for MOC3023) and absolute max I_F (60 mA).

TYPICAL ELECTRICAL CHARACTERISTICS

T_A = 25°C

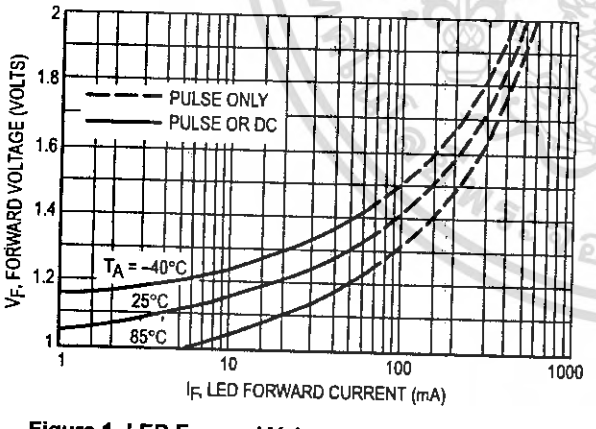


Figure 1. LED Forward Voltage versus Forward Current

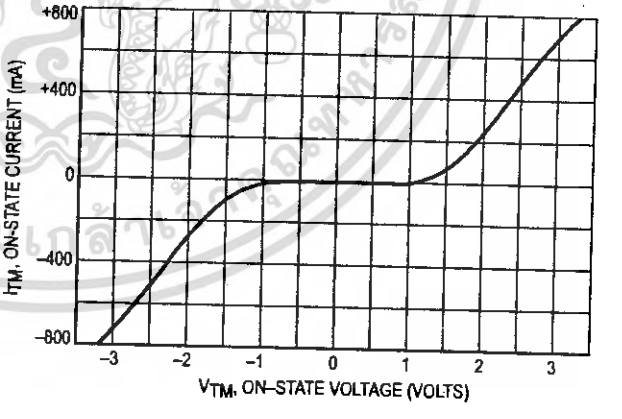


Figure 2. On–State Characteristics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

