สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบติดตามเป้าหมายอัตโนมัติสำหรับกล้องวีดีโอ

Automatic Tracking Control for Video Camera

T042648

โดย

นาย มาโนช ลอดทพร

นาย อธิราช ศรีลาชัย

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. อภินันท์ ธนชยานนท์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42648
วัน, เดือน, ปี 5 มิ.ย. 2545

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

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง	ระบบติดตามเป้าหมายอัตโนมัติสำหรับกล้องวีดีโอ
	Automatic Tracking Control for Video Camera
จัดทำโดย	นาย มาโนช ลอดทพร รหัสประจำตัว 41013185
	นาย อธิราช ศรีลาชัย รหัสประจำตัว 41013277
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.อภินันท์ ธนชยานนท์

รายงานฉบับนี้ได้ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

ลงชื่อ .....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.อภินันท์ ธนชยานนท์)

วันที่...../...../.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบติดตามเป้าหมายอัตโนมัติสำหรับกล้องวีดีโอ

โดย นาย มาโนช ลอดทพร 41013185
นาย อธิราช ศรีลาชัย 41013277
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.อภินันท์ ธนชยานนท์
ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

ระบบติดตามเป้าหมายอัตโนมัติสำหรับกล้องวีดีโอเป็นการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมตำแหน่งของกล้องวีดีโอให้สามารถติดตามตำแหน่งของสิ่งมีชีวิตที่เคลื่อนไหวได้โดยอัตโนมัติ การทำงานของระบบนี้มี 2 ส่วนคือส่วนตรวจจับความเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิตซึ่งใช้พาสซีฟอินฟราเรดดีเทคเตอร์และส่วนควบคุมตำแหน่งของกล้องวีดีโอซึ่งสามารถควบคุมได้ทั้งแบบอัตโนมัติหรือการควบคุมผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Automatic Tracking Control for Video Camera

By Mr.Manote Lodtaphorn 41013185

Mr.Atirat Srilachai 41013277

Advisor Dr.Apinunt Thanachayanont

Academic Year 2000

Abstract

Automatic tracking control system is a microcontroller application for controlling position of intruder automatically. The system has two parts, the first part is position detector circuit which used Passive Infrared Detector – PIR and the second part is video camera control which is controlled by either the position detector circuit or a personal computer.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำโครงงานเรื่องระบบควบคุมกล้องวีดีโออัตโนมัติ ได้รับความร่วมมือจากหลายบุคคลดังต่อไปนี้

ดร.อภินันท์ ธนชยานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ในภาควิชาทุกๆท่าน

เพื่อนๆทุกคนที่ให้คำปรึกษา ข้อมูลและก็กำลังใจ

ที่สำคัญที่สุดคือ บิดา มารดา ที่คอยให้กำลังใจ และทุนทรัพย์เพื่อให้การทำโครงงานสามารถทำได้โดยไม่ติดขัดและก็ลุล่วงได้ตามที่กำหนด

มาโนช ลอดทพร

อธิราช ศรีลาชัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญเรื่อง	IV
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 พื้นฐานไมโครคอนโทรลเลอร์,RS232และสเต็ปมอเตอร์	
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์	3
2.2 หน่วยความจำของ8051	5
2.3 การเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอก	11
2.4 การใช้งานตัวตั้งเวลาและตัวนับ	14
2.5 รีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรมSCON	21
2.6 การสื่อสารทางพอร์ตอนุกรม RS-232	29
2.7 กายภาพของการแผ่พลังงานรังสี	31
2.8 พาสซีฟอินฟราเรดดีเท็คเตอร์	33
2.9 สเต็ปมอเตอร์	37
บทที่ 3 หลักการออกแบบและการสร้าง	41
บทที่ 4 การทดลอง	50
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	56
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก A รายละเอียดของวงจร	
ภาคผนวก B โปรแกรมควบคุมระบบ	
ภาคผนวก C รายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงการกำหนดตำแหน่งขาของ 89C51	3
รูปที่ 2.2 แสดงการต่อ Oscillator และ External Clock	4
รูปที่ 2.3 แสดงสถาปัตยกรรมของ 89C51	6
รูปที่ 2.4 แสดงภาพสัญญาณเวลาแสดงการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก	7
รูปที่ 2.5 แสดงการเชื่อมต่อเพื่อต่อหน่วยความจำโปรแกรมด้วยไอซีอีพรอมหลายตัว	8
รูปที่ 2.6 โครงสร้างแต่ละบิตภายในพอร์ตอินพุตเอาต์พุตของ 89C51	13
รูปที่ 2.7 บิตของรีจีสเตอร์ TCON	15
รูปที่ 2.8 รีจีสเตอร์ TMOD	16
รูปที่ 2.9 การทำงานของ Timer/ Counter1 ในโหมด 0	18
รูปที่ 2.10 การทำงานของ Timer/ Counter1 ในโหมด 1	19
รูปที่ 2.11 การทำงานของ Timer/ Counter1 ในโหมด 2	19
รูปที่ 2.12 การใช้งาน Timer 0 ในโหมด 3	20
รูปที่ 2.13 แสดงการรับส่งข้อมูลโหมด 0	24
รูปที่ 2.14 สัญญาณของการส่งข้อมูลในโหมด 1	25
รูปที่ 2.15 การทำงานของพอร์ตอนุกรมในโหมด 1	25
รูปที่ 2.16 สัญญาณการส่งข้อมูลในโหมด 2 และ โหมด 3	27
รูปที่ 2.17 แสดงสเปคตรัมของรังสีที่แผ่ออกจากวัตถุดำ	30
รูปที่ 2.18 แสดงรายละเอียดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความถี่และความยาวคลื่นต่างกัน	32
รูปที่ 2.19 แสดงการแบ่งช่วงของความยาวความถี่ของแสง	32
รูปที่ 2.20 สัญลักษณ์และรูปร่างจริงของ PIR	35
รูปที่ 2.21 แสดงรูปร่างจริงของ PIR	36
รูปที่ 2.22 แสดงพื้นที่ตรวจจับ แบ่งออกเป็นส่วนต่างๆ ของจำนวนเลนซ์	36
รูปที่ 2.23 แสดงช่วงความยาวคลื่นและการตอบสนองต่อการกรองของออปติคอล	37
รูปที่ 2.24 ภาพตัดขวางของภาพตัดขวางของสเต็ปมอเตอร์	38
รูปที่ 2.25 คุณลักษณะของสเต็ปมอเตอร์ของแรงบิดและอัตราพัลซ์	39
รูปที่ 2.26 ไดโอดซัพเพรสเซอร์	40
รูปที่ 2.27 ไดโอดและรีจีสเตอร์ซัพเซสเซอร์	40
รูปที่ 3.1 ฐานกล้องที่สมบูรณ์	42
รูปที่ 3.2 แสดงตำแหน่งการวางฐานกล้องเข้ากับระบบที่สมบูรณ์	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.3 วงจรสมบูรณ์ของชุดตรวจจับความเคลื่อนไหว 44
รูปที่ 3.4 แสดงตำแหน่งการวาง Component ต่างๆ 45
รูปที่ 3.5 แสดงโซนของเซนเซอร์สำหรับโปรแกรมตรวจสอบการหมุน 46
รูปที่ 3.6 Floe Chart การทำงานหลักของการขับมอเตอร์ 48
รูปที่ 3.7 Flow Chart แสดงการทำงานของโปรแกรม 49
รูปที่ 4.1 สัญญาณที่ PIR สามารถตรวจจับได้ในขณะที่ยังไม่มีการแทรกสอด 50
รูปที่ 4,2 สัญญาณในขณะที่มีการแทรกสอด 51
รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณเอาท์พุตที่ได้จากไอซี MPCC 51
รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณตรวจจับที่นำไปใช้งานจริง 52
รูปที่ 4.5 แสดงเมนูที่ใช้ควบคุมกล้องในขณะ Disconnect 54
รูปที่ 4.6 แสดงเมนูควบคุมกล้องในขณะ Connect 54
รูปที่ 4.7 แสดงเมนูควบคุมกล้องในขณะที่ อยู่ในโหมด Auto 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมา

ในปัจจุบันการใช้กล้องเพื่อบันทึกเหตุการณ์ต่างๆเป็นที่นิยมและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านต่างๆมากมายหลายด้าน ทั้งนี้เนื่องจากราคาของกล้องและเครื่องเล่นมีราคาที่ถูกลงมาก มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา แต่ในการใช้งานบางด้านจำเป็นต้องมีผู้ควบคุมให้กล้องเคลื่อนที่เพื่อจับเป้าหมายหรือถ้ากล้องไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ก็จำเป็นจะต้องเพิ่มจำนวนกล้องให้มากขึ้น ดังนั้นจึงประยุกต์เอาไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อควบคุมตำแหน่งของกล้องให้สามารถเคลื่อนที่ให้สัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของวัตถุที่กำลังเคลื่อนไหวซึ่งเป็นประโยชน์มากในด้านงานรักษาความปลอดภัยหรือในงานด้านการถ่ายทำสารคดีชีวิตสัตว์ต่างๆ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติและการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51
2. เพื่อศึกษาหลักการทำงาน,วิธีการควบคุมสเต็ปมอเตอร์โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์
3. เพื่อศึกษาการใช้งาน,วิธีการเขียนโปรแกรมตลอดจนการใช้งานโปรแกรม Delphi
4. เพื่อนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในการสร้างระบบควบคุมกล้องวีดีโออัตโนมัติ

ขอบเขตของโครงงาน

โครงงานนี้มีจุดมุ่งหมายในการสร้างระบบควบคุมกล้องวีดีโออัตโนมัติเพื่อให้สามารถควบคุมการแพนกล้องให้อยู่ในตำแหน่งที่บันทึกภาพสิ่งมีชีวิตที่เคลื่อนไหวได้โดยตลอด

ในการควบคุมตำแหน่งกล้องวีดีโอในโครงงานนี้สามารถที่จะเลือกควบคุมได้ 2 โหมด คือควบคุมตำแหน่งโดยตรงจากคอมพิวเตอร์ให้กล้องหมุนตามทิศทางที่เราต้องการโดยใช้การส่งค่าควบคุมผ่านทาง Serial Port และอีกโหมดหนึ่งคือการเลือกให้กล้องหมุนตามตำแหน่งที่มีคนเดินผ่านเข้ามาในบริเวณตรวจจับโดยอัตโนมัติ โดยชุดตรวจจับความเคลื่อนไหวใช้หลักการตรวจจับแบบ Passive Infrared Detector

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับขั้นตอนการทำงาน

1. กำหนดขอบเขตของงาน
2. พิจารณาปัญหาและศึกษาความเป็นไปได้
3. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
4. กำหนดหลักการ
5. ออกแบบ และ สร้าง
6. ทดสอบการทำงาน
7. วิเคราห์และประเมินผล
8. สรุป

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำความรู้ที่ได้ศึกษาและค้นคว้าหาข้อมูลมาประยุกต์ในการใช้งานจริงๆ

2. สร้างระบบควบคุมกล้องวีดีโออัตโนมัติ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้หลายด้านที่ต้องใช้การบันทึกภาพ เช่น ด้านรักษาความปลอดภัย เป็นต้น

หลักการ

การควบคุมตำแหน่งของกล้องวีดีโอจะทำการควบคุมผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์โดยการใช้โปรแกรม Delphi หรือควบคุมตำแหน่งโดยอัตโนมัติโดยชุดตรวจจับความเคลื่อนไหวซึ่งจะส่งค่าควบคุมออกมาที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ทาง Serial Port ไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับข้อมูลและนำมาประมวลผลและส่งค่าเพื่อควบคุม Step Motor ซึ่งจะมี 2 ตัวเพื่อให้สามารถควบคุมการแพนของกล้องได้ 4 ทิศทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCS-51 Microcontroller)

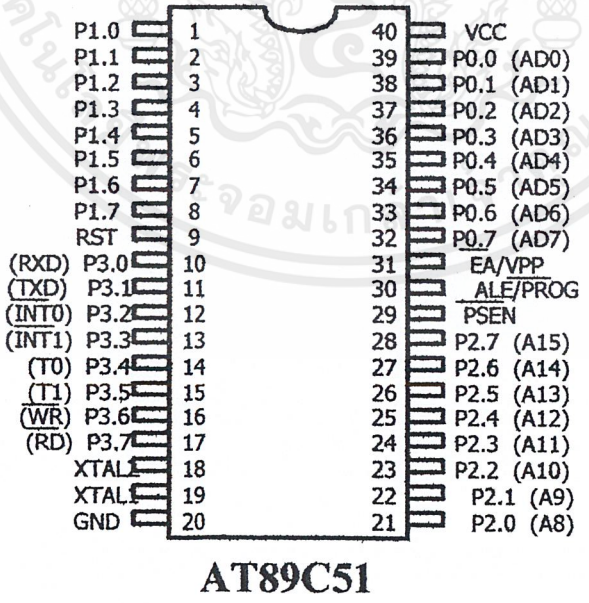
ไมโครคอนโทรลเลอร์ เดิมมีแนวความคิดพื้นฐานมาจากไมโครโพรเซสเซอร์ เพียงแต่จะแตกต่างกันที่ว่าไมโครคอนโทรลเลอร์จะนำเอาอุปกรณ์ที่ทำให้ระบบสมบูรณ์ เช่น หน่วยความจำ อินพุท และเอาท์พุทพอร์ทเข้าไปอยู่ในชิปตัวเดียวกัน

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051

บรรดาไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีการผลิตจากบริษัทต่างๆ จำนวนมากนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์ของบริษัทอินเทล ในตระกูล MCS-51 ได้มีการนำไปใช้กันแพร่หลายมาก ในระยะที่ผ่านมาได้มีหลายบริษัทได้รับลิขสิทธิ์ในการนำไปผลิตจำหน่ายและได้มีการเพิ่มประสิทธิภาพ และหน่วยทำงานต่างๆ ให้มากขึ้นไปอีก ทำให้ในปัจจุบันมีไมโครคอนโทรลเลอร์จากบริษัทผู้ผลิตต่างๆ ที่มีพื้นฐานมาจาก MCS-51 ของบริษัทอินเทลเป็นจำนวนมาก

2.1 สถาปัตยกรรมของ8051

8051 ไมโครคอนโทรลเลอร์จริงๆ แล้วจะรวมเอาตระกูล 8031 ถึง 8751 ทั้งหมด ซึ่งเป็นพวก NMOS (Basic) รุ่นนี้เกิดจากความต้องการของบริษัทผู้ผลิต ที่ไม่ต้องการให้เกิดช่องว่างทางการตลาด จึงต้องมีหลายๆแบบ โดยที่ในรุ่น 8051 จะมีขาอยู่ 40 ขา ดังรูป



รูปที่ 2.1 แสดงการกำหนดขาของ 89C51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่การทำงานของแต่ละขามีดังนี้

- ขาที่ 1-8 ทำหน้าที่เป็นอินพุทเอาท์พุทของพอร์ท 1

- ขาที่ 9 ทำหน้าที่รับสัญญาณรีเซท (Reset) จากภายนอก เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เริ่มการทำงานใหม่ทั้งหมด

- ขาที่ 10-17 ทำหน้าที่เป็นอินพุทเอาท์พุทของพอร์ท 3 และนอกจากนี้แต่ละขายังสามารถทำหน้าที่อื่นๆ ได้ดังต่อไปนี้อีกคือ

- ขาที่ 11 ทำหน้าที่ส่งข้อมูลแบบอนุกรมให้กับอุปกรณ์ภายนอก

- ขาที่ 12 ทำหน้าที่รับสัญญาณอินเทอรัพท์ 0 (Interupt 0) จากภายนอกโดยสัญญาณอินเทอรัพท์นี้จะทำงานเมื่อเป็นลอจิกต่ำ

- ขาที่ 13 ทำหน้าที่รับสัญญาณอินเทอรัพท 1 จากภายนอกโดยสัญญาณอินเทอรัพท์นี้จะทำงานเมื่อเป็นลอจิกต่ำเหมือนกับขาที่ 12

- ขาที่ 14 ทำหน้าที่รับสัญญาณจากภายนอกให้กับไทม์เมอร์ 0 (Timer 0)

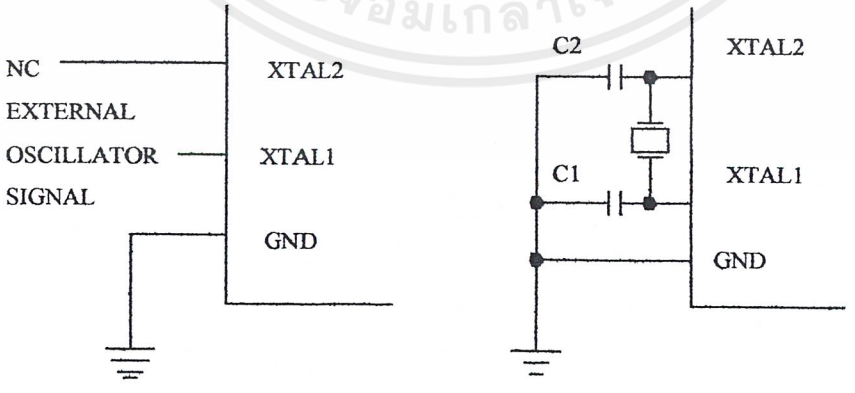
- ขาที่ 15 ทำหน้าที่รับสัญญาณจากภายนอกให้กับ ไทม์เมอร์ 1

- ขาที่ 16 ทำหน้าที่ส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ตัวอื่นๆ เมื่อต้องการเขียนข้อมูลไปยังอุปกรณ์ตัวนั้นๆ

- ขาที่ 17 ทำหน้าที่ส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ตัวอื่นๆ เมื่อต้องการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์ตัวนั้นๆ

- ขาที่ 18-19 เป็นขาสำหรับรับสัญญาณจากคริสทัล (Crystal) เพื่อกำเนิดสัญญาณนาฬิกาให้กับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เองก็จะมีวงจรออสซิลเลเตอร์อยู่ในตัวเองอยู่แล้ว

-



รูปที่ 2.2 แสดงการต่อ Oscillator และ Enternal Clock

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขาที่ 20 ใช้ต่อกราวด์ของระบบ