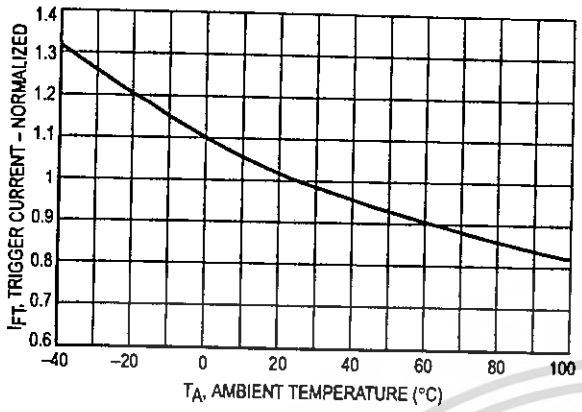


Figure 3. Trigger Current versus Temperature

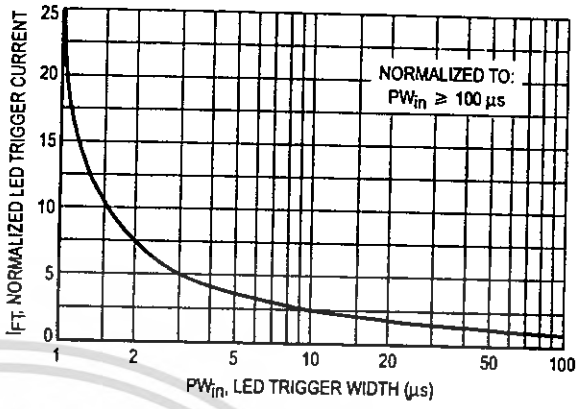


Figure 4. LED Current Required to Trigger versus LED Pulse Width

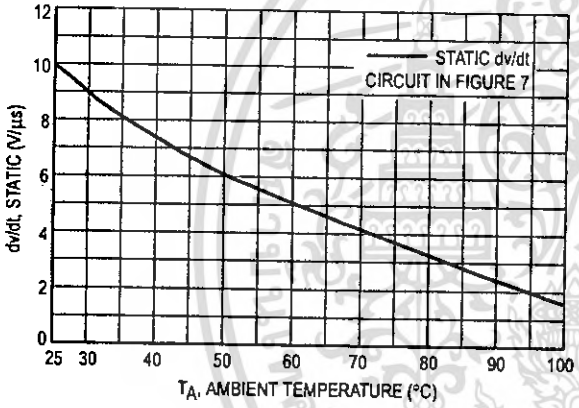


Figure 5. dv/dt versus Temperature

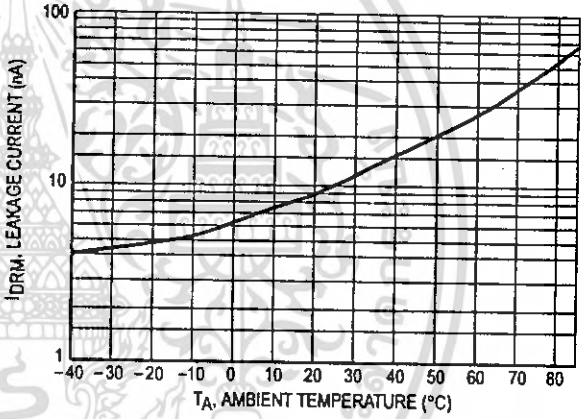
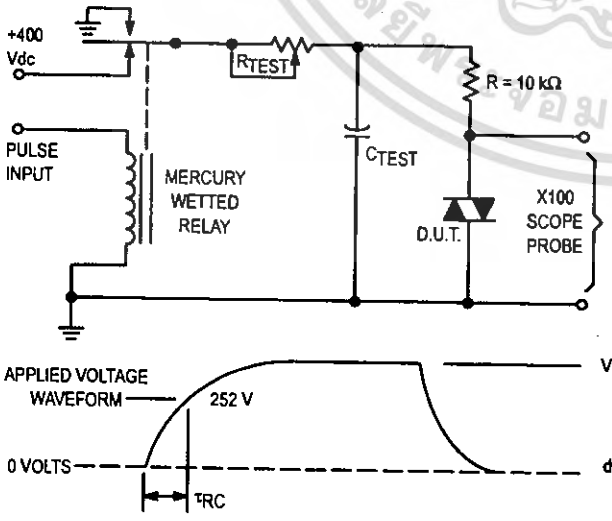


Figure 6. Leakage Current, I_{DRM} versus Temperature



1. The mercury wetted relay provides a high speed repeated pulse to the D.U.T.
2. 100x scope probes are used, to allow high speeds and voltages.
3. The worst–case condition for static dv/dt is established by triggering the D.U.T. with a normal LED input current, then removing the current. The variable R_{TEST} allows the dv/dt to be gradually increased until the D.U.T. continues to trigger in response to the applied voltage pulse, even after the LED current has been removed. The dv/dt is then decreased until the D.U.T. stops triggering. τ_{RC} is measured at this point and recorded.

Figure 7. Static dv/dt Test Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PRODUCT SPECIFICATION

Single chip 2.4 GHz Transceiver nRF2401

FEATURES

- True single chip GFSK transceiver in a small 24-pin package (QFN24 5x5mm)
- Data rate 0 to1Mbps
- Only 2 external components
- Multi channel operation
  - 125 channels
  - Channel switching time <200µs.
  - Support frequency hopping
- Data slicer / clock recovery of data
- Address and CRC computation
- DuoCeiver™ for simultaneous dual receiver topology
- ShockBurst™ mode for ultra-low power operation and relaxed MCU performance
- Power supply range: 1.9 to 3.6 V
- Low supply current (TX), typical 10.5mA peak @ -5dBm output power
- Low supply current (RX), typical 18mA peak in receive mode
- 100 % RF tested
- No need for external SAW filter
- World wide use

APPLICATIONS

- Wireless mouse, keyboard, joystick
- Keyless entry
- Wireless data communication
- Alarm and security systems
- Home automation
- Surveillance
- Automotive
- Telemetry
- Intelligent sports equipment
- Industrial sensors
- Toys

GENERAL DESCRIPTION

nRF2401 is a single-chip radio transceiver for the world wide 2.4 - 2.5 GHz ISM band. The transceiver consists of a fully integrated frequency synthesizer, a power amplifier, a crystal oscillator and a modulator. Output power and frequency channels are easily programmable by use of the 3-wire serial interface. Current consumption is very low, only 10.5mA at an output power of -5dBm and 18mA in receive mode. Built-in Power Down modes makes power saving easily realizable.

QUICK REFERENCE DATA

Parameter	Value	Unit
Minimum supply voltage	1.9	V
Maximum output power	0	dBm
Maximum data rate	1000	kbps
Supply current in transmit @ -5dBm output power	10.5	mA
Supply current in receive mode	18	mA
Temperature range	-40 to +85	°C
Sensitivity	-90	dBm
Supply current in Power Down mode	400	nA

Table 1 nRF2401 quick reference data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Type Number	Description	Version
NRF2401 IC	24 pin QFN 5x5, saw	A
NRF2401G IC	24 pin QFN 5x5, punch, lead free	A
NRF2401-EVKIT	Evaluation kit (2 test PCB, 2 configuration PCB, SW)	1.0