- ขาที่ 21 – 28 ทำหน้าที่เป็นอินพุท-เอาท์พุทของพอร์ต 2 หรือทำหน้าที่ส่งคำสั่งเป็น High byte address bus เพื่อต่อหน่วยความจำภายนอกสำหรับเก็บข้อมูล หรือเพื่อเก็บชุดคำสั่งหรือต่อกับอุปกรณ์และไอซีอื่นๆภายนอกไมโครคอนโทรลเลอร์

-ขาที่ 29 ทำหน้าที่ส่งสัญญาณเพื่อสั่งให้หน่วยความจำภายนอกชิปซึ่งเก็บชุดคำสั่งไว้ทำงาน

- ขาที่ 30 ทำหน้าที่ส่งสัญญาณควบคุมการแลตซ์ (Latch) ค่า Low byte address bus จากพอร์ต 0 ในการติดต่อกับส่วนที่ใช้ในการเก็บชุดคำสั่งภายนอก

- ขาที่ 31 เป็นขาที่ผู้ใช้สามารถเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์นี้ทำงานจากชุดคำสั่งภายในหรือทำงานจากชุดคำสั่งภายนอกไมโครคอนโทรลเลอร์ก็ได้ โดยเมื่อขานี้ต่อกับ Logic High ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำงานจากโปรแกรมภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เอง และเมื่อต่อเข้ากับLogic Low ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำงานจากโปรแกรมภายนอกตัวไมโครคอนโทรลเลอร์

- ขาที่ 32 – 39 ทำหน้าที่เป็นอินพุทเอาท์พุทของพอร์ท 0 หรือทำหน้าที่เป็น Low byte address bus สลับกับการเป็น Data bus

- ขาที่ 40 ต่อกับแหล่งจ่ายไฟเพื่อจ่ายพลังงานให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์

2.2 หน่วยความจำของ 8051

การแบ่งหน่วยความจำของ 8051 จะสามารถแบ่งออกได้ 2 ลักษณะคือ

1. หน่วยความจำโปรแกรม
2. หน่วยความจำข้อมูล

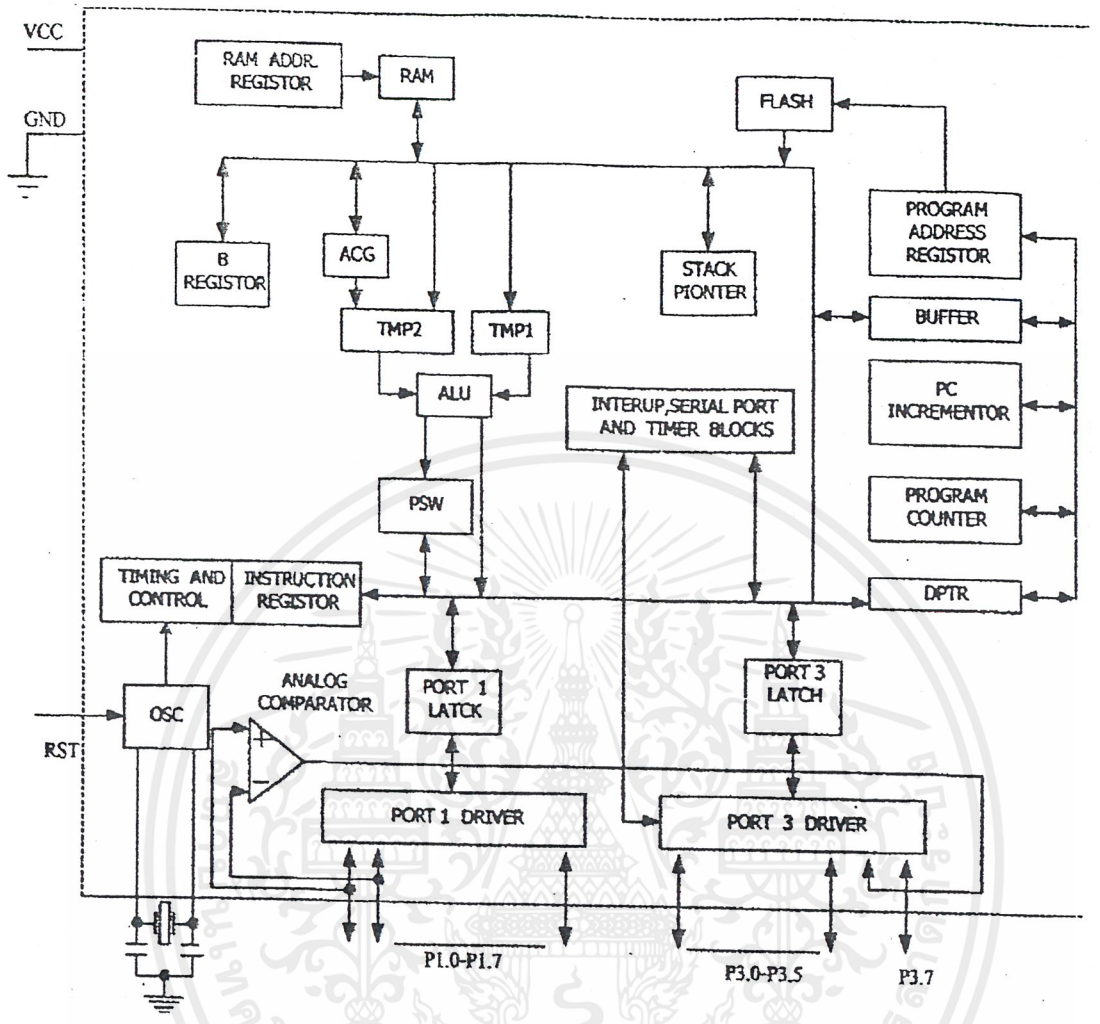
2.2.1 หน่วยความจำโปรแกรม

หน่วยความจำโปรแกรมเป็นหน่วยความจำที่ใช้สำหรับเก็บคำสั่งหรือโปรแกรมที่ผู้ใช้พัฒนาขึ้นมาโดยอาจประกอบอยู่ภายในตัวไอซีหน่วยความจำประเภทอีพรอม ซึ่งในกรณีหลังนั้นจำเป็นจะต้องใช้พอร์ทอินพุท/เอาท์พุททำหน้าที่แอดเดรสบัสและดาต้าบัส เพื่อให้สามารถต่อเข้ากับไอซีหน่วยความจำมาตรฐานได้

การเชื่อมต่อหน่วยความจำภายนอกเข้ากับ 8051

เนื่องจากระบบบัสแอสเดรสและบัสข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 เป็นลักษณะการใช้มัลติเพล็กซ์จากพอร์ทเดียวกัน กล่าวคือ ในระยะเวลาเริ่มต้น เส้นสัญญาณเหล่านี้ของพอร์ทจะใช้ในการส่งค่าแอสเดรสของตำแหน่งที่ต้องการติดต่อด้วย ในช่วงเวลาต่อมาจึงจะเปลี่ยนไปเป็นสภาวะ High Impedance เพื่อใช้งานในสถานะของบัสข้อมูล แต่เนื่องจากว่าอีพรอม (EPROM) ที่ใช้กันโดยทั่วไปนั้นไม่ใช้การมัลติเพล็กซ์ และมีขาสัญญาณบัสแอสเดรสและบัสข้อมูลแยกจากกันโดยชัดเจน ดังนั้นการเชื่อมต่ออีพรอมเพื่อเป็นหน่วยความจำโปรแกรม จึงจำเป็นต้องมีวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงสถาปัตยกรรมของ 89C51

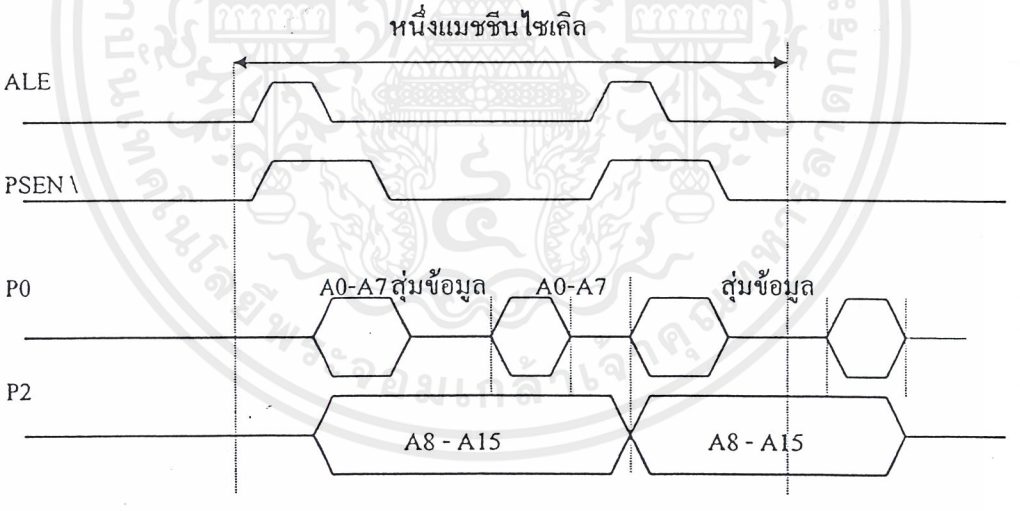
ประเภทแลตซ์ประกอบขึ้นเพิ่มเติมเพื่อทำการค้างค่าของแอสเดรสที่ส่งออกมาจาก 8051 ในช่วงเวลาแรกให้กับขาสัญญาณแอสเดรสของอีพรอมต่อไป

สัญญาณ	คำจำกัดความ	ขาสัญญาณ	ขาสัญญาณ
EA	External Access	31	เลือกประเภทหน่วยความจำภายในหรือนอก
ALE	Address Enable	30	สัญญาณเอาท์พุทสำหรับแลตซ์ข้อมูล
P2.0-P2.3	Port2	21-28	เป็นข้อมูลแอสเดรสไบต์สูงของหน่วยความจำ
P0.0-0.7	Port0	39-32	มัลติเพล็กซ์สัญญาณบัสแอสเดรสและบัสข้อมูล
PSEN	Program Store	29	สัญญาณระบุการอ่านให้กับหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางในรูปที่ 2.1 แสดงให้เห็นถึงสัญญาณต่างๆ ของ 89C51 ซึ่งนำมาใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก สัญญาณ EA (External Access) ใช้ในการกำหนดเลือกว่า จะอ่านขอมูลมาจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกหรือภายในตัวไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เอง ซึ่งหากเป็นระดับลอจิกต่ำจะอ่านข้อมูลมาจากหน่วยความจำข้อมูลภายนอก และกรณีตรงข้ามก็จะอ่านข้อมูลมาจากหน่วยความจำภายในตัวไอซีเอง สิ่งที่ควรสังเกตคือ เมื่อมีการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำข้อมูลภายใน และมีการใช้งานแอสเดรสที่อยู่ในช่วงที่สูงกว่าค่าสูงสุดของหน่วยความจำข้อมูลภายใน กรณีเช่นนี้ 89C51 จะทำการอ่านค่าแอสเดรสที่สูงกว่ามาจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกโดยอัตโนมัติ

จากแผนภาพแสดงเวลาการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกจะเห็นว่าภายในช่วงเวลาของแมชชีนไซเคิลหนึ่ง 8051 จะมีการไปนำข้อมูลมา 2 ครั้งในช่วงเวลาเริ่มต้นของการติดต่อหน่วยความจำภายนอก P0 จะเป็นค่าของแอสเดรสไบต์ต่ำ และเวลาต่อมาจึงเป็นบัสข้อมูล การส่งค่าแอสเดรสไบต์ต่ำนี้จะอยู่ในราวช่วงเวลาขอบขาลงของสัญญาณ ALE และจะยังคงอยู่จนเมื่อสัญญาณ PSEN เปลี่ยนเป็นสัญญาณระดับลอจิกต่ำ ดังนั้นการออกแบบจึงมักใช้สัญญาณ ALE นี้ทำการให้ไอซีแลตช์ภายนอกค้างระดับสัญญาณแอสเดรสเหล่านี้ไว้ ส่วนสัญญาณ PSEN จะใช้ในการเลือกไอซีอีพรอมให้ทำงานและอ่านค่าข้อมูลกลับมา



รูปที่ 2.4 แสดงภาพสัญญาณเวลาแสดงการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก

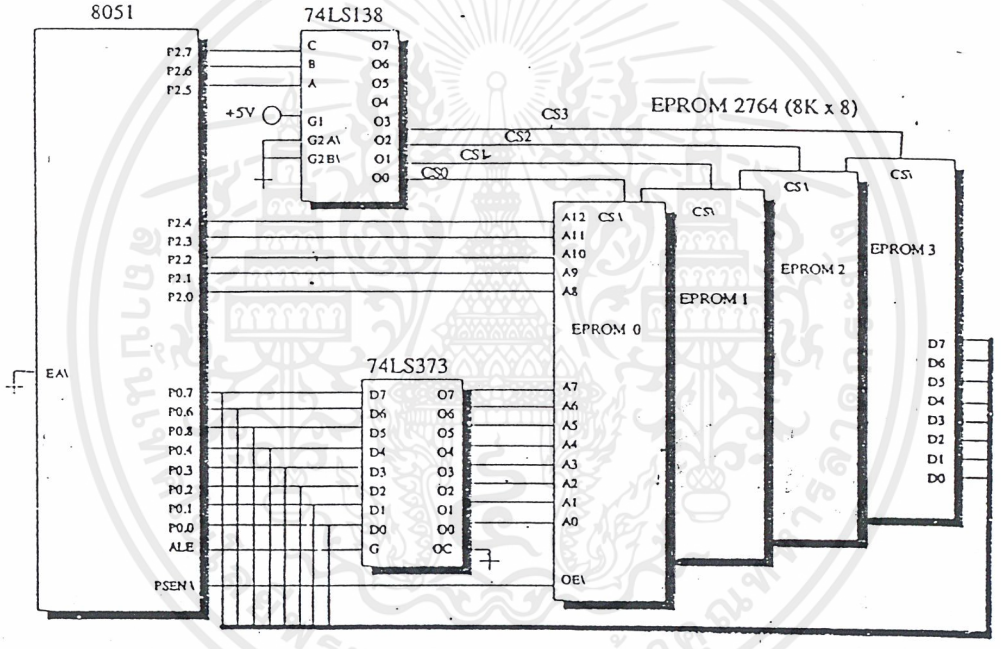
ขณะเมื่อสัญญาณ PSEN เป็นระดับลอจิกต่ำอีพรอมก็จะทำการถอดรหัสค่าแอสเดรส และส่งข้อมูลที่อยู่ในตำแหน่งนี้ออกมา โดยสัญญาณ PSEN นี้จะค้างสภาวะการเป็นลอจิกต่ำไว้ช่วงเวลาหนึ่งเพื่อให้ข้อมูลถูกส่งออกมาจากอีพรอมเรียบร้อยแล้วจึงค่อยกลับไปเป็นระดับลอจิกสูงเช่นเดิม และในช่วงจังหวะขาขึ้นของสัญญาณ PSEN 89C51 ทำการสุ่มอ่านข้อมูลเข้ามา สำหรับข้อมูลทางพอร์ท 2 ซึ่งเป็นค่าแอสเดรสไบต์สูง จะถูกส่งออกมาในราวช่วงกึ่งกลางระหว่างที่สัญญาณ ALE เป็นลอจิกสูง ซึ่งก็เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาใกล้เคียงกับการส่งแอสเดรสไบต์ต่ำออกมาทางพอร์ท 0 สำหรับค่าแอสเดรสพอร์ท 2 นั้น จะค้างอยู่ตลอดช่วงรอบเวลาของการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรม

การใช้งาน 89C51 แบบไม่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในนั้น จำเป็นจะต้องเชื่อมต่อเข้ากับหน่วยความจำโปรแกรมซึ่งเป็นไอซีอีพรอมและจะต้องกำหนดให้เริ่มต้นที่แอสเดรส 0000H เสมอ ทั้งนี้เพราะเมื่อมีการรีเซ็ทหรือเริ่มต้นการจ่ายไฟให้กับระบบ 89C51 จะได้เริ่มต้นการทำงานตามคำสั่งนี้ทันที

โดยปกติแล้ว 89C51 สามารถต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้สูงสุดไม่เกิน 64 กิโลไบต์ ดังนั้นในกรณีที่ใช้ไอซีอีพรอมที่มีหน่วยความจำไม่ถึง 64 กิโลไบต์ก็สามารถนำมาต่อกันให้เพิ่มจนถึง 64 กิโลไบต์ได้โดยการต่อสัญญาณเพื่อเลือกตัวไอซี การเลือกตัวไอซีสามารถทำได้โดยการใช้วงจรถอดรหัสแอสเดรสเพื่อกำหนดพื้นที่หน่วยความจำแต่ละตัวดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การเชื่อมต่อเพื่อขยายหน่วยความจำโปรแกรมด้วยไอซีอีพรอมหลายตัว

2.2.2 หน่วยความจำข้อมูล

หน่วยความจำข้อมูลของ 89C51 มีไว้ใช้สำหรับเก็บข้อมูลหรือตัวแปรที่เกิดขึ้นในขณะที่กำลังประมวลผลโปรแกรมไว้เป็นการชั่วคราว โดยพื้นฐานแล้วหน่วยความจำข้อมูล จัดเป็นหน่วยความจำแบบสแตติก ดังนั้นเมื่อไม่มีการจ่ายไฟฟ้าให้กับระบบ ก็จะมีผลทำให้ข้อมูลที่เก็บไว้ภายในสูญหาย สำหรับพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในของ 89C51 สามารถมีได้สูงสุดไม่เกิน 64 กิโลไบต์ และแยกประเภทออกเป็น 2 ลักษณะตามตำแหน่งที่ตั้งของหน่วยความจำนั้น คือหน่วยความจำภายใน ซึ่งเป็นแรมที่อยู่ภายในตัวไอซีเอง และหน่วยความจำข้อมูลภายนอกซึ่งเป็นการใช้ไอซี หน่วยความจำมาเพิ่มเติมเข้าไปในวงจร ลักษณะเดียวกับการนำเอาไอซีอีพรอมมาต่อเป็นหน่วยความจำโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.1 หน่วยความจำข้อมูลภายใน

89C51 มีจำนวนทั้งหมด 256 ไบต์ โดยสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ พื้นที่เฉพาะสำหรับตัวประมวลผลกลาง ซึ่งจะเรียกว่า รีจิสเตอร์ และพื้นที่ใช้งานทั่วไปสำหรับโปรแกรมที่ผู้ใช้เพิ่มขึ้นมา หน่วยความจำขนาด 128 ไบต์แรก บริเวณนี้จะมีตำแหน่ง แอสเดรสอยู่ในช่วง 00H-7FH ซึ่งมีการจำแนกออกเป็น 3 ส่วน ตามการใช้งานคือ

บริเวณแอสเดรส 00H-IFH แบ่งออกเป็นกลุ่มข้อมูลจำนวน 8 ไบต์ รวมทั้งหมด 4 กลุ่ม โดยที่พื้นที่ในแต่ละกลุ่มจะถูกใช้งานในฐานะของรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป ซึ่งมีชื่อเรียกว่า รีจิสเตอร์ R0-R7

บริเวณแอสเดรส 20H-2FH จำนวน 16 ไบต์ พื้นที่บริเวณนี้เป็นพื้นที่ส่วนสำหรับผู้ใช้ซึ่งจะมีความพิเศษแตกต่างไปจากหน่วยความจำส่วนอื่นๆ เนื่องจากผู้ใช้สามารถอ้างถึงหน่วยความจำในบริเวณนี้ได้ในลักษณะไบต์ข้อมูล หรือในลักษณะบิดข้อมูลได้โดยตรง ดังนั้นหากมองในลักษณะบิตข้อมูลแล้วจะมีพื้นที่ตัวแปรบิตให้ใช้ได้มากถึง 128 บิต

บริเวณแอสเดรส 30H-7FH เป็นบริเวณที่ผู้ใช้สามารถนำไปใช้งานได้อย่างอิสระ โดยสามารถอ้างถึงได้ในลักษณะของไบต์ข้อมูลตามปกติเท่านั้น

หน่วยความจำขนาด 128 ไบต์ถัดไป เป็นพื้นที่ตั้งแต่บริเวณแอสเดรส 80H-FFH เป็นบริเวณของหน่วยความจำที่มีการใช้งานเฉพาะจาก 8051 เท่านั้น โดยจะนำมาใช้เป็นตำแหน่งของรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษจำนวน 20 ตำแหน่ง

รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ เป็นรีจิสเตอร์สำหรับการควบคุมหน้าที่และการทำงานของพอร์ททั้งหมด โดยมีตำแหน่งอยู่ในบริเวณแอสเดรส 80H-FFH การใช้งานรีจิสเตอร์พิเศษสามารถระบุชื่อหรืออ้างถึงตำแหน่งของรีจิสเตอร์เหล่านั้นก็ได้

แอกคิวมูเลเตอร์ รีจิสเตอร์ (Accumulator) หรือ ACC

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลที่จะส่งให้กับหน่วยทำงานภายในซีพียู และเก็บผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานนั้น การทำงานของรีจิสเตอร์แอคคิวมูเลเตอร์นี้มีลักษณะการทำงานเช่นเดียวกับแอคคิวมูเลเตอร์ทั่วๆ ไป

จิสเตอร์ B (Registor B)

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้สำหรับการทำคำสั่งคูณและหารตัวเลข ในกรณีที่ไม่ใช้ในการคำนวณทางด้านคณิตศาสตร์ ก็สามารถนำไปใช้งานเช่นเดียวกับรีจิสเตอร์ทั่วๆ ไปได้

โปรแกรมเคาน์เตอร์ (Program counter)

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ชี้ตำแหน่งแอสเดรสของหน่วยความจำโปรแกรม ซึ่งจะต้องไปทำงานในลำดับถัดไป การใช้งานภายในโปรแกรมจะเรียกว่ารีจิสเตอร์ PC

สแต็กพอยน์เตอร์ (Stack pointer)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่เก็บตำแหน่งของตัวชี้หรือพอยน์เตอร์ของบริเวณสแต็กสำหรับเก็บข้อมูลของแอคคิวมูเลเตอร์ รีจิสเตอร์ต่างๆ รวมทั้งข้อมูลจากโปรแกรม โดยปกติแล้วเมื่อทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเริ่มต้นระบบใหม่ภายหลังจากการจ่ายไฟฟ้า หรือมีการรีเซ็ทเกิดขึ้น ค่าภายในสแต็กพอยน์เตอร์จะมีค่า 07H ซึ่งเป็นตำแหน่งแอสเดรสรหัสภายในเนื้อที่บริเวณ 128 ไบต์แรกของหน่วยความจำข้อมูลภายใน การใช้งานภายในจะเรียกว่า รีจิสเตอร์ SP

ตัวชี้ข้อมูลหรือดาต้าพอยน์เตอร์ (Data pointer)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิตซึ่งเรียกว่ารีจิสเตอร์ DPTR และสามารถใช้งานแยกเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต 2 ตัวคือ รีจิสเตอร์ DPH และรีจิสเตอร์ DPL เพื่อเก็บค่าของแอสเดรสของหน่วยความจำที่ต้องใช้ภายในโปรแกรมหรืออาจจะเป็นแอสเดรสของอุปกรณ์ภายนอก ซึ่งกำหนดให้ติดต่อกันโดยใช้ตำแหน่งของหน่วยความจำนั้นภายในโปรแกรม

โปรแกรมสเตตัสเวิร์ด (PSW)

รีจิสเตอร์นี้ทำหน้าที่บอกถึงแฟล็กสภาวะการทำงานต่างๆ รวมทั้งบิตสำหรับการกำหนดเลือกแบงค์ของรีจิสเตอร์ที่ใช้งานด้วย

รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับพอร์ต (Port registor)

รีจิสเตอร์เหล่านี้จะมีความเกี่ยวข้องกับการทำงานของพอร์ทอินพุท/เอาท์พุทโดยตรง ซึ่งแต่ละตัวจะเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต สามารถใช้งานได้ในลักษณะของการอินพุทหรือการเอาท์พุทข้อมูลได้ การดำเนินการใดๆ ที่เกี่ยวกับพอร์ททั้ง 4 นี้ ข้อมูลที่ตำแหน่งของพอร์ทเหล่านี้เปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน นอกจากนี้ พอร์ท P0 และพอร์ท P2 ยังสามารถที่จะใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมหรือหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้ โดยพอร์ท P2 จะเป็นค่าแอสเดรสของ 8 บิตบนของหน่วยความจำ ส่วนพอร์ท P0 นั้น ในช่วงเริ่มแรกจะเป็นค่าของแอสเดรสในช่วง 8 บิตล่างของหน่วยความจำ ช่วงเวลาต่อมาจึงนำพอร์ท P0 ไปใช้เป็นบัสในการรับหรือส่งข้อมูลกับหน่วยอุปกรณ์ภายนอก สำหรับพอร์ท P3 นอกเหนือจะนำไปใช้กับพอร์ทอินพุทเอาท์พุทตามปกติแล้ว ยังนำไปใช้ในฐานะบัสควบคุมเกี่ยวกับการอินเตอร์รัพท์ได้อีกด้วย

รีจิสเตอร์ SBUF

เป็นบัฟเฟอร์ขนาด 8 บิต สำหรับการติดต่อสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมทั้งการรับและการส่งข้อมูล ซึ่งตามความเป็นจริงแล้วบัฟเฟอร์นี้มีอยู่ด้วยกัน 2 ชุด และแยกจากกันอย่างชัดเจน สำหรับการส่งและการรับ โดยซีพียูจะทำการเลือกบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมให้โดยอัตโนมัติ

รีจิสเตอร์ PCON

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการทำหน้าที่การทำงานใน 3 ลักษณะซึ่งได้แก่ การควบคุมการทำงานของโพรเซสเซอร์ (บิต IDL และ PD) การกำหนดอัตราการทวีคูณของอัตราเร็วในการสื่อสารข้อมูลอนุกรม (บิต SMOD) และแฟล็กสภาวะสำหรับการใช้งานทั่วไป (บิต GR0 และบิต GR1)

บิต PD (Power down)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นการกำหนดให้ลดกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับส่วนของโพรเซสเซอร์ภายในลง โดยยังคงมีกำลังไฟฟ้าจ่ายให้กับส่วนหน่วยความจำข้อมูลภายในผ่านทางขาสัญญาณ RST วิธีการนี้มักนำมาใช้ในกรณีที่มีการตรวจสอบการไม่มีกำลังไฟฟ้า (Power failure) โดยวงจรตรวจสอบภายนอกจะต้องมีการอินเตอร์รัพท์เข้ามาเพื่อทำการเก็บข้อมูลที่กำลังประมวลผลอยู่ก่อนและเมื่อมีกระแสไฟฟ้าจ่ายให้เป็นปกติจึงค่อยนำข้อมูลนั้นมาประมวลผลต่อไป

บิต IDL (Idle mode)

เป็นการกำหนดโพรเซสเซอร์หยุดทำงานชั่วขณะ (Sleep) และจะกลับมาอยู่ในสภาพปกติอีกครั้งเมื่อทำการรีเซ็ททางฮาร์ดแวร์ หรือมีการอินเตอร์รัพท์อย่างใดอย่างหนึ่งเกิดขึ้น การทำงานในลักษณะนี้สามารถเกิดขึ้นได้เนื่องจากว่าสภาวะการหยุดทำงานชั่วขณะนั้น เป็นเพียงเพื่อห้ามไม่ให้มีสัญญาณนาฬิกาจ่ายให้ส่วนของโพรเซสเซอร์เท่านั้น ส่วนของวงจรการอินเทอร์รัพพอร์ทอนุกรมและวงจรจับเวลา ยังคงมีสัญญาณนาฬิกาอยู่เป็นปกติ

รีจิสเตอร์ IP, IE, TMOD, SCON

เป็นกลุ่มของรีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่กำหนดการควบคุม และการทำงานของการอินเตอร์รัพต่างๆ ของ 89C51

2.2.2.2 หน่วยความจำข้อมูลภายนอก

การใช้หน่วยความจำข้อมูลภายนอกเป็นวิธีการแก้ปัญหาอย่างหนึ่ง ในกรณีที่ความต้องการหน่วยความจำสำหรับการเก็บข้อมูลชั่วคราว หรือตัวแปรของโปรแกรมมากเกินกว่าขนาดของหน่วยความจำข้อมูลภายในซึ่งมีขนาดเพียง 128 หรือ 256 ไบต์เท่านั้น บางครั้งการใช้หน่วยความจำข้อมูลภายนอกยังเหมาะกับงานประยุกต์บางอย่างที่จำเป็น ต้องมีการเก็บสำรองข้อมูลบางอย่างไว้ไม่ให้สูญหายแม้ว่าจะไม่มีการจ่ายไฟฟ้าให้แก่ระบบก็สามารถทำได้โดยการใช้ไอซีหน่วยความจำแรม พร้อมแบตเตอรี่สำรองประเภทลิเทียมหรือนิเกิล-แคดเมียมเป็นตัวเก็บข้อมูลเหล่านี้ไว้แทน อย่างไรก็ตามไม่ว่าสาเหตุของการนำไอซีหน่วยความจำภายนอกมาใช้งานจะเป็นอย่างไร จะมีผลทำให้พอร์ทอินพุท/เอาท์พุทของ 89C51 ถูกนำไปใช้เพื่อติดต่อกับหน่วยความจำเหล่านี้แทน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการใช้วงจรประกอบอื่นๆ เพื่อชดเชยความสามารถเหล่านั้นของ 89C51 แทน

2.3 การเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

การเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอกเข้ากับระบบของไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C51จะมีวิธีการเหมือนกับการเชื่อมต่อหน่วยความจำ EPROM โดยมีหลักการทำงานตามที่กล่าวมาคือ จะมีไอซีแลตช์ทำหน้าที่ค้างค่าแอสเดรสให้กับอินพุทของหน่วยความจำแรมส่วนขา RD, WR ก็จะทำการต่อโดยตรงกับ 89C51 และถ้าต้องการต่อแรมหลายๆตัวก็ใช้การถอดรหัสแอสเดรสแบบเดียวกับการต่ออีพรอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 พอร์ทอินพุท/ เอาท์พุทของ 89C51

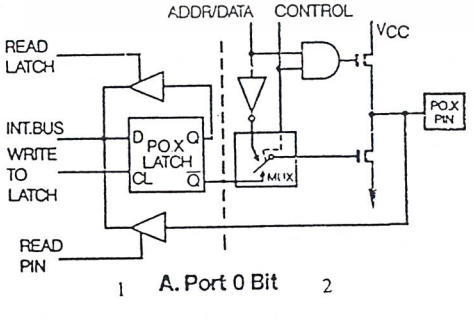
พอร์ทของ 89C51 จะสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ พอร์ทแบบขนานและพอร์ทแบบอนุกรม

2.3.1.1 พอร์ทแบบขนานของ 89C51

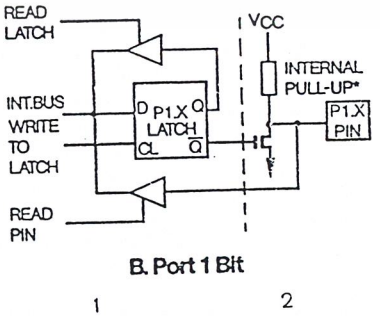
89C51 มีโครงสร้างของพอร์ทที่สามารถใช้งานแบบขนานได้จำนวนทั้งหมด 4 พอร์ท เรียกชื่อเรียงตามลำดับว่าP0, P1, P2 และ P3 และเป็นพอร์ทขนาด 8 บิตทั้งหมด การใช้งานพอร์ท สามารถทำได้ทั้งในลักษณะของเส้นสัญญาณเดี่ยวๆ หรือของกลุ่มสัญญาณได้ นอกจากนี้พอร์ท0, 2 และ 3 ยังสามารถนำไปใช้งานอื่นๆ ที่ไม่ใช่เป็นอินพุทเอาท์พุทพอร์ทได้โดยพอร์ท 0 จะทำหน้าที่มัลติเพล็กซ์ระหว่างบัสแอสเดรสไบต์ต่ำและบัสข้อมูลสำหรับการติดต่อวงจรประกอบร่วมกับข้อมูลบัสแอสเดรสไบต์สูง ซึ่งจะส่งออกมาทางพอร์ท 2 สำหรับพอร์ท 3 นอกเหนือจากการนำไปใช้เป็นพอร์ทปกติสามารถนำไปใช้เป็นสัญญาณของการอินเตอร์รัพต่างๆ ซึ่งรวมถึงการสร้างสัญญาณควบคุมการอ่านและการเขียน เพื่อทำหน้าที่ควบคุมการอ่านและการเขียนหน่วยความจำข้อมูลภายนอกด้วย

2.3.1.2 โครงสร้างการทำงานของ พอร์ท 89C51

จากลักษณะโครงสร้างของแต่ละบิตภายในพอร์ททั้งหมดของ 8051 ซึ่งได้แสดงไว้ จะเห็นว่ามีความคล้ายคลึงกับลักษณะโครงสร้างที่เรียกว่า QUASI-BIDIRECTIONAL PORTยกเว้นพอร์ท 0 ซึ่งเพียงแต่ไม่มีตัวต้านทานที่ทำหน้าที่ Pull-up สัญญาณไว้ภายในเท่านั้น วงจรประกอบอื่นภายในยังมีฟลิปฟลอปแบบ D ซึ่งมีผลทำให้สามารถแลตซ์หรือค้างสภาวะของสัญญาณได้ นอกจากนี้ในส่วนเอาท์พุทของฟลิปฟลอปเฉพาะของพอร์ท 0 และพอร์ท 2 จะมีโครงสร้างที่ทำหน้าที่คล้ายกับสวิทซ์เพิ่มเติมขึ้น เพื่อควบคุมให้เอาท์พุทนี้ต่อกับส่วนของทรานซิสเตอร์ในระหว่างที่ไม่ได้มีการทำงานในลักษณะของบัสแอสเดรสหรือบัสข้อมูล สำหรับบัฟเฟอร์จำนวน 2 ตัวของทุกบิตในพอร์ทนั้น จะมีการทำงานโดยแยกอิสระ โดยที่ตัวที่อยู่ทางด้านบนจะยอมให้สัญญาณผ่านได้ก็ต่อเมื่อมีการอ่านข้อมูลที่ค้างไว้เท่านั้น ส่วนตัวที่อยู่ทางด้านล่างจะถูกใช้งานเฉพาะเมื่อมีการอ่านสถานะของขาสัญญาณเท่านั้น

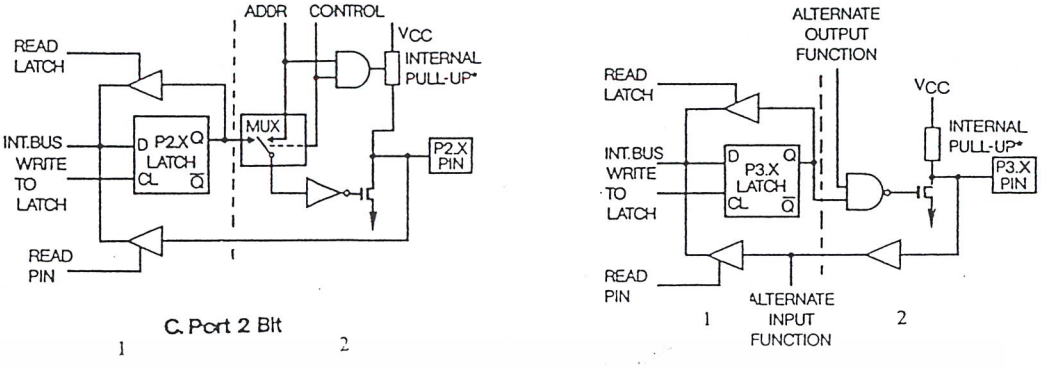


A. Port 0 Bit



B. Port 1 Bit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 โครงสร้างแต่ละบิตภายในพอร์ตอินพุทเอาท์พุทของ 89C51

2.3.2 การใช้งานเป็นพอร์ทอินพุท

การใช้งานเป็นพอร์ทอินพุทจะต้องเริ่มต้นด้วยการส่งข้อมูลที่มีค่าเป็น 1 ออกมาทางบิตของพอร์ทนั้นก่อนเป็นลำดับแรก เพื่อหยุดการทำงานของทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาท์พุทของบิตนั้น ทำให้ขาสัญญาณของบิตถูกต่อเข้ากับตัวต้านทานที่ทำหน้าที่ Pull-up ภายใน ซึ่งมีผลทำให้บิตนั้นๆ ของพอร์ท 1, 2 และ 3 เป็นสภาวะลอจิกสูง ตัวต้านทานนี้มีค่าประมาณ 50 กิโลโอห์ม ซึ่งเป็นค่าที่สูงมาก และทำให้อุปกรณ์ภายนอกสามารถขับสัญญาณของพอร์ทเหล่านี้เป็นลอจิกต่ำได้ง่าย สำหรับบิตของพอร์ท 0 นั้น แม้ว่ามีหลักการทำงานที่คล้ายคลึงกับบิตอื่น แต่เนื่องจากการที่ไม่มีตัวต้านทานที่ทำหน้าที่ Pull-up ภายในไว้ ทำให้เมื่อทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาท์พุทเหล่านั้นหยุดการทำงาน ก็จะเป็นผลทำให้ขาสัญญาณนี้อยู่ในสภาวะอิมพิแดนซ์สูงแทน