Table 2 nRF2401 ordering information

BLOCK DIAGRAM

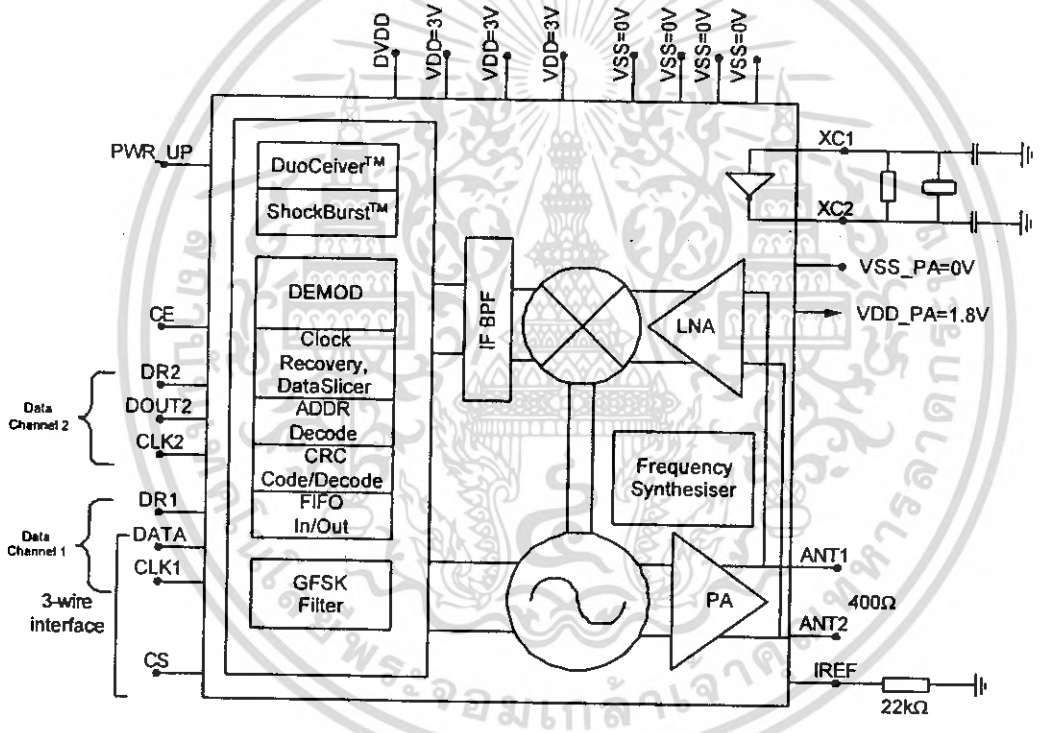
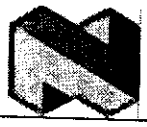


Figure 1 nRF2401 with external components.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



PIN FUNCTIONS

Pin	Name	Pin function	Description
1	CE	Digital Input	Chip Enable Activates RX or TX mode
2	DR2	Digital Output	RX Data Ready at Data Channel 2 (ShockBurst™ only)
3	CLK2	Digital I/O	Clock Output/Input for RX Data Channel 2
4	DOUT2	Digital Output	RX Data Channel 2
5	CS	Digital Input	Chip Select Activates Configuration Mode
6	DR1	Digital Output	RX Data Ready at Data Channel 1 (ShockBurst™ only)
7	CLK1	Digital I/O	Clock Input (TX) & Output/Input (RX) for Data Channel 1 3-wire interface
8	DATA	Digital I/O	RX Data Channel 1/TX Data Input/ 3-wire interface
9	DVDD	Power Output	Positive Digital Supply output for de-coupling purposes
10	VSS	Power	Ground (0V)
11	XC2	Analog Output	Crystal Pin 2
12	XC1	Analog Input	Crystal Pin 1
13	VDD_PA	Power Output	Power Supply (+1.8V) to Power Amplifier
14	ANT1	RF	Antenna interface 1
15	ANT2	RF	Antenna interface 2
16	VSS_PA	Power	Ground (0V)
17	VDD	Power	Power Supply (+3V DC)
18	VSS	Power	Ground (0V)
19	IREF	Analog Input	Reference current
20	VSS	Power	Ground (0V)
21	VDD	Power	Power Supply (+3V DC)
22	VSS	Power	Ground (0V)
23	PWR_UP	Digital Input	Power Up
24	VDD	Power	Power Supply (+3V DC)