2.3.3 การใช้งานเป็นพอร์ทเอาท์พุท

เมื่อมีการส่งข้อมูลที่มีค่าเป็น 0 ให้กับแต่ละบิตของพอร์ททุกพอร์ท ข้อมูลเหล่านี้จะถูกส่งให้กับฟลิปฟลอปซึ่งจะทำหน้าที่ค้างสภาวะเหล่านี้ไว้ และมีผลทำให้ทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาท์พุทเหล่านั้นทำงาน ดังนั้นขาสัญญาณก็จะมีสภาวะเป็นลอจิกต่ำด้วย

ส่วนการส่งข้อมูลที่มีค่าเป็นหนึ่งออกมานั้น ในกรณีที่เป็นการทำงานของแต่ละบิต ของพอร์ท 1, 2 หรือ 3 จะทำให้ทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาท์พุทนั้นหยุดการทำงาน มีผลทำให้ขาของสัญญาณเป็นลอจิกด้วยตัวต้านทานที่ Pull-up อยู่ภายในนั้น แต่สำหรับการทำงานของแต่ละบิตภายในพอร์ท 0 นั้น จะมีผลที่แตกต่างกันออกไป โดยขาสัญญาณจะมีสภาวะเป็นอิมพิแดนซ์สูงแทน เนื่องจากไม่มีตัวต้านทานอยู่ภายในเชื่อมอยู่นั่นเอง ดังนั้นการใช้งานพอร์ท 0 เป็นการเอาท์พุทข้อมูล จำเป็นต้องใช้ตัวต้านทานภายนอก Pull-up สัญญาณไว้กับลอจิกสูงแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสามารถอีกประการหนึ่งที่เกี่ยวกับพอร์ทอินพุทเอาท์พุทของ 89C51 เป็นวิธีการอ่านค่าลอจิกจากพอร์ทซึ่งมีได้ 2 วิธีคือ การอ่านค่าลอจิกที่ขาสัญญาณ และการอ่านค่าลอจิกของการแลตซ์ที่พอร์ท วิธีการอ่านค่าสัญญาณทั้ง 2 แบบจะช่วยให้ระบบสามารถทำงานได้ด้วยความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

2.3.4 ลักษณะสมบัติของพอร์ทอินพุท/เอาท์พุท

จากที่กล่าวมาแล้วว่าพอร์ต 1, 2 และ 3 ของ 89C51 มีตัวต้านทานที่ทำหน้าที่ Pull-up ขาสัญญาณไว้และมีค่าประมาณ 50 กิโลโอห์ม ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่สูงมาก เป็นผลทำให้การเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณลิจิกจากสูงไปต่ำทำได้อย่างรวดเร็ว แต่ในกรณีตรงกันข้ามจะใช้เวลาในการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณยาวนานมากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากว่ากระแสจะไหลผ่านตัวต้านทานเหล่านี้ได้น้อยมาก ดังนั้นในการแก้ปัญหาจึงได้มีการออกแบบตัวต้านทานเพิ่มขึ้นอีกหนึ่งตัวขนานไว้ โดยมีค่าประมาณ 1 กิโลโอห์ม เรียกว่า Speed-up Resistor ซึ่งยอมให้กระแสไหลผ่านได้มากขึ้น ประมาณ 50-100 เท่า และจะมีการเชื่อมต่อตัวต้านทานที่เพิ่มขึ้นเฉพาะเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณจากลอจิกต่ำไปเป็นลอจิกสูงเท่านั้น

2.3.5 การเพิ่มจำนวนพอร์ทอินพุทเอาท์พุท

จากที่กล่าวมาแล้วว่า เมื่อมีการเพิ่มเติมหน่วยความจำภายนอกไม่ว่าจะเป็นหน่วยความจำโปรแกรมหรือหน่วยความจำข้อมูลให้กับระบบ ก็จำเป็นจะต้องนำพอร์ท 0 และพอร์ท 2 ทั้งหมดไปใช้งานในฐานะของบัสแอสเดรสและบัสข้อมูล ดังนั้นหากมีความต้องการที่จะใช้พอร์ทมากกว่าที่เหลืออยู่จะต้องทำการเพิ่มจำนวนพอร์ทขึ้น โดยการเพิ่มจำนวนพอร์ทสามารถทำได้โดยการใช้ไอซีพื้นฐานอื่นๆ เช่นไอซี TTL เพิ่มเติมเข้าไปในการออกแบบ เพื่อทำงานเป็นพอร์ทให้กับระบบแทนเช่นไอซีบัฟเฟอร์สามสถานะ หรือไอซีแลตซ์ เป็นต้น แต่การใช้ไอซีเหล่านี้มีข้อจำกัดหลายประการ เช่นในกรณีที่มีความจำเป็นต้องใช้พอร์ทหลายๆพอร์ท จะต้องใช้ไอซีจำนวนหลายตัว และไอซีแต่ละตัวก็จะถูกกำหนดหน้าที่ของมันว่าจะต้องเป็นพอร์ทอินพุทหรือพอร์ทเอาท์พุทได้เพียงอย่างเดียว ถ้าหากต้องการเปลี่ยนแปลงหน้าที่ของพอร์ทเหล่านั้น ก็จะต้องออกแบบวงจนใหม่ ดังนั้นจึงมีการใช้ไอซีที่ออกแบบมาเพื่อทำหน้าที่นี้โดยเฉพาะ โดยไอซีที่นิยมใช้กับพวกไมโครคอนโทรลเลอร์หรือไมโครโพรเซสเซอร์ได้แก่ ไอซีของบริษัทอินเทล คือไอซี 8255

2.4 การใช้งานเป็นตัวตั้งเวลาและตัวนับ (Counter and Timer)

โครงสร้างภายในคอนโทรนเลอร์ เบอร์ 8051 มีตัวตั้งเวลา/ตัวนับ(Timer/Counter)ประกอบอยู่ภายใน 2 ตัว คือ Timer 0 และ Timer1 การกำหนดการทำงานของ Timer ทำโดยการกำหนดค่าให้กับรีจีสเตอร์ TMOD และ TCON การทำงานเป็นอิสระจากกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 รีจีสเตอร์ TCON (Timer/Counter Control Register)

เป็นรีจีสเตอร์ที่ทำหน้าที่เฉพาะ สำหรับควบคุมการทำงาน Timer และเลือกสัญญาณอินเตอร์รัพต์จากภายนอก โดยรีสเตอร์นี้จะทำหน้าที่เป็นแฟลกแสดงสถานะการทำงาน 4 บิตที่เซตและเครียการทำงานด้วยฮาร์ดแวร์ ส่วนที่เหลืออีก 4 บิตเป็นบิตควบคุมการทำงานของ Timer ที่เราเซตและเครียด้วยคำสั่งทางซอฟต์แวร์จากการใช้คำสั่งการเซตบิตหรือการโอนย้ายข้อมูลก็ได้ บิตต่าง ๆ ของรีจีสเตอร์ TCON แสดงในรูป 2.7

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

Timer/Counter Control register : TCON

รูปที่ 2.7 บิตของรีจีสเตอร์ TCON

TF1:TCON.7 (Timer1 Overflow flag) ทำหน้าที่เป็นแฟลก ที่ถูกเซตโดยฮาร์ดแวร์ให้เป็น 1 เมื่อค่าการนับของ Timer1 เกิดโอเวอร์โฟลว และบิตนี้จะถูแคเรียด้วยฮาร์ดแวร์อัตโนมัติเมื่อไมโครคอนโทรนเลอร์กระโดดเปทำโปรแกรมอินเตอร์รัพต์ของ Timer1 ซึ่งอยู่ในตำแหน่งเริ่มต้นที่ 001BH

TR1:TCON.6(Timer1 run control bit)เป็นบิตที่ควบคุมการทำงานของ Timer1 เซตจากโปรแกรม

1 = ควบคุมให้ Timer1 ทำงาน

0 = ควบคุมให้ Timer1 หยุดทำงาน

TF0:TCON.5(Timer0 Overflow flag) ทำหน้าที่เป็นแฟลก ซึ่งถูกเซตให้เป็นฮาร์ดแวร์ให้เป็น 1 เมื่อค่าการนับของ Timer0 เกิดโอเวอร์โฟลวและบิตนี้จะถูกเครียด้วยฮาร์ดแวร์เมื่อไมโครคอนโทรนเลอร์กระโดดไปทำโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพต์ของ Timer0 ซึ่งอยู่ในตำแหน่งเริ่มต้นที่ 000BH

TR0:TCON.4(Timer1 run control bit)เป็นบิตที่ควบคุมการทำงานของ Timer0 เซตจากโปรแกรม

1 = ควบคุมให้ Timer0 ทำงาน

0 = ควบคุมให้ Timer0 หยุดทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IE1:TCON.3 (External interrupt 1 edge flag) เป็นแฟลกการร้องขออินเตอร์รัพจากภายนอกของสัญญาณ INT1 บิตนี้จะถูกเซตด้วยฮาร์ดแวร์เมื่อสัญญาณอินเตอร์รัพต์เข้ามาที่ขา INT1 และบิตนี้จะถูกเครียอัตโนมัติเมื่อไมโครคอนโทรนเลอร์กระโดดไปทำโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพต์ของสัญญาณ INT1 ซึ่งอยู่ในตำแหน่งเริ่มต้นที่ 0013H

IT1:TCON.2 (Interrupt 1 type control bit) เป็นบิตควบคุมการเลือกแบบการแอคทีฟของสัญญาณ INT1 ซึ่งเราสามารถเซตหรือเครียด้วยซอฟแวร์ ดังนี้

1 = เลือกใช้สัญญาณอินเตอร์รัพต์ INT1 แอคทีฟที่การเปลี่ยนจาก 1 ไป 0

0 = เลือกใช้สัญญาณอินเตอร์รัพต์ INT1 แอคทีฟที่ลอจิก 0

IE0:TCON.1 (External Interrupt 0 edge flag) เป็นแฟลกการร้องขออินเตอร์รัพต์จากสัญญาณ INT0 บิตนี้จะถูกเซตด้วยฮาร์ตแวร์เมื่อมีสัญญาณอินเตอร์รัพต์เข้ามาที่ขา INT0 และบิตนี้จะถูกเครียโดยอัตโนมัติเมื่อไมโครคอนโทรนเลอร์กระโดดไปทำโปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพต์ของสัญญาณ INT0 ซึ่งอยู่ในตำแหน่งเริ่มที่ 0003H

IT0:TCON.0 (Interrupt 0 type control bit) เป็นบิตควบคุมการเลือกรูปแบบการแอคทีฟของสัญญาณอินเทอร์รัพต์ INT0 ซึ่งสามารถเซตหรือเครียด้วยซอพต์แวร์

2.4.2 รีจีสเตอร์ TMOD (Timer/Counter Mode Control Register)

TMOD เป็นรีจีสเตอร์ที่ทำหน้าที่ควบคุมโหมดการทำงานและสัญญาณควบคุมการทำงานของ Timer0 และ Timer1 รีจีสเตอร์ตัวนี้ไม่สามารถอ้างตำแหน่งแบบบิต บิตต่าง ๆ ของรีจีสเตอร์นี้ แสดงในรูป

Timer1				Timer0			
GATE	C/T	M1	M0	GATE	C/T	M1	M0

Timer/ Counter Mode Control register : TMON

รูปที่ 2.8 รีจีสเตอร์ TMOD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

GATE : (Gating control when set) เป็นบิตสำหรับเลือกการควบคุมการทำงานของ Timer1

1 = การทำงานของ Timer0 จะถูกควบคุมจากสัญญาณที่ขา INT0 (หรือ INT1 หากสัญญาณที่ขา INT0) เป็น 1 Timer จะทำงาน

0 = การทำงานของ Timer0 จะถูกควบคุมจากบิต TR0

C/T : เป็นบิตสำหรับเลือกโหมดการทำงานของ Timer ให้ทำงานในโหมดตั้งเวลาหรือโหมดการนับ

1 = เลือกใช้งาน Timer ในลักษณะของการนับโดยสัญญาณอินพุตของการนับจะมาจากขา T0

0 = เลือกใช้ Timer ในลักษณะของตัวตั้งเวลา โดยสัญญาณเวลาอินพุตจะมาจากสัญญาณนาฬิกาภายในตัวไมโครคอนโทรนเลอร์

M1,M0 : เป็นบิตสำหรับเลือกโหมดการทำงานของ Timerซึ่งกำหนดได้ 4 โหมด คือ 0,1,2และ 3 การเลือกโหมดกำหนดได้ดังนี้

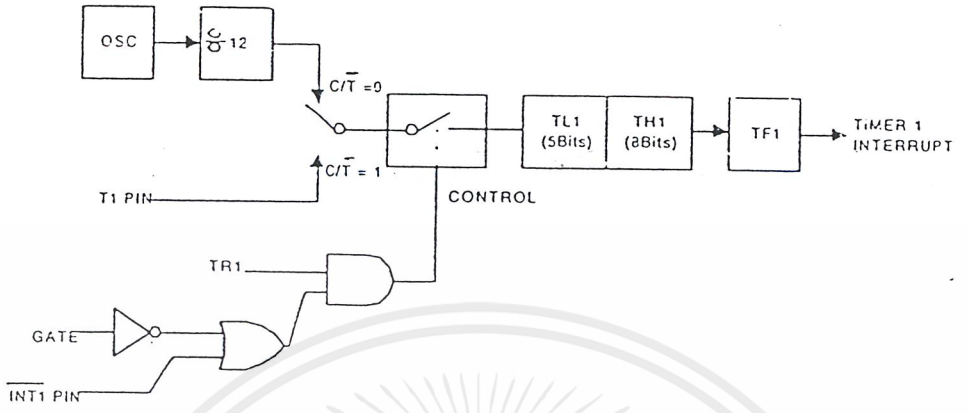
M1	M0	โมด	การทำงาน
0	0	0	8 Bit timer/counter with TL as 5-bit prescaler
0	1	1	16 Bit timer/ counter
1	0	2	8 Bit auto-reload timer/counter
1	1	3	(Timer0) TL is 8 bit timer/counter. TH0 is 8-bit timer only controlled by timer1 control bit.
1	1	3	(Timer1) timer/counter 1 stoped

ตารางที่ 2.2 การเลือกโหมดของ Timer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42648

2.4.3 การทำงานของ Timer ในโหมด 0



รูปที่ 2.9 การทำงานของ Timer / counter1 ในโหมด 0

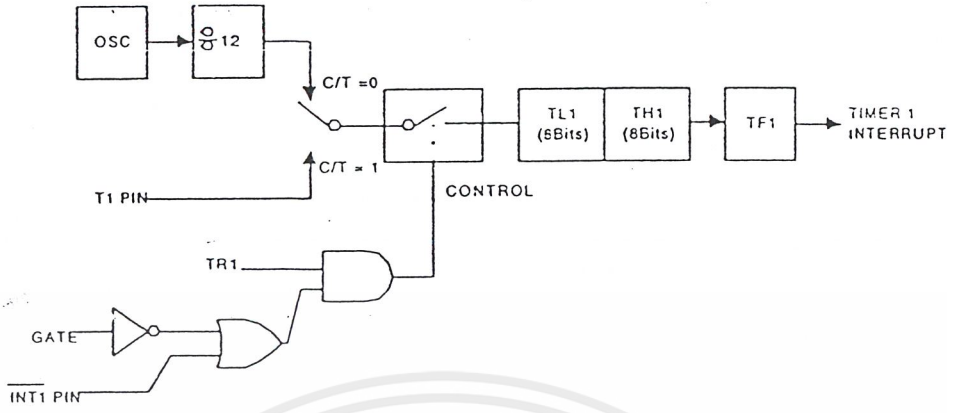
การทำงานในโหมด 0 จะทำงานในลักษณะของตัวนับหรือตัวจับเวลาก็ได้ โดยค่าการนับสูงสุดคือ 13 บิต ที่มาจาก 5 บิตต่ำตองรีจีสเตอร์ TL และ 8 บิตของรีจีสเตอร์ TH ค่าของการนับสูงสุดคือ 8192 หรือ 2000H (เมื่อกำหนดค่าเริ่มต้นของรีจีสเตอร์ TL = 0 และ TH = 0) การทำงานในโหมด 0 ของ Timer1 แสดงในรูป

จากรูป 2.9 Timer1 จะทำงานได้เมื่อเรากำหนดค่าของ TR1 = 1(TR เป็นบิตอยู่ในรีจีสเตอร์ TCON) และ GATE = 0 หรือ INT1 = 1 (การกำหนด GATE = 1 เป็นการเลือกการควบคุมการทำงานของ Timer1 ด้วยสัญญาณ INT1) สัญญาณ GATE กำหนดจากการกำหนดค่าให้กับรีจีสเตอร์ TMOD ค่าของการนับจะเริ่มต้นจากค่าที่อยู่ในรีจีสเตอร์ TH1 และ TL1 ซึ่งเรากำหนดจากคำสั่งทางซอฟต์แวร์ ค่าในรีจีสเตอร์ TL1 เป็น 1 ทุกบิตแล้วจะวนกลับไปเป็น 0 ทุกบิตเมื่อมีสัญญาณเข้ามาอีก 1 ลูก ซึ่งในช่วงเวลาของการเปลี่ยนจาก 1 ทุกบิตไปเป็น 0 ทุกบิตจะทำให้ค่าของแฟลก TF1 ถูกเซตเป็น 1 แฟลก TF1 นี้จะเป็นสัญญาณร้องขออินเตอร์รัพต์ของ Timer1 ต่อไมโครคอนโทรนเลอร์ และแฟลก TF1 จะถูกเครียร์เมื่อไมโครคอนโทรนเลอร์กระโดดไปทำโปรแกรมตอบสนองการร้องขออินเตอร์รัพต์ของ Timer1 จะอยู่ในตำแหน่งเริ่มต้นที่ 001BH

การทำงานของ Timer0 ในโหมด 0 จะมีลักษณะคล้ายกันแต่การควบคุมการทำงานจากสัญญาณภายนอกจะใช้ INT0 แทน INT1 และค่าของการนับจะอยู่ในรีจีสเตอร์ TH0 และ TL0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 การทำงานของ Timer ในโหมด 1

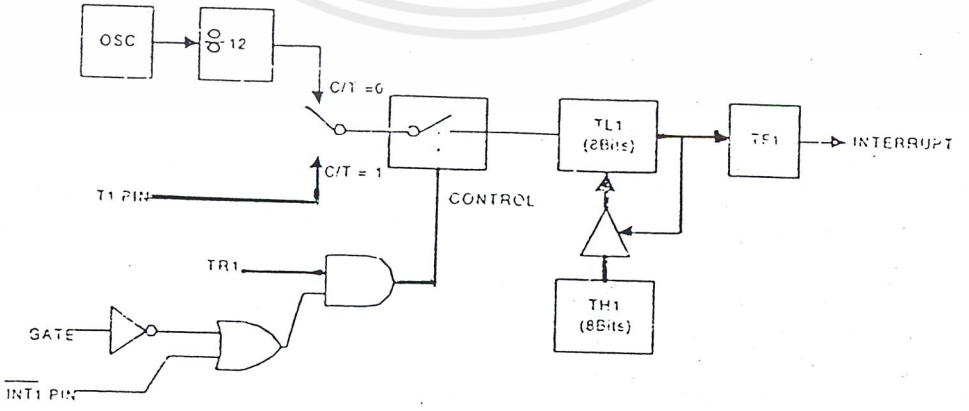


รูปที่ 2.10 การทำงานของ Timer / counter1 ในโหมด 1

การทำงานของ Timer ในโหมด 1 จะมีลักษณะคล้ายการทำงานในโหมด 0 แตกต่างกันที่ ค่าของการนับสูงสุดคือ 16 บิต ใช้รีจีสเตอร์ TH และ TL ตัวละ 8 บิต การกำหนดค่าการนับกำหนดค่าเริ่มต้นในรีจีสเตอร์ TH และ TL ซึ่งอยู่ในช่วง 0000H-FFFFH หากกำหนกให้ค่าในรีจีสเตอร์ TH และ TL เป็น 0000 จะได้ค่าของการนับจะเป็น 65536 และหากกำหนดค่าเริ่มต้นในรีจีสเตอร์ TH และ TL เป็น FFFFH ค่าของการนับคือ 1 ค่าเริ่มต้นของ TH และ TL คิดจาด 2's complement ของค่าที่ต้องการนับ

2.4.5 การทำงานของ Timer ในโหมด 2

ในโหมดนี้เป็นแบบการโหลดใหม่อัตโนมัติ จำนวนการนับจะกำหนดในรีจีสเตอร์ TH ค่าของการนับสูงสุดคือ 256 การนับจะใช้เพียง 8 บิตที่อยู่ในรีจีสเตอร์ TL ซึ่งนำค่าเริ่มต้นมาจากค่าในรีจีสเตอร์

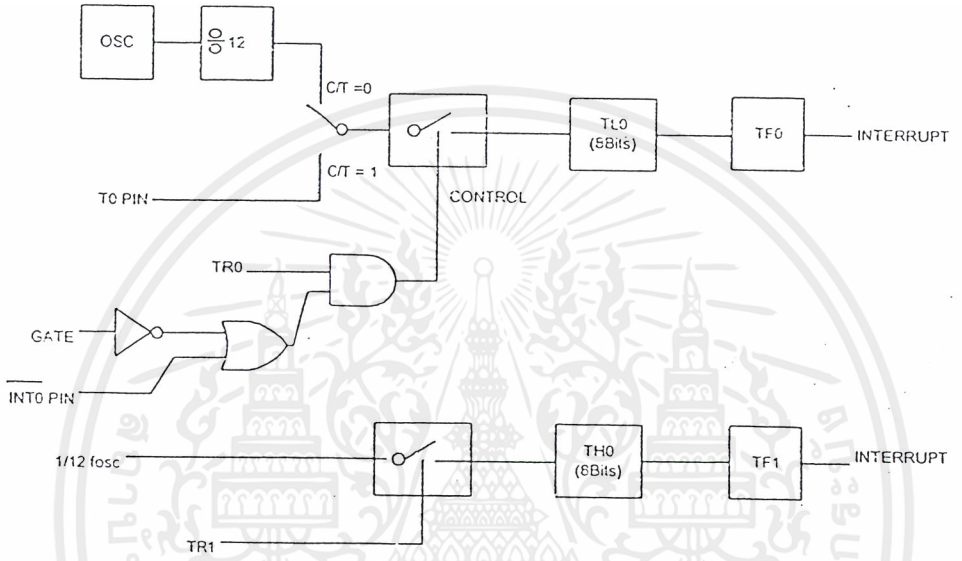


รูปที่ 2.11 การทำงานของ Timer/counter1 ในโหมด 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จีสเตอร์ TH เมื่อ Timer ทำงานค่าที่อยู่ใน TL จะถูกเพิ่มขึ้นจนวนไปถึง 00 อีกจะทำให้แฟลก TF0 ถูกเซตเป็น 1 และค่าในรีจีสเตอร์ TH จะถูกนำไปกำหนดค่าให้กับรีจีสเตอร์ TL เป็นค่าเริ่มต้นของการนับในรอบต่อไปอีก ซึ่งการทำงานจะเป็นเช่นนี้ตลอดไป แฟลก TF จะถูกเครียอัตโนมัติเพื่อไมโครคอนโทรนเลอร์กระโดดไปทำโปรแกรมตอบสนองอินเตอร์รัพต์ของ Timer

2.4.6 การทำงานของ Timer ในโหมด 3



รูปที่ 2.12 การใช้งาน Timer0 ในโหมด 3

ในโหมด 3 จะใช้ได้กับ Timer0 เท่านั้นสำหรับ Timer1 ไม่มีการทำงานในโหมด 3 หากกำหนดให้ timer1 อยู่ในโหมด 3 จะเป็นลักษณะเดียวกับการกำหนดให้ Timer1 หยุดทำงาน การทำงานของ Timer0 ในโหมด 3 จะแยกตัวนับ TH0 และ TL0 ออกจากกัน ทำให้เกิดเป็นตัวนับ 2 ตัวทำงานอิสระต่อกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.12

จากรูปที่2.12ตัวนับTL0 จะใช้บิตควบคุมการทำงานของ Timer0 ดังนี้ C/T,GATE,TR0,INTo และแฟลก TF0 เป็นตัวควบคุมการทำงาน ส่วน TH0 จะถูกควบคุมให้อยู่ในลักษณะของตัวตั้งเวลาเท่านั้น ซึ่งใช้บิต TR1 และ TF1 ของ Timer1 มาเป็นตัวควบคุมการทำงานเมื่อ TR = 1 ตัวนับTH0 ทำงาน และเมื่อค่าของ TH0 เกิด Overflow จะทำให้แฟลก TF1 = 1 ซึ่งเป็นการร้องของการอินเตอร์รัพต์จากไมโครคอนโทรนเลอร์ การใช้งานในโหมด 3 จะทำให้ 8051 เหมือนกับมี Timer/counter อยู่ 3 ชุด

เมื่อเซตให้ Timer0 ทำงานในโหมด 3 เราสามารถควบคุม Timer1 ให้ On หรือ Off ได้ด้วยการเซตให้ Timer1 อยู่ในโหมด 3 เพื่อ Off และเซตให้อยู่โหมดปกติเมื่อต้องการให้ Timer1 ON แต่จะไม่มีการอินเตอร์รัพต์ของ Timer1 หรือใช้ Timer1 ทำงานในโหมดการสร้าง Baud rate ให้กับพอร์ตอนุกรมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 รีจีสเตอร์ควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรม SCON

(Serial Port Control Register)

รีจีสเตอร์ควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรม SCON เป็นรีจีสเตอร์เฉพาะที่หน้าที่ควบคุมโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรม และเป็นที่เก็บข้อมูลบิตที่ 9 ของการรับส่งข้อมูล(บิต TB8 และ RB8) และมีแฟลกของการร้องขออินเตอร์รัพต์ของพอร์ตอนุกรมรวมอยู่ด้วย บิตต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.3 การควบคุมการทำงานเราจะกำหนดบิตต่าง ๆ ในรีจีสเตอร์ตัวนี้ด้วยคำสั่งการโอนย้ายข้อมูล หรือใช้คำสั่งเซตหรือเคลียบิตก็ได้เนื่องจากรีจีสเตอร์ SCON อ้างตำแหน่งแบบบิตได้

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

ตารางที่ 2.3 บิตต่าง ๆ ของรีจีสเตอร์ SCON

ความหมายของบิตต่าง ๆ ในรีจีสเตอร์ SCON เป็นดังนี้

SM0 และ SM1 : เป็นบิตกำหนดโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรมซึ่งมีอยู่ 4 โหมดดังนี้

SM0	SM1	โหมด	การทำงาน	อัตรารับส่ง
0	0	0	Shift register	F (osc)/ 12
0	1	1	8 bit UART	Variable
1	0	2	9 bit UART	F(osc)/ 32 หรือF(osc)/ 64
1	1	3	9 bit UART	Variable

ตารางที่ 2.4 การเลือกโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรม

SM2 : เป็นบิตควบคุมให้ทำงานในลักษณะเชื่อมต่อไมโครคอนโทรนเลอร์หลายตัวเข้าด้วยกัน สำหรับการใช้งานในโหมด 2 หรือโหมด 3 ดังนี้

SM2 = 1 จะทำให้แฟลกอินเตอร์รัพตีทางด้านรับ (RI) ไม่ถูกเซตเมื่อรับข้อมูลเข้ามาแล้วมีค่าบิตที่ 9 เป็น 0 สำหรับการทำงานในโหมด 1 ถ้าเซต SM2 = 1 แฟลกอินเตอร์รัพต์ทางด้านรับ (RI) จะไม่ถูกเซตหากข้อมูลที่รับเข้ามาไม่มี Stop bit การใช้งานในโหมด 0 จะต้องกำหนดให้ SM2 = 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REN : เซตหรือรีเซตด้วยซอฟต์แวร์เป็นตัวควบคุมการรับข้อมูลของพอร์ตอนุกรมดังนี้

1 = ให้มีการรับข้อมูล

0 = ไม่ให้มีการรับข้อมูล

TB8 : เป็นบิตข้อมูลบิตที่ 9 ที่ต้องการส่งในโหมด 2 และ 3 สามารถเซตหรือเครียด้วยซอฟต์แวร์

RB8 : เป็นบิตเก็บข้อมูลที่รับเข้ามาบิตที่ 9 ในโหมด 2 หรือ 3 สำหรับการทำงานในโหมด 1 หากกำหนดให้บิต SM2 = 0 บิต RB8 จะเป็นค่าของ Stop bitที่รับเข้ามา สำหรับโหมด 0 ไม่มีการใช้ RB8

TI : แฟลกของการอินเตอร์รัพต์ทางด้านส่งข้อมูล แฟลกนี้จะถูกเซตด้วยฮาร์ดแวร์เมื่อจบการส่งข้อมูลบิตที่ 8 ในโหมด 0 หรือเมื่อเริ่มต้นส่ง Stop bit ในโหมด 1, 2 หรือ 3 เราต้องเครียซอฟต์แวร์เมื่อจบโปรแกรมการตอบสนองการอินเตอร์รัพต์ของการรับข้อมูลแล้ว

การเลือกโหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรม สามารถกำหนดโหมดต่าง ๆ ได้ดังนี้

MODE	รีจีสเตอร์ SCON	บิต SM2 Variation
0	10H	Single Processor
1	50H	Environment
2	90H	(SM2 = 0)
3	D0H	
0	NA	Multiprocessor
1	70H	Environment
2	B0H	(SM2 = 1)
3	F0H	

ตารางที่ 2.5 การกำหนดค่าให้กับรีจีสเตอร์ SCON เพื่อเลือกโหมดการทำงาน

การส่งและรับข้อมูลของพอร์ตอนุกรมจะมีรีจีสเตอร์ที่ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลอยู่ 1 ตัวคือรีจีสเตอร์ SBUF การส่งข้อมูลออกไปยังพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรนเลอร์ทำโดยการใส่ข้อมูลลงในรี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จีสเตอร์ SBUF การอ่านข้อมูลจากภายนอกที่รับเข้ามาทางพอร์ตอนุกรมจะอ่านจากค่ารีจีสเตอร์ SBUF เช่นกัน วงจรทางรับจะมีบัฟเฟอร์ขนาด 1 ไบต์ที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่รับเข้ามาประกอบอยู่ภายใน

การทำงานของพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรนเลอร์สามารถแบ่งออกได้ 4 โหมดคือ โหมด 0, 1, 2 และ 3 แต่ละโหมดมีการทำงานดังนี้

2.5.1 การรับส่งข้อมูลในโหมด 0

การรับส่งข้อมูลในโหมด 0 เป็นการทำงานในลักษณะของ Shift register ข้อมูลอนุกรมรับเข้ามาทางขา RXD และส่งข้อมูลออกทางขา TXD จะเป็นแบบ 8 บิต โดยบิตต่ำจะรับหรือส่งก่อน อัตรารับส่งในโหมดนี้คือ 1/12 เท่าของสัญญาณนาฬิกา รูปที่ 2.11 แสดงไดอะแกรมการรับส่งข้อมูลของพอร์ตอนุกรมในโหมด 0 ซึ่งมีไดอะแกรมเวลาประกอบอยู่ด้วย

การรับส่งข้อมูลเริ่มต้นหลังจากมีการกำหนดค่าให้กับรีจีสเตอร์ SBUF ซึ่งมีสัญญาณการส่งข้อมูลให้รีจีสเตอร์ SBUF (write to SBUF) ในช่วงเวลา S6P2 จะทำการโหลดค่า 1 ลงไปในตำแหน่งบิตที่ 9 ของ Shift register และเป็นตัวเริ่มต้นการส่งข้อมูลของ TX control box การทำงานดังกล่าวใช้เวลา 1 ไซเกิล แล้วจึงเริ่มต้นทำการส่งข้อมูล ซึ่งมีสัญญาณ SEND แอคทีฟ สัญญาณ SEND จะควบคุมข้อมูลใน Shift register ถูกเลื่อนออกไปที่ขา P3.0 และไปควบคุมให้สัญญาณ Shift Clock ส่งออกไปที่ขา P3.1 สัญญาณที่ออกจากขา Shift Clock จะเป็น 0 ในช่วงเวลา S3 ,S4 และ S5 ในทุก ๆ แมชชีนไซเกิลและเป็น 1 ในช่วงเวลา S6, S1 และ S2 สำหรับในช่วงเวลา S6P2 ของทุก ๆ แมชชีนไซเกิลที่มีสัญญาณ SEND แอคทีฟค่าที่อยู่ใน Shift register ของการส่งจะถูกเลื่อนไปทางขวา 1 ตำแหน่ง

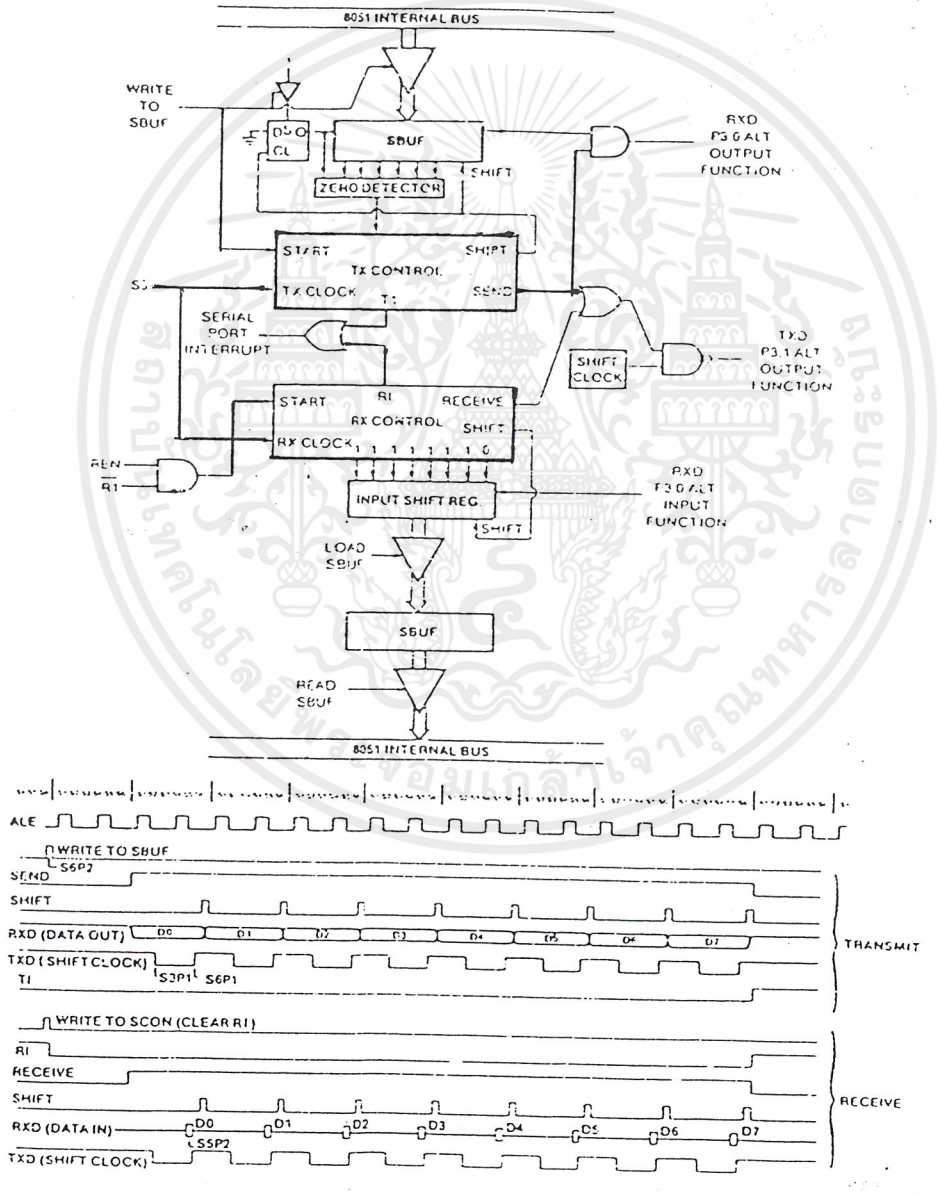
เมื่อข้อมูลถูกเลื่อนออกไปทางขวา จะทำให้ข้อมูลเข้ามาทางซ้ายเป็น 0 เมื่อข้อมูลบิตสูงไปอยู่ในตำแหน่งเอาท์พุตของ Shift register แล้วจะทำให้ค่า 1 ซึ่งถูกโหลดเข้าไปในบิตที่ 9 ตอนเริ่มต้นอยู่ทางซ้ายมือของบิตที่ 8 และข้อมูลบิตซ้ายมือต่อมาทั้งหมดเป็น 0 จากเงื่อนไขนี้ทำให้ TX Control box ทำการส่งข้อมูลตัวสุดท้ายออกไป แล้วจึงเลิกส่งสัญญาณ SEND และเซตบิต TI = 1 (อินเตอร์รัพต์ของด้านส่งข้อมูล) ซึ่งการทำงานทั้งสองจะเกิดขึ้นในช่วง S1P1 ของแมชชีนไซเกิลที่ 10 หลังจากการทำการเขียนข้อมูลลงใน SBUF ด้วยสัญญาณ Write to SBUF แล้ว