Table 3 nRF2401 pin function

PIN ASSIGNMENT

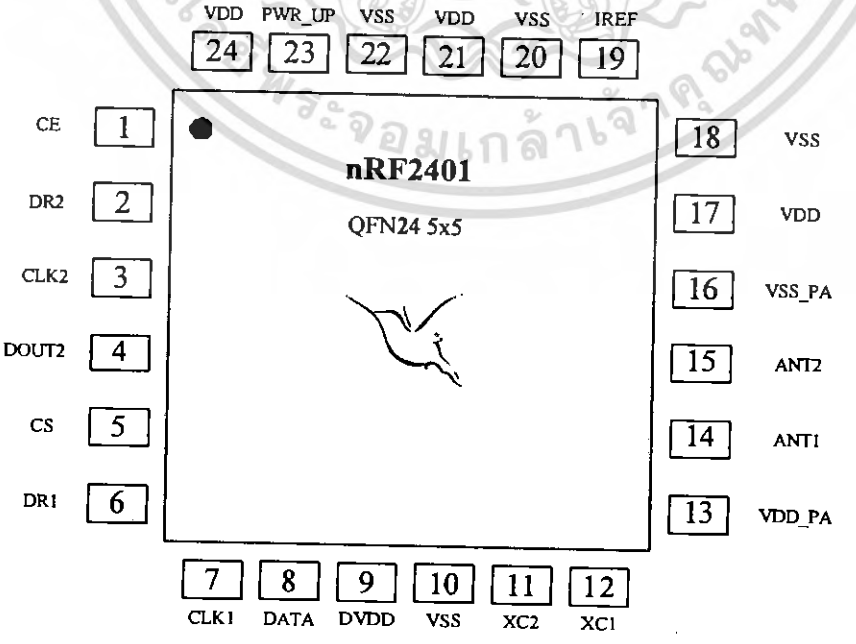


Figure 2 nRF2401 pin assignment (top view) for a QFN24 5x5 package.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Configuration Word Detailed Description

The following describes the function of the 144 bits (bit 143 = MSB) that is used to configure the nRF2401.
General Device Configuration: bit[15:0]
ShockBurst™ Configuration: bit[119:16]
Test Configuration: bit[143:120]

MSB	TEST						
D143	D142	D141	D140	D139	D138	D137	D136
Reserved for testing							
1	0	0	0	1	1	1	0 Default

MSB	TEST														
D135	D134	D133	D132	D131	D130	D129	D128	D127	D126	D125	D124	D123	D122	D121	D120
Reserved for testing														Close PLL in TX	
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0 Default

DATA2 W							
D119	D118	D117	D116	D115	D114	D113	D112
Data width channel#2 in # of bits excluding addr/crc							
0	0	1	0	0	0	0	0 Default

DATA1 W							
D111	D110	D109	D108	D107	D106	D105	D104
Data width channel#1 in # of bits excluding addr/crc							
0	0	1	0	0	0	0	0 Default

ADDR2												
D103	D102	D101	....	D71	D70	D69	D68	D67	D66	D65	D64	
Channel#2 Address RX (up to 40bit)												
0	0	0	...	1	1	1	0	0	1	1	1	Default

ADDR1												
D63	D62	D61	....	D31	D30	D29	D28	D27	D26	D25	D24	
Channel#1 Address RX (up to 40bit)												
0	0	0	...	1	1	1	0	0	1	1	1	Default

ADDR W						
D23	D22	D21	D20	D19	D18	
Address width in # of bits (both channels)						
0	0	1	0	0	0	Default

CRC		
D17	D16	
CRC Mode 1 = 16bit, 0 = 8bit	CRC 1 = enable; 0 = disable	
0	1	Default

RF-Programming															LSB	
D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
Two Ch.	BUF	OD	XO Frequency			RF Power		Channel selection							RXEN	
0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	Default

Table 10 Configuration data word

The MSB bit should be loaded first into the configuration register.
Default configuration word: h8E08.1C20.2000.0000.00E7.0000.0000.E721.0F04.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

PC817 Series

High Density Mounting Type Photocoupler

* Lead forming type (I type) and taping reel type (P type) are also available. (PC817I/PC817P)
** TÜV (VDE0884) approved type is also available as an option.

■ Features

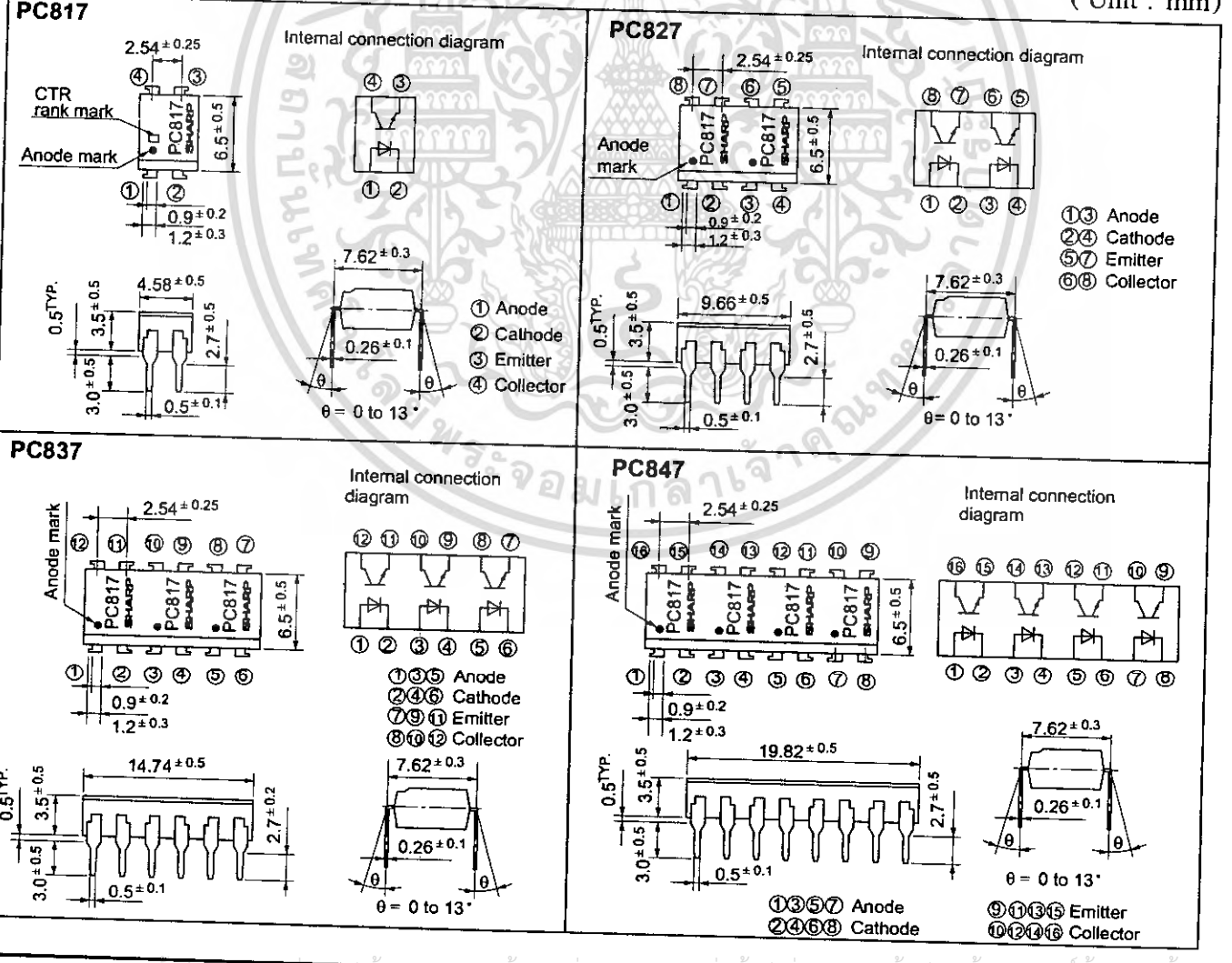
1. Current transfer ratio
   (CTR: MIN. 50% at I_F = 5mA, V_{CE}=5V)
2. High isolation voltage between input and output (V_{iso}: 5 000V_{rms})
3. Compact dual-in-line package
   PC817: 1-channel type
   PC827: 2-channel type
   PC837: 3-channel type
   PC847: 4-channel type
4. Recognized by UL, file No. E64380

■ Applications

1. Computer terminals
2. System appliances, measuring instruments
3. Registers, copiers, automatic vending machines
4. Electric home appliances, such as fan heaters, etc.
5. Signal transmission between circuits of different potentials and impedances

■ Outline Dimensions

(Unit: mm)



" In the absence of confirmation by device specification sheets, SHARP takes no responsibility for any defects that occur in equipment using any of SHARP's devices, shown in catalogs, data books, etc. Contact SHARP in order to obtain the latest version of the device specification sheets before using any SHARP's device."

■ Absolute Maximum Ratings

(Ta= 25°C)

Parameter		Symbol	Rating	Unit
Input	Forward current	I_F	50	mA
	*1Peak forward current	I_{FM}	1	A
	Reverse voltage	V_R	6	V
	Power dissipation	P	70	mW
Output	Collector-emitter voltage	V_{CEO}	35	V
	Emitter-collector voltage	V_{ECO}	6	V
	Collector current	I_C	50	mA
	Collector power dissipation	P_C	150	mW
Total power dissipation		P_{tot}	200	mW
*2Isolation voltage		V_{iso}	5 000	V_{rms}
Operating temperature		T_{opr}	- 30 to + 100	°C
Storage temperature		T_{stg}	- 55 to + 125	°C
*3Soldering temperature		T_{sol}	260	°C

*1 Pulse width <=100μs, Duty ratio : 0.001
*2 40 to 60% RH, AC for 1 minute
*3 For 10 seconds