การรับข้อมูลจะเริ่มโดยการเซตบิต REN = 1 และ RI = 0 (REN และ RI อยู่ในรีจีสเตอร์ SCON) โดยในช่วงเวลา S6P2 ของแมชชีนไซเกิลต่อมา RX CONTROL UNIT จะเขียนข้อมูล FEH ลงไปใน Shift register ด้านรับ และในเฟสต่อไปจะเริ่มต้นส่งสัญญาณ RECEIVE

สัญญาณ RECEIVE จะทำให้ SHIFT CLOCK ส่งออกไปที่ขา P3.1 ซึ่งสัญญาณ SHIFT CLOCK จะเปลี่ยนแปลงในช่วง S3P1 และ S6P1 ของทุกแมชชีนไซเกิล ในช่วง S6P2 ของทุกแมชชีนไซเกิลที่สัญญาณ RECEIVE แอคทีฟอยู่ จะทำให้ข้อมูลใน Shift register เลื่อนไปทางซ้าย 1 ตำแหน่ง โดยที่ข้อมูลที่เข้ามาทางบิตขวามือ คือค่าที่อ่านจากขา P3.0 ในช่วงเวลา S5P2 ของแมชชีนไซเกิลเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อมีการเลื่อนข้อมูลใน Shift register ไปจนกระทั่งบิตที่อยู่ทางขวามือสุดที่ได้กำหนดในตอนเริ่มต้นถูกเลื่อนไปอยู่ทางซ้ายมือสุด จะควบคุมให้ RX CONTROL BOX ทำการเลื่อนข้อมูลอีก 1 ครั้งเป็นครั้งสุดท้ายแล้วนำข้อมูลไปเกิดในรีจีสเตอร์ SBUF ซึ่งเป็นการสิ้นสุดการรับข้อมูล 1 ไบต์ การเริ่มต้นรับข้อมูลจะเกิดขึ้นเมื่อมีการเขียนการควบคุมไปที่รีจีสเตอร์ SCON เพื่อเริ่มรับข้อมูลจะทำให้ RI ถูกรีเซต ด้วย จนเวลาผ่านไปถึงในช่วง S1P1 ของแมชชีนไซเกิลที่ 10 สัญญาณ RECEIVE จะถูกเคลีย ซึ่งแสดงว่าได้รับข้อมูลเข้ามาครบ 8 บิตแล้ว และแฟลก RI จะถูกเซต แฟลก RI เป็นอินเตอร์รัพต์ของการรับข้อมูลของพอร์ตอนุกรม

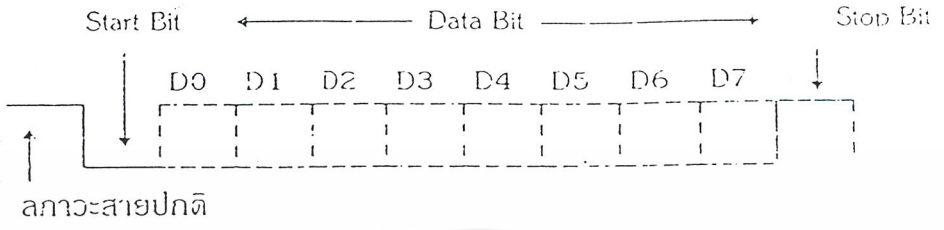


รูปที่ 2.13 แสดงการรับส่งข้อมูลของพอร์ตอนุกรมในโหมด 0

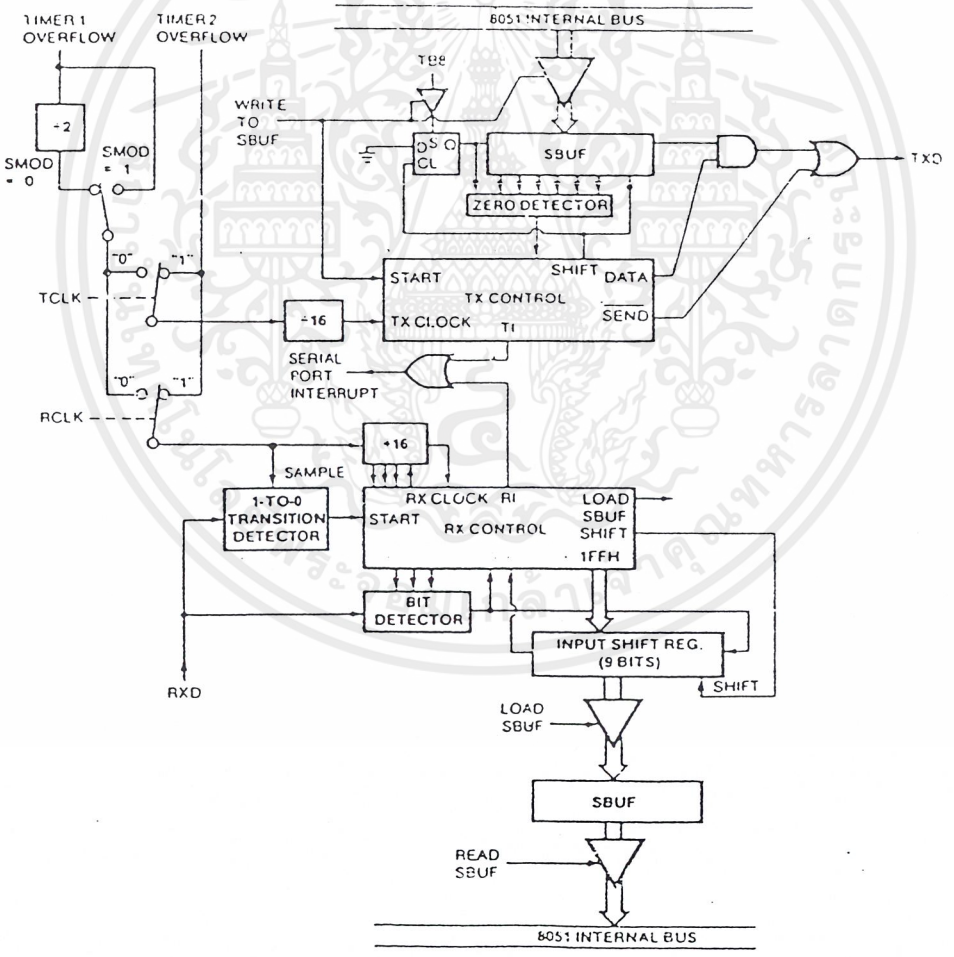
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 การรับส่งข้อมูลในโหมด 1

การส่งข้อมูลจำนวน 10 บิต จะส่งออกไปที่ขา TXD และรับข้อมูลเข้ามาทางขา RXD ข้อมูล 10 บิต ประกอบด้วย 1 Start Bit (ค่าลอจิก 0) ข้อมูลจำนวน 8 บิต (LSB ส่งหรือรับก่อน) และ 1 Stop Bit (ค่าลอจิก 1)



รูปที่ 2.14 สัญญาณของการส่งข้อมูลของโหมด 1



รูปที่ 2.15 การทำงานของพอร์ตอนุกรมในโหมด 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีของการรับข้อมูล Stop Bit จะถูกนำเข้าไปเก็บในบิต RB8 ที่อยู่ในรีจิสเตอร์ SCON ความเร็วในการรับส่งข้อมูลจะกำหนดโดยอัตราการเกิดโอเวอร์โฟลวของ Timer 1 หรือ Timer 2 หรือกำหนดจากทั้ง 2 ตัว (ตัวหนึ่งสำหรับด้านส่ง ตัวหนึ่งสำหรับด้านรับ) รูป 2.15 แสดงไดอะแกรมการทำงานและไดอะแกรมเวลารับส่งข้อมูลของอนุกรมในโหมด 1

การรับส่งข้อมูลจะเริ่มต้นหลังจากการกำหนดค่าลงในรีจิสเตอร์ข้อมูล SBUF ด้านส่งจะมีสัญญาณ write to SBUF ควบคุมให้มีการใส่ค่า 1 ลงในตำแหน่งของบิตที่ 9 ของ SHIFT REGISTER ด้านส่ง และเริ่มทำการส่งข้อมูลของ TX CONTROL UNIT การส่งข้อมูลออกจะเริ่มต้นในช่วงเวลา S1P1 ของแมชชีนไซเกิลและบิตต่อไปตามจังหวะของตัวกำหนดอัตราส่งที่มาจากโอเวอร์โฟลวของ Timer 1 หรือ Timer 2 ที่หารด้วย 16

การส่งข้อมูลจะเริ่มด้วยการส่งสัญญาณ SEND ให้แอคทีฟ เมื่อเริ่มต้นการส่งข้อมูลบิตแรกออกไปที่ TXD และบิตของข้อมูลจะถูกส่งตามออกไปโดยการทำงานของ Shift Register ซึ่งจะทำการเลื่อนข้อมูลไป 1 ตำแหน่งตามจังหวะของอัตราส่งที่เข้ามายัง TX CLOCK เมื่อบิตข้อมูลทั้งหมดถูกเลื่อนออกไปทางขวา จะมี 01 เข้ามาแทนที่ทางด้านซ้าย จนกระทั่งบิตข้อมูลสูงสุด (MSB) ออกไปอยู่ที่เอาท์พุทของ Shift Register จะทำให้บิต 1 ที่ได้โหลดเข้าไปตอนเริ่มต้นในตำแหน่งที่ 9 ซึ่งอยู่ทางซ้ายมือของ MSB และมีบิตต่างๆ ที่อยู่ทางซ้ายของบิตที่ 9 เป็น 0 ทั้งหมด เมื่อเกิดเงื่อนไขดังกล่าวจะทำให้ TX CONTROL UNIT ทำการเลื่อนข้อมูลออกไปทางขวาอีก 1 ครั้ง เป็นครั้งสุดท้าย แล้วเลิกส่งสัญญาณ SEND และเซตแฟลก TI = 1 เวลาการส่งข้อมูลจะจบในช่วง CLOCK ลูกที่ 10 ของสัญญาณการส่งข้อมูล หลังจากมีสัญญาณ write to SBUF

การรับส่งข้อมูลจะเริ่มต้นเมื่อสัญญาณที่ขา RXD เปลี่ยนจาก 1 ไปเป็น 0 โดยซีพียูจะมีการตรวจสอบด้วยความเร็ว 16 เท่า ของอัตราความเร็วในการรับข้อมูล เมื่อซีพียูตรวจสอบได้ว่ามีการส่งข้อมูลเข้ามา จะทำการรีเซตวงจรหาร 16 ทันที เพื่อเริ่มต้นใหม่ให้สัมพันธ์กับข้อมูลที่เข้ามาและค่า 1FFH จะถูกกำหนดให้กับ Shift Register ด้านรับ

การรับส่งข้อมูลจะทำการตรวจสอบบิตข้อมูลที่ขา RXD 3 ครั้งในช่วงบิต RCLK ที่ 7, 8 และ 9 เข้ามาในวงจรหาร 16 โดยจะใช้ค่าที่อ่านได้จาก 2 ใน 3 ครั้งเป็นข้อมูล การทำเช่นนี้ก็เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนออก หากการตรวจสอบว่าในช่วงที่บิตที่ 0 ของ RCLK ข้อมูลที่ RXD ไม่เป็น 0 วงจรด้านรับจะรีเซตกลับไปรอการเปลี่ยนค่าที่ขา RXD จาก 1 ไป 0 ใหม่ การทำเช่นนี้เพื่อป้องกันการผิดพลาดของ START BIT หากค่า Start Bit ถูกต้อง จะทำการเลื่อนข้อมูลเข้าไปใน Shift Register และรอรับบิตต่อๆ ไป โดยบิตข้อมูลจะเข้ามาทางขวาของ Shift Register และค่า 1 ที่กำหนดไปตอนเริ่ม จะถูกเลื่อนไปทางซ้ายตามลำดับ เมื่อ Start Bit ที่เข้ามาถูกเลื่อนไปทางซ้ายมือสุดของ Shift Register จะทำให้ RX CONTROL BOX ทำการเลื่อนอีก 1 ครั้งเป็นครั้งสุดท้าย และนำค่าใน Shift Register ไปเก็บในรีจิสเตอร์ SBUF และ RB8 และการเซตแฟลก RI จะเกิดขึ้นหลังจากการเลื่อนข้อมูลครั้งสุดท้ายแล้วก็ต่อเมื่อเราได้กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

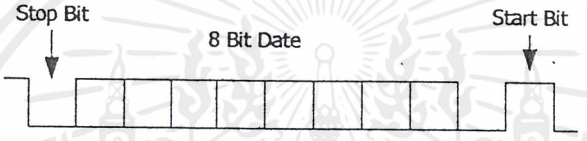
1) RI = 0 (จะต้องเคลีย RI หลังจากทำโปรแกรมอ่านข้อมูลไปแล้ว) และ

2) SM2 = 0 หรือได้รับ STOP BIT = 1

หากเงื่อนไขทั้ง 2 ไม่จริง ข้อมูลที่รับเข้ามาจะถูกยกเลิก ถ้าเงื่อนไขทั้ง 2 เป็นจริง STOP BIT จะถูกนำไปเก็บใน RB8 และข้อมูล 8 บิตถูกนำไปเก็บใน SBUF และ RI ถูกเซต วงจรรับข้อมูลจะกลับไปตรวจสอบที่ขา RXD ต่อเพื่อรอรับข้อมูลไบต์ใหม่ต่อไป

2.5.3 การรับส่งข้อมูลในโหมด 2 และโหมด 3

การทำงานในโหมด 2 และโหมด 3 จะมีบิตที่รับส่งทั้งหมด 11 บิต ซึ่งประกอบด้วย 1 Start Bit (ค่า 0) 8 บิต (บิตต่ำก่อน) 1 บิตข้อมูลบิตที่ 9 ที่กำหนดค่าได้ และ 1 STOP BIT (ค่า 1)



รูปที่ 2.16 สัญญาณของการส่งข้อมูลของโหมด 2 และโหมด 3

การกำหนดข้อมูลที่บิตที่ 9 ของการส่งข้อมูลกำหนดโดยการเซตหรือเคลียบิต TB8 ที่อยู่ในรีจิสเตอร์ SCON สำหรับการรับข้อมูล บิตที่ 9 จะถูกนำไปเก็บในบิต RB8 ซึ่งอยู่ในรีจิสเตอร์ SCON เช่นกัน อัตรารับส่งข้อมูลในโหมด 2 สามารถโปรแกรมเพื่อเลือก 1/32 หรือ 1/64 เท่าของสัญญาณนาฬิกาได้ ส่วนในโหมด 3 สามารถกำหนดอัตรารับส่งข้อมูลได้ตามต้องการโดยใช้ Timer 1 หรือ Timer 2 ซึ่งใช้ TCLK และ RCLK ที่อยู่ใน T2CON เป็นตัวกำหนดอัตรารับส่งข้อมูลรูปที่ 2.16 แสดงไดอะแกรมการทำงานของพอร์ตอนุกรมในโหมด 2 และโหมด 3 ตามลำดับซึ่งการทำงานของส่วนรับข้อมูล จะเหมือนกับโหมด 1 ทุกประการ และการทำงานของส่วนรับข้อมูลแตกต่างกันในบิตที่ 9 ของ Shift Register ด้านส่ง

การส่งข้อมูลเริ่มจากคำสั่งการกำหนดค่าให้กับรีจิสเตอร์ SBUF ซึ่งจะทำให้สัญญาณ write to SBUF ควบคุมให้บิตข้อมูลใน TB8 ไปกำหนดให้กับบิตที่ 9 ของ Shift Register และควบคุมให้ TX CONTROL UNIT ทำการส่งข้อมูลออกไปในช่วงเวลา S1P1 ของแมชชีนไซเกิลที่ต่อจากการเริ่มทำงานใหม่ของวงจรหาร 16 (ทำให้เกิดการตรงกันระหว่างวงจรหาร 16 ซึ่งไม่ขึ้นกับเวลาของสัญญาณ write to SBUF)

การส่งข้อมูลเริ่มต้นด้วยการทำให้สัญญาณ SEND แอคทีฟ ซึ่งจะส่งค่าของ Start Bit ออกไปที่ TXD และตามด้วยข้อมูลบิตต่ำไปสูงตามจังหวะเวลาของบิตกำหนดการส่งข้อมูล ตามด้วยบิตที่ 9 ที่อยู่ใน TB8 และจบด้วย STOP BIT (ค่า 1) หลังจากที่บิตต่างๆเลื่อนไปทางขวาแล้ว จะมี 0 เข้ามาทางซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นเมื่อค่าของ TB8 อยู่ในตำแหน่งเอาท์พุทของ Shift Register แล้ว ถัดมาทางซ้ายจะเป็น STOP BIT และถัดมาจะเป็น 0 ทั้งหมด ซึ่งเงื่อนไขนี้จะเป็นตัวกำหนดให้ Shift Register ทำการเลื่อนไปทางขวาอีกครั้งหนึ่งเป็นครั้งสุดท้าย แล้วจึงเลิกแอคทีฟสัญญาณ SEND และเซตแฟลก TI ซึ่งการทำงานทั้งหมดจะจบสิ้นภายหลังจากมีสัญญาณ write to SBUF เกิดขึ้นแล้วมีสัญญาณคล็อกเข้ามาที่ TXCLK จำนวน 11 ลูก