■ Electro-optical Characteristics

(Ta= 25°C)

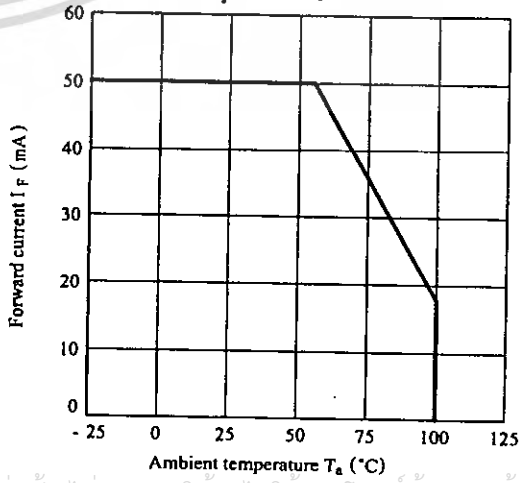
Parameter			Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit
Input	Forward voltage		V_F	I_F = 20mA	-	1.2	1.4	V
	Peak forward voltage		V_{FM}	I_{FM} = 0.5A	-	-	3.0	V
	Reverse current		I_R	V_R = 4V	-	-	10	μA
	Terminal capacitance		C_t	V = 0, f= 1kHz	-	30	250	pF
Output	Collector dark current		I_{CEO}	V_{CE} = 20V	-	-	10^{-7}	A
Transfer characteristics	*4Current transfer ratio		CTR	I_F = 5mA, V_{CE} = 5V	50	-	600	%
	Collector-emitter saturation voltage		$V_{CE(sat)}$	I_F = 20mA, I_C = 1mA	-	0.1	0.2	V
	Isolation resistance		R_{ISO}	DC500V, 40 to 60% RH	5×10^{10}	10^{11}	-	Ω
	Floating capacitance		C_f	V = 0, f= 1MHz	-	0.6	1.0	pF
	Cut-off frequency		f_c	V_{CE}= 5V, I_C= 2mA, R_L= 100Ω, - 3dB	-	80	-	kHz
	Response time	Rise time	t_r	V_{CE} = 2V, I_C = 2mA, R_L = 100Ω	-	4	18	μs
		Fall time	t_f		-	3	18	μs

*4 Classification table of current transfer ratio is shown below.

Model No.	Rank mark	CTR (%)
PC817A	A	80 to 160
PC817B	B	130 to 260
PC817C	C	200 to 400
PC817D	D	300 to 600
PC8✱7AB	A or B	80 to 260
PC8✱7BC	B or C	130 to 400
PC8✱7CD	C or D	200 to 600
PC8✱7AC	A, B or C	80 to 400
PC8✱7BD	B, C or D	130 to 600
PC8✱7AD	A, B, C or D	80 to 600
PC8✱7	A, B, C, D or No mark	50 to 600

✱ : 1 or 2 or 3 or 4

Fig. 1 Forward Current vs. Ambient Temperature



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fig. 2 Collector Power Dissipation vs. Ambient Temperature

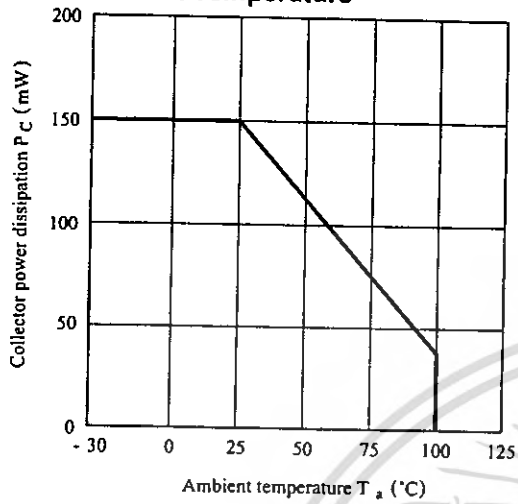


Fig. 3 Peak Forward Current vs. Duty Ratio

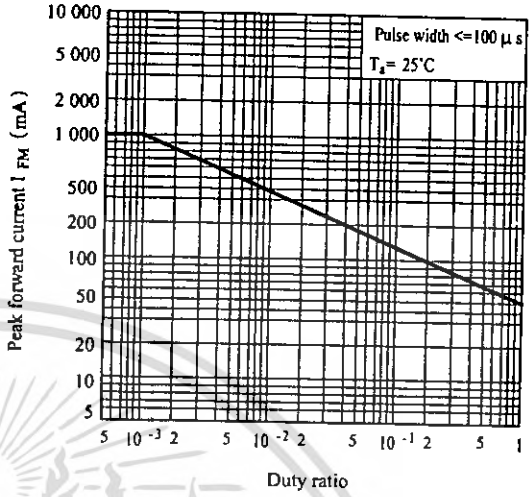


Fig. 4 Current Transfer Ratio vs. Forward Current

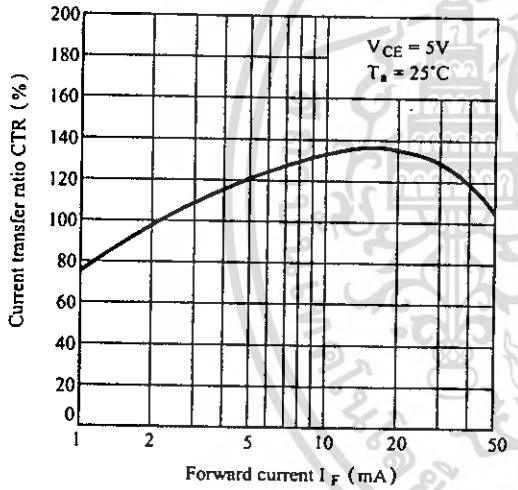


Fig. 5 Forward Current vs. Forward Voltage

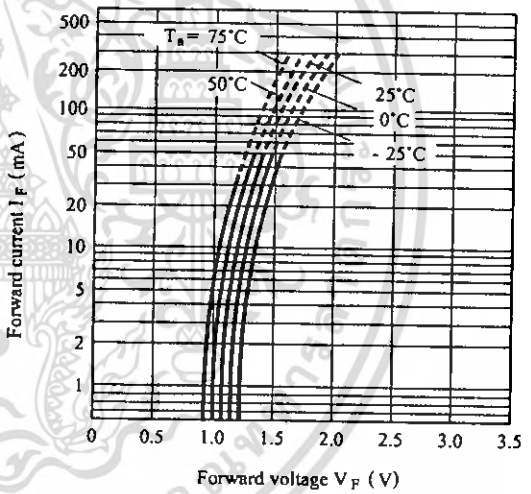


Fig. 6 Collector Current vs. Collector-emitter Voltage

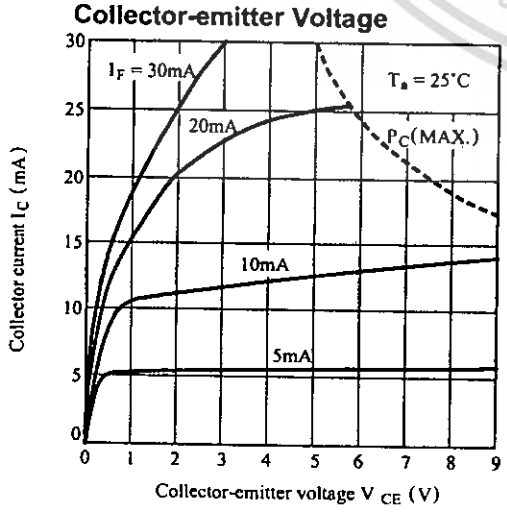
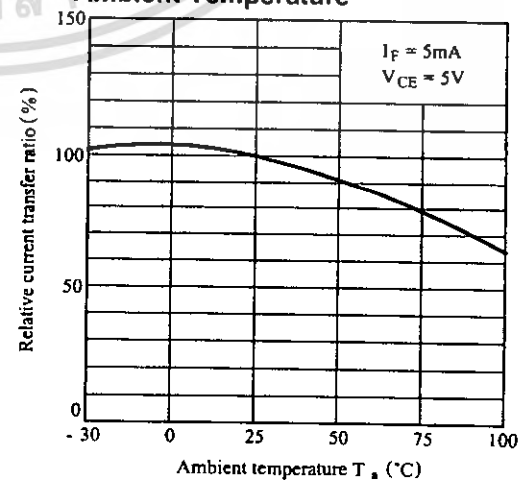


Fig. 7 Relative Current Transfer Ratio vs. Ambient Temperature



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fig. 8 Collector-emitter Saturation Voltage vs. Ambient Temperature

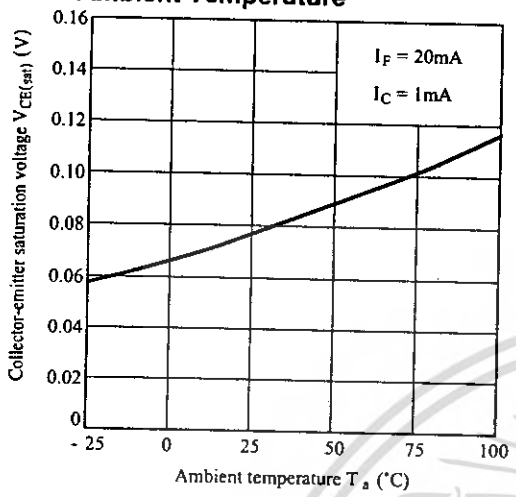


Fig. 9 Collector Dark Current vs. Ambient Temperature

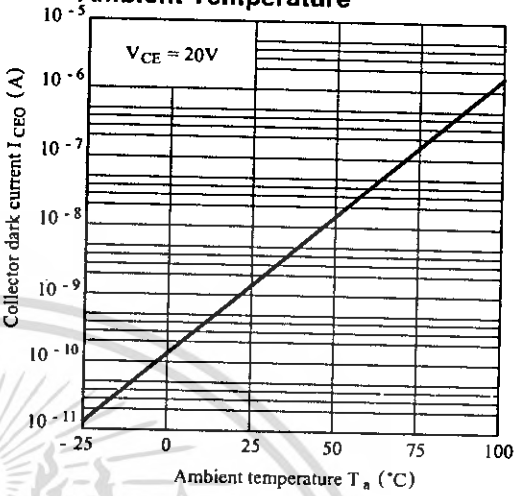


Fig.10 Response Time vs. Load Resistance

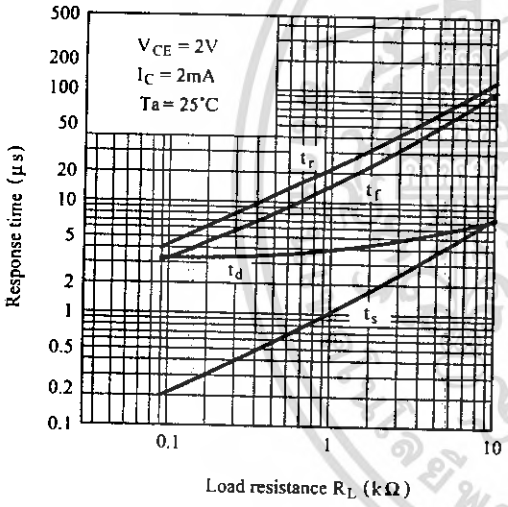
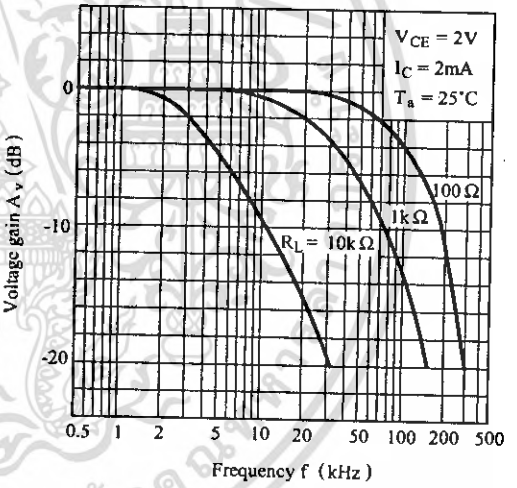
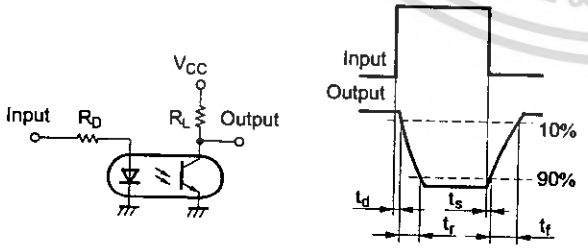


Fig.11 Frequency Response



Test Circuit for Response Time



Test Circuit for Frepuency Response

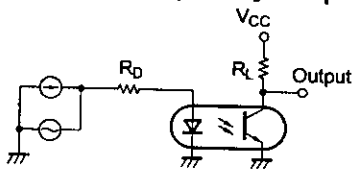
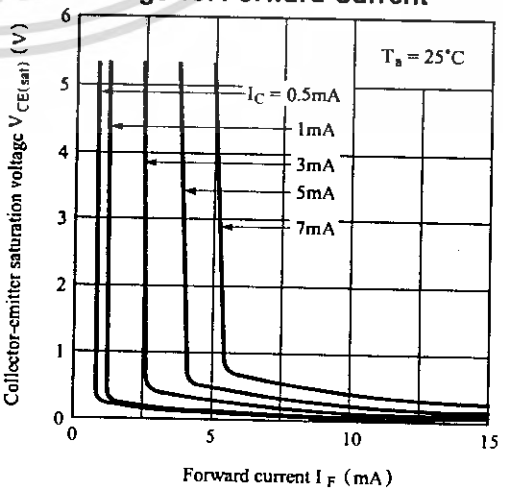


Fig.12 Collector-emitter Saturation Voltage vs. Forward Current



● Please refer to the chapter "Precautions for Use"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้