การรับข้อมูล เริ่มต้นจากการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่ขา RXD จาก 1 ไป 0 (START BIT) ซึ่งวงจรด้านรับจะมีการตรวจสอบด้วยความเร็ว 16 เท่าของอัตรารับข้อมูล เมื่อตรวจพบการเปลี่ยนแปลงสัญญาณจะทำให้เคาน์เตอร์ของวงจรหาร 16 ถูกรีเซตเพื่อเริ่มใหม่ และมีการกำหนดค่า 1FFH ให้กับ Shift Register ด้านรับ และในช่วงของการนับ 7, 8 และ 9 ของเคาน์เตอร์วงจรหาร 16 จะมีการตรวจสอบสัญญาณที่ขา RXD อีก ซึ่งจะใช้ค่าที่อ่านได้จาก 2 ใน 3 ครั้งเป็นข้อมูล หากค่าที่อ่านได้ใน START BIT ไม่เป็น 0 วงจรรับข้อมูลจะทำการรีเซตและรอตรวจสอบบิตเริ่มต้นที่เปลี่ยนจาก 1 ไป 0 ใหม่ หาก START BIT ถูกต้อง จะทำการเลื่อนข้อมูลเข้าไปเก็บใน Shift Register โดยบิตข้อมูลเข้ามาทางขวามือ และบิตที่มีค่า 1 ซึ่งกำหนดในตอนเริ่มต้น จะถูกเลื่อนออกไปทางซ้ายมือ เมื่อ Start Bit ถูกเลื่อนไปซ้ายมือสุด (ในโหมด 2 และโหมด 3 Shift Register มีขนาด 9 บิต) จะเป็นตัวกำหนดให้ RX CONTROL BOX ทำการเลื่อนข้อมูลใน Shift Register อีกครั้งเป็นครั้งสุดท้าย แล้วกำหนดค่าใน Shift Register ลงใน SBUF และ RB8 และเซตแฟลก RI ซึ่งการกำหนดค่าลงใน SBUF และ RB8 และการเซต R1 จะเกิดขึ้นเมื่อมีเงื่อนไข 2 อย่าง คือ

1) RI = 0 (จะต้องเคลีย RI หลังจากทำโปรแกรมอ่านข้อมูลไปแล้ว) และ

2) SM2 = 0 หรือข้อมูลบิตที่ 9 เป็น 1

ถ้าหากเงื่อนไขทั้ง 2 ไม่เป็นจริง เฟรมข้อมูลที่ได้รับเข้ามาจะถูกยกเลิกและ RI จะไม่ถูกเซต ถ้าหากเงื่อนไขทั้ง 2 เป็นจริง ข้อมูลบิตที่ 9 จะถูกนำไปเก็บใน RB8 และข้อมูล 8 บิตแรกจะถูกนำไปเก็บใน SBUF และในช่วงเวลาของสัญญาณ CLOCK ลูกถัดไป วงจรด้านรับจะเริ่มตรวจสอบ Start Bit ที่เข้ามาต่อไป

2.6 การสื่อสารทางพอร์ตอนุกรม RS-232

ไบต์นั้น การตรวจสอบขึ้นอยู่กับรูปแบบของรหัส ลักษณะของการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม ข้อมูลจะใช้เพียง 1 หรือ 2 ช่องสัญญาณเท่านั้น ทำให้ค่าใช้จ่ายในการสื่อสารถูกกว่าแบบขนาน แต่นั้นข้อมูลจะถูกส่งออกมาทีละบิตจากอุปกรณ์ส่งไปยังอุปกรณ์รับ ช่องสัญญาณในการส่งอัตราการส่งข้อมูลจะช้ากว่าแบบขนาน

ในการส่งข้อมูลแบบอนุกรม ข้อมูลที่ต้องการส่งจะอยู่ในลักษณะเป็นไบต์จะถูกทยอยส่งทีละบิต และทางอุปกรณ์รับจะต้องรับข้อมูลเข้าทีละบิตแล้วมารวมเป็นไบต์ซึ่งอุปกรณ์รับจะต้องคอยตรวจสอบว่า บิตใดเป็นบิตเริ่มแรกของบิตที่ใช้ ซึ่งในการรับข้อมูลแบบอนุกรมระหว่างไมโคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนโทรลเลอร์กับอุปกรณ์ภายนอกนั้น จำเป็นต้องมีมาตรฐานในการรับส่ง ซึ่งมาตรฐานที่นิยมมากที่สุดก็คือ มาตรฐาน RS-232

2.6.1 มาตรฐาน RS-232

เพื่อที่จะทำให้อุปกรณ์จากผู้ผลิตต่างกันทำงานร่วมกันได้ มาตรฐานหลายชนิดจึงได้รับการออกแบบขึ้น มาตรฐานที่ใช้กันอย่างกว้างขวางมากที่สุด คือ RS-232 ซึ่งโดยปกติไมโครคอมพิวเตอร์จะมีพอร์ตที่เป็นแบบอนุกรมอยู่ในตัวอยู่แล้วและจะทำหน้าที่รับส่งข้อมูลในแบบอนุกรม ตามจุดประสงค์ของมาตรฐาน RS-232C นั้นเพื่อจะสามารถเชื่อมต่อกันระหว่างอุปกรณ์รับส่งข้อมูลปลายทาง (Data Terminal Equipment : DTE) เช่น พอร์ตของคอมพิวเตอร์หลักหรืออุปกรณ์ปลายทาง กับอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล (Data Communication Equipment : DCE) หมายถึง อุปกรณ์ที่สามารถแปลงรูปคลื่นดิจิตอลไปเป็นสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับการส่งผ่านสายโทรศัพท์หรือตัวกลางการสื่อสารอย่างอื่น โดยกระบวนการที่เรียกว่า มอดูเลชั่น (Modulation)

2.6.2 การอินเตอร์เฟสตามมาตรฐาน RS-232C

มาตรฐาน RS-232C ใช้สายสัญญาณเพียงเส้นเดียวในการส่งสัญญาณ โดยสัญญาณที่ส่ง ๆ ไปได้ทิศทางเดียว สำหรับความเร็วและระยะทางของการเชื่อมต่อ RS-232C สามารถเชื่อมต่อการถ่ายโอนข้อมูลได้จาก

0 – 20Kbps (บิตต่อวินาที) ซึ่งเพียงพอสำหรับไมโครคอมพิวเตอร์ที่มีขนาดอัตราบอด (Baud Rate) 110 ถึง 9600 ความยาวของสายเชื่องสัญญาณระหว่าง DTC และ DCE โดยสัญญาณตามมาตรฐานของ RS-232 จำกัดอยู่แค่ 50 ฟุตหรือประมาณ 15 เมตร ซึ่งเพียงพอสำหรับการสื่อสารไมโครคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก สำหรับแรงดันของระดับสัญญาณจะถูกกำหนดลงในสองบริเวณคือ

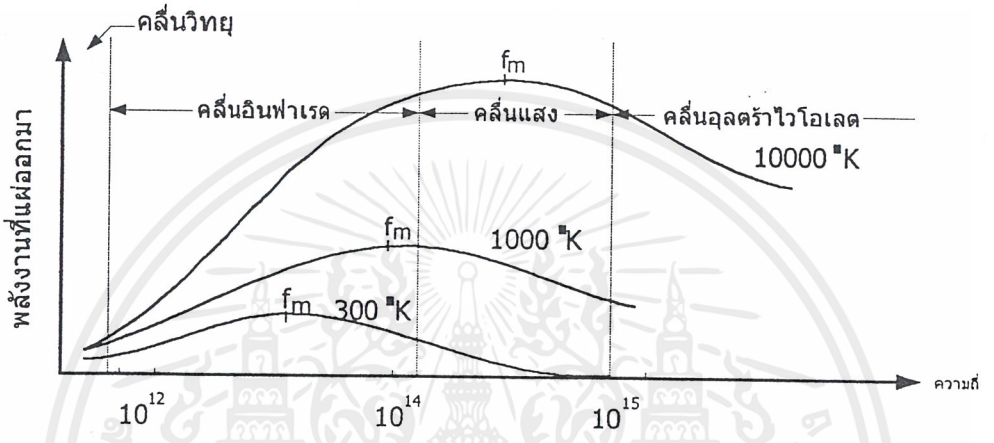
- แรงดันไฟบวก (สถานะ SPACE) อยู่ระหว่าง +5 ถึง +15 โวลท์สำหรับเอาท์พุตระหว่างและ +15 โวลท์สำหรับอินพุต ความแตกต่างมีไว้เผื่อกรณีที่แรงดันไฟฟ้าสูญหายเนื่องจากความยาวของสายสัญญาณ ในทำนองเดียวกัน
- แรงดันไฟลบ (สถานะ MARK) ถูกกำหนดไว้ระหว่าง –5 ถึง –15 โวลท์ สำหรับเอาท์พุตและ –3 ถึง –15 โวลท์สำหรับอินพุต

จะเห็นได้ว่า ถ้าให้สายสัญญาณยาวเกินไป ระดับแรงดันไฟฟ้าจะตกลงเกินขอบเขตที่กำหนด นอกจากนี้ความจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นมีผลต่อคุณภาพสัญญาณ โดยทำให้การเปลี่ยนสถานะจากแรงดันไฟบวกไปเป็นแรงดันไฟลบนั้นไม่ชัดเจน เนื่องจาก RS-232C ไม่ได้ออกแบบให้นำไปใช้กับระยะทางไกล ดังนั้นถ้าอุปกรณ์อยู่ห่างกันมาก อาจจำเป็นต้องใช้โมเด็มหรือวิธีอื่น ๆ แทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การ แผ่พลังงานจากวัตถุดำ (The Radiate Propergation From Black Body)

ในปี ค.ศ. 1900 เกี่ยวกับเรื่องการแผ่พลังงานออกมาจากวัตถุดำ โดยสามารถสรุปได้คือ วัตถุทุกชนิดเมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิสูงกว่าศูนย์องศาสัมบูรณ์ (Kelvin Temperature) วัตถุนั้นจะมีการแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมา โดยที่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าดังกล่าวจะมีการแผ่พลังงานออกมาทุกๆคลื่นความถี่ ซึ่งความถี่ที่ออกมาจะมีค่าตั้งแต่ต่ำสุดไปจนถึงอนันต์ กล่าวคือจากย่านความถี่ต่ำแล้วค่อยๆสูงขึ้นเป็นคลื่นวิทยุ รังสีอินฟราเรด คลื่นแสง คลื่นอัลตร้าไวโอเลต ดังแสดงในรูป 2.17



รูปที่ 2.17 แสดงสเปคตรัมของรังสีที่แผ่ออกจากวัตถุดำ

จากทฤษฎีของวีน (Wien's Law) แสดงความสัมพันธ์ของความถี่ที่มีพลังงานสูงสุด (Fm) ที่อุณหภูมิหนึ่งจากสมการ

$$Fm = 5.9*10^{10}T \qquad (2.1)$$

โดยที่ Fm คือความถี่ที่มีพลังงานสูงสุดซึ่งวัตถุดำปล่อยออกมาที่อุณหภูมิหนึ่ง

T คืออุณหภูมิองศาสัมบูรณ์ของวัตถุดำ

ผลการทดลองในเรื่องการแผ่รังสีนี้ปรากฏว่า ความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่ออกมาจะมีค่าตั้งแต่ต่ำสุดไปจนถึงค่าอนันต์ และสำหรับอุณหภูมิหนึ่งๆแล้ว พลังงานที่แผ่ออกมาจะมีค่าสูงสุดที่ความถี่ค่าหนึ่งๆ (Fm) พลังงานส่วนใหญ่ที่แผ่ออกมาเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและความถี่ใกล้เคียงจะมีค่ามากกว่าพลังงานที่ความถี่อื่นๆ มาก พลังงานทั้งหมดที่วัตถุดำแผ่ออกมาที่อุณหภูมิใดๆ จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับรังสีของอุณหภูมิองศาสัมบูรณ์ของวัตถุนั้น ซึ่งเราเรียกความพันธ์นี้ว่า กฎสเตฟาน-โบสท์แมน (Stafan Boltzman) กล่าวคือ

$$E = KT^4 \qquad (2.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ในเวลาต่อมาจะพบว่าพลังงานที่แผ่ออกมาจากวัตถุดำขึ้นอยู่กับพื้นผิวของวัตถุดำและเวลาที่ใช้ในการแผ่รังสีอีกด้วยคือ

$$E = KatT^4 \qquad (2.3)$$

โดยที่ A คือพื้นที่ผิวทั้งหมด

t คือ เวลาที่ปล่อยให้เกิดการปล่อยรังสี

2.7.1 กายภาพของการแผ่พลังงานรังสี (Physical of Energy Radiation)

การแผ่รังสีสามารถกระทำได้โดยผ่านสูญญากาศ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถผ่านสูญยากาศโดยไม่เปลี่ยนแปลง แต่ถ้าผ่านสสารพลังงานจะกลายเป็นความร้อน

พลังงานรังสีถูกส่งออกมาโดยการสั่นในลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในหลอดแก้วสูญญากาศ คลื่นทั้งหมดจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วแสง แต่ในตัวกลางอื่นๆความเร็วของแสงจะลดลงและแปรผกผันกับดัชนีหักเหของตัวกลางนั้น เมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าวิ่งผ่านตัวกลางใดความยาวของคลื่นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงตามดัชนีหักเหของตัวกลางนั้น

ความเร็วของแสงในสูญญากาศสามารถแสดงได้เป็นสูตรดังนี้

$$V = \lambda f \qquad (2.4)$$

โดยที่ V = ความเร็วของแสงในสูญญากาศ

λ = ความยาวคลื่น

f = ความถี่ (Hz)

2.7.2 ทฤษฎีควอนตัม (Quantum theory)

ทฤษฎีนี้ได้กล่าวว่าคลื่นมีลักษณะเป็นอนุภาคมากกว่าเป็นเพียงการเคลื่อนไหวของคลื่น ปรากฏการทางเคมีที่เกี่ยวกับการเริ่มต้นของแสง (Photo Chemistry) สารเรืองแสง (Fluorescence) และไฟฟ้าเกี่ยวข้องกับแสง (Photo Electricity) สามารถอธิบายได้โดยพลังงานของอนุภาคที่เรียกว่าโฟตอน (Photon) มากว่าที่เป็นการเคลื่อนไหวของคลื่น ปริมาณพลังงานของแสงหรือควอนตัม (Quantum) ของโฟตอนไม่คงที่ แต่จะแปรผันกับความถี่ตามสมกา

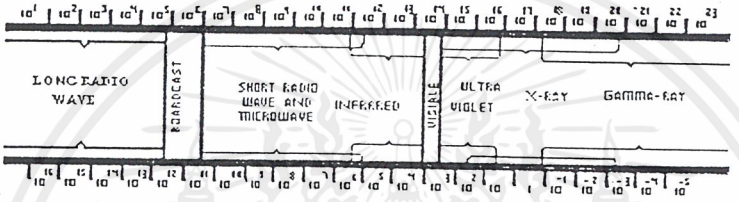
$$E = hf \qquad (2.5)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อคิดของทฤษฎีควอนตัมคือ เมื่ออะตอมหรือโมเลกุลดูดซึมพลังงานเข้าไป ระดับพลังงานจะสูงขึ้นจากระดับปกติถ้าพลังงานควอนตัมมากพอที่อิเล็กตรอนจะหลุดจากที่เดิมเกิดปฏิกริยาทางเคมีขึ้น ถ้าพลังงานน้อยกว่าพลังงานจลน์ของอะตอมหรือโมเลกุลจะทำให้เกิดความร้อนเพิ่มขึ้น

2.7.3 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnatics)

จากการที่ได้ศึกษามาแล้วว่าวัตถุใดก็ตามที่มีอุณหภูมิสูงกว่าศูนย์องศาสัมบูรณ์ (0 Kelvin) จะมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแผ่ออกมาโดยที่คลื่นเหล่านี้ จะมีความถี่ตั้งแต่ 0 Hz จนถึงค่าความถี่เป็นอนันต์ โดยเราจะแบ่งย่านความถี่ต่างๆ ออกเป็นดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 แสดงรายละเอียดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความถี่และความยาวคลื่นต่างกัน

ขนาดของความถี่จะมีความสัมพันธ์ของความคลื่นเมื่อความยาวคลื่นมีขนาดความยาวมากความถี่ก็จะต่ำมาก และเมื่อความยาวคลื่นสั้นมากความถี่ก็จะสูงมาก สำหรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูงมากโดยมีความยาวคลื่นตั้งแต่ 1 ไมโครเมตรลงมา จะเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เป็นคลื่นของแสง โดยที่จะแบ่งย่านของแสงออกเป็นดังตารางที่ 2.6

รังสีอัลฟ่า	รังสี X	รังสีอัลตร้าไวโอเลต	Visible Light	Inflarad	Microwave
10^5	0.2	0.4	0.75	1000	ความยาวคลื่น

ตารางที่ 2.19 แสดงการแบ่งช่วงของความยาวความถี่คลื่นของแสงและสเปกตรัม

จากหลักการคงอยู่ของพลังงาน พลังงานทั้งหมดจะไม่สามารถสลายได้แต่จะเปลี่ยนรูปแทน ในจำนวนนั้นมีพลังงานบางส่วนที่เปลี่ยนรูปเป็นความร้อน เพื่อรักษาความสมดุลย์จึงมีความจำเป็นต้องคลายความร้อนออกไป และหนึ่งในวิธีการคายความร้อนออกไปคือวิธีการแผ่รังสี และในขั้นตอนการแผ่รังสีจะมีความร้อนบางส่วนก่อตัวเป็นอินฟราเรดขึ้นมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำความร้อนนั้นเป็นวิธีที่ ความร้อนผ่านเข้าสู่ภายในวัตถุจากอุณหภูมิสูงไปสู่อุณหภูมิต่ำกา รพาความร้อนเป็นวิธีที่ความร้อนถูกลำเลียง ส่งโดยผ่านของเหลวหรือก๊าซ ในส่วนของการแผ่รังสี ความร้อนนั้นเป็นวิธีการที่แหล่งความร้อนได้แผ่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกไปยังวัตถุโดยตรง ฉะนั้นในส่วนของการแผ่รังสีความร้อน จะแตกต่างจากวิธีของการนำและการพาความร้อนซึ่งต้องให้ความร้อนกับตัวกลางเสียก่อน ดังนั้นการถ่ายเทความร้อนด้วยการแผ่รังสีนั้นเป็นการกระทำโดยตรงและโดยฉับพลัน

แสงอินฟราเรดเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่งดังนั้นวิธีการถ่ายเทความร้อนจึงเป็นแบบของการแผ่รังสี การแผ่รังสีของรังสีอินฟราเลดมีความไวเท่ากับความเร็วแสงและมีลักษณะพุ่งเป็นเส้นตรง อีกทั้งยังคงมีคุณสมบัติของแสง เช่น การหักเห การสะท้อนเช่นเดียวกับแสงโดยทั่วไป

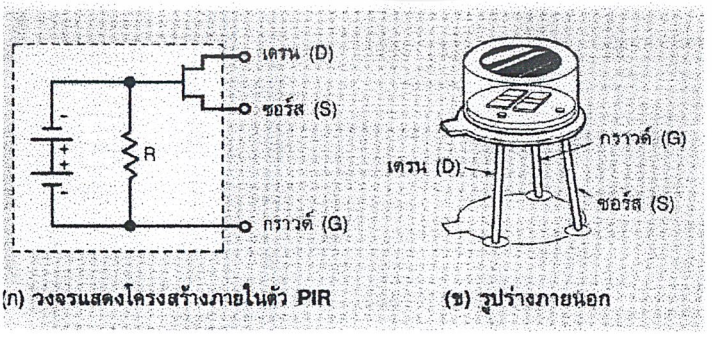
2.7.4 การแผ่รังสีออกจากร่างกายมนุษย์ (The radiation inflared ray from the body of human)

จากคุณลักษณะทางกายภาพของร่างกายมนุษย์จะเป็นแหล่งกำเนิดความร้อนชนิดหนึ่ง โดยตัวโมเลกุลของกล้ามเนื้อเมื่อเกิดปฏิกริยาผลกระทบทางไฟฟ้าที่เกิดจากความร้อน (Pyroelectric Effect) จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนรูปแบบพลังงานเป็นการแผ่รังสีความร้อนออกมา โดยที่สสารใดก็ตามที่อยู่ในสภาวะอุณหภูมิศูนย์องศาสัมบูรณ์ เมื่อได้รับพลังงานความร้อนเพิ่มจนอุณหภูมิสูงขึ้นก็จะทำให้เกิดการแผ่รังสีอินฟราเรดออกมา ซึ่งกล้ามเนื้อจะมีพลังงานค่าหนึ่งส่งออกมา เพื่อให้ร่างกายมีอุณหภูมิที่คงที่จำเป็นจะต้องมีการถ่ายเทความร้อนออกมา ความร้อนที่ถ่ายเทออกมานั้นโดยส่วนใหญ่ก็จะเป็นการแผ่รังสีอินฟราเรดออกมา

ซึ่งโดยปกติแล้วรังสีอินฟราเรดที่แผ่รังสีออกมาจากผิวหนังของมนุษย์นั้นจะมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วงประมาณ 3-5 ไมโครเมตร ในจำนวนนั้นคลื่นที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 8-14 ไมโครเมตร จะเป็นช่วงความยาวคลื่นที่มี

2.8 พาสซีฟอินฟาเรดดีเท็กเตอร์ (Passive InfraRed detector – PIR)

PIR เป็นตัวตรวจจับรังสีอินฟราเรดแบบหนึ่ง ซึ่งมีรูปร่างและลักษณะโครงสร้างภายนอกดังแสดงในรูปที่ 2.20



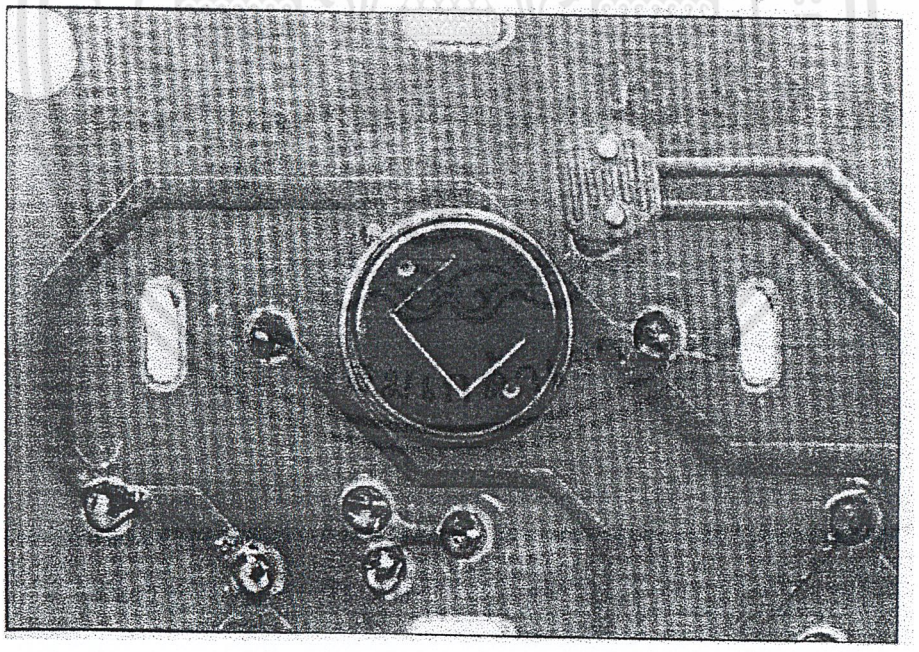
รูปที่ 2.20 สัญลักษณ์และรูปร่างของเซนเซอร์ PIR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยจะทำงานเมื่อตรวจจับพบความเปลี่ยนแปลงของรังสีอินฟาเรดที่แผ่ออกมาจากตัวคนหรือสัตว์ในขณะที่มีการเคลื่อนไหว ซึ่งในตัวคนหรือสัตว์จะมีความร้อนที่แผ่ออกมารอบ ๆ ตัวในปริมาณที่แน่นอนจำนวนหนึ่งเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลง พลังงานความร้อนเกิดการเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้คลื่นรังสีความร้อนนี้แผ่กระจายออกความยาวคลื่นประมาณ 0.74-300 ไมโครเมตรอันเป็นความถี่ในย่านอินฟราเรดพอดี

ภายใน PIR ประกอบด้วย เลนส์ ที่เรียกว่า เฟรสเนลเลนส์ (fresnel lenses) ซึ่งเป็นเลนส์ที่มีขนาดเล็กจำนวนมากเพื่อสร้างแพตเทิร์นการแทรกสอด (interfered) ของแสงในย่านอินฟราเรด ขณะที่ยังไม่มีใครเข้ามาในรัศมี รูปแบบการแทรกสอดของแสงนั้นจะมีแพตเทิร์นการแทรกสอดที่คงที่ แต่เมื่อวัตถุนั้นเกิดการเคลื่อนไหวเกิดขึ้น แพตเทิร์นการแทรกสอดของคลื่นแสงที่ปรากฏบนตัวเซนเซอร์ PIR ก็จะเปล่ยนไปเป็นสัญญาณไฟฟ้าตามการเคลื่อนไหวนั้นออกมาทางขาเอาต์พุตแล้วจะถูกป้อนสู่ไอซี MPCC เพื่อทำการขยายสัญญาณต่อไป

ตัวตรวจจับมีโครงสร้างภายในที่สำคัญคือ ตัวเซนเซอร์ไวแสงที่ทำจากผลึกของลิเทียมซัลเฟต 2 ชุดและเฟต 1 ตัวประกอบเข้าด้วยกันในตัวถังแบบ TO-5 ชิ้นของผลึกแร่ขนาด 2*1 มิลลิเมตรต่ออนุกรมกันแต่กลับขั้วดังแสดงในรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 แสดงรูปร่างจริงของ PIR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อสัญญาณรังสีสามารถแผ่กระจายผ่านกระจกมาตกกระทบที่ชิ้นสารทั้งสองก็จะทำให้เกิดการแตกต่างขึ้นตามสัญญาณที่มาตกกระทบ จากนั้นต้องทำการขยายสัญญาณให้แรงขึ้น ก่อนนำไปใช้งาน

สัญญาณที่ตรวจจับได้จะมีความยาวคลื่นในช่วง 1-15 ไมโครเมตรความถี่จากผลของการตรวจจับความเคลื่อนไหวจะอยู่ในช่วง 0.3-3 เฮิรตซ์ มีความแรงเพียง 1 มิลลิโวลต์พีกทูพีก ดังนั้นจึงต้องมีวงจรขยายสัญญาณซึ่งในอดีตมักจะใช้วงจรออปแอมป์ที่มีอัตราขยายสูง ๆ แต่ผลที่ได้คือ วงจรขยายที่มีขนาดใหญ่ มีอุปกรณ์ที่ใช้จำนวนมาก และมีความยุ่งยากในการสร้างค่อนข้างมาก แต่ในปัจจุบันมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการขยายสัญญาณนี้โดยเฉพาะเรียกว่า MPCC

2.8.1 Master PIR Control Chip-MPCC

ไอซี MPCC จะเข้ามาทดแทนวงจรออปแอมป์ที่ยุ่งยาก ทั้งยังช่วยเพิ่มความสามารถในการตรวจจับให้แก่ PIR อีกด้วย หน้าที่ของ MPCC คือ ขยายสัญญาณตรวจจับความเคลื่อนไหวของ PIR ให้มีความแรงพอที่จะนำไปขับอุปกรณ์เอาต์พุตอื่น ๆ

นอกจากนั้นยังเพิ่มความสามารถในการตรวจจับความเคลื่อนไหวโดย สามารถกำหนดการทำงานได้ในที่มืดหรือสว่าง สามารถกำหนดเวลาเริ่มการทำงานได้ โดยเมื่อทำการจ่ายไฟให้วงจรจะมีการหน่วงเวลาให้เพียงพอในการออกจากพื้นที่ที่ทำการตรวจจับ ซึ่งสามารถปรับแต่งได้ตามการใช้งาน ซึ่งไอซี MPCC ที่ใช้ในโครงงานนี้คือเบอร์ KC788B มีรายละเอียดการจัดขาดังตารางที่ 1

ตารางที่ 2.7 การจัดขาภายในของชิปไอซีตรวจจับความเคลื่อนไหวเบอร์ KC788B

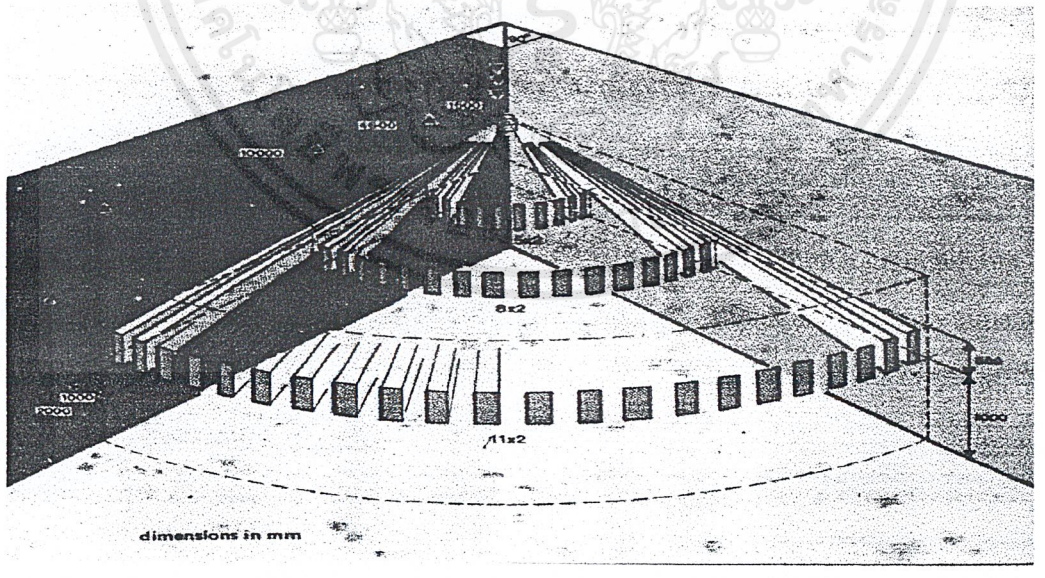
ขาที่	ชื่อขา	การทำงาน
1	Vcc	แรงดันไฟเลี้ยง(ปกติ 5 โวลต์)
2	Sens. Adjust	ปรับความไวในการตรวจจับความเคลื่อนไหว
3	Offset filter	กรองออฟเซต
4	Anti-alias	กรองสัญญาณ
5	DC Cap	กรองแรงดันเพื่อควบคุมอัตราขยายของ PIR
6	Vreg	โวลเตจเรกูเลเตอร์เอาต์พุต
7	Pyro (D)	ต่อกับเดรนของ PIR
8	Pyro (S)	ต่อกับซอร์สของ PIR
9	Gnd (A)	กราวด์อะนาลอก
10	Gnd (D)	กราวด์ดิจิตอล
11	Daylight Adjust	ปรับความไวต่อแสงภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12	Daylight Sense	ต่อเซนเซอร์ตรวจจับแสง
13	Gain select	เลือกอัตราขยาย
14	On/Auto/Off	อินพุตเลือกสภาวะการทำงานใน 3 สถานะ
15	Toggle	อินพุตเลือกการทำงาน (ON/OFF)
16	Out	สัญญาณเอาต์พุตควบคุมโหลด (ON/OFF)
17	LED	แสดงผลการตรวจจับ
18	C	อินพุตของวงจรไทเมอร์
19	R	เอาต์พุตวงจรไทเมอร์
20	Fref	ความถี่อ้างอิงออสซิลเลเตอร์

2.8.3 ออปติคอล ฟิลเตอร์ (Optical Filter) หรือเฟรชั่นนอลเลนซ์

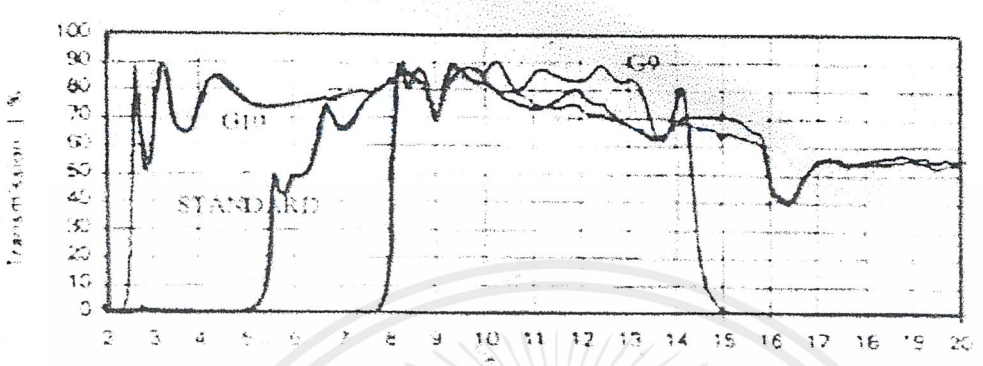
ออปติคอลไฟเบอร์เป็นอุปกรณ์ที่ต้องใช้ร่วมกับไพโรอิเล็กทริกเซนเซอร์ ใช้สำหรับเป็นเลนซ์ทำหน้าที่รวมพลังงานความร้อนที่แผ่ออกมาไปยังจุดโพกัส ออปติคอล ฟิลเตอร์ประกอบไปด้วยเลนซ์ขนาดเล็กๆ หลายชุดวางเรียงกันไป ซึ่งจะให้ความยาวโพกัสที่สั้นมาก ในการใช้งานพื้นที่ที่ถูกตรวจจับจะถูกแบ่งออกเป็นส่วนๆ ตามจำนวนเลนซ์ที่ประกอบเข้าด้วยกันเมื่อจำนวนเลนซ์มากขึ้นก็สามารถตรวจจับได้ครอบคลุมพื้นที่ได้มากขึ้นดังแสดงในรูป 2.22



รูปที่ 2.22 แสดงพื้นที่ถูกตรวจจับ แบ่งออกเป็นส่วนๆ ตามจำนวนของเลนซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อมีคนหรือสัตว์เคลื่อนที่ผ่านจากพื้นที่ส่วนหนึ่ง ซึ่งอยู่ในรัศมีของออปติคอลฟิลเตอร์จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางอุณหภูมิ โดยมีตัวออปติคอลฟิลเตอร์เป็นตัวกรองเฉพาะแสงที่มีความยาวคลื่นที่ต้องการให้สามารถผ่านได้และทำหน้าที่รวมพลังงานเหล่านั้นให้ไปตกที่ตัวไพโรอิเล็กทริกทั้งหมด



รูปที่ 2.23 แสดงช่วงความยาวคลื่นและการตอบสนองต่อการกรองของออปติคอล ฟิลเตอร์

สำหรับตัวเซ็นเซอร์บางชนิดจะใช้การเคลือบสารบางอย่างลงไปที่หน้าต่างแทนการใช้เลนซ์ซึ่งจะให้คุณลักษณะที่คล้ายกับการใช้เลนซ์ในการกรองรังสีอินฟราเรด

2.9 สเต็ป มอเตอร์ (Step motor)

สเต็ปมอเตอร์เป็นรูปแบบหนึ่งของซิงโครนัส มอเตอร์ (Synchronous motor) ซึ่งออกแบบให้หมุนไปเป็นขั้นๆ หรือเป็นองศาตามต้องการ โดยการป้อนสัญญาณพัลซ์ไปที่ขดลวดที่อยู่กับที่ในลักษณะที่เป็นเลขไบนารี่ (Binary) จะเกิดแรงที่โรเตอร์ (Rotor) ทำให้โรเตอร์สามารถหมุนได้

2.9.1 ชนิดของสเต็ปมอเตอร์

สเต็ปมอเตอร์แบ่งตามพื้นฐานได้เป็น 3 ชนิด คือ

2.9.1.1 วาริเอเบิลรีแอคแตนซ์ (Variable reactance :VR)มีโครงสร้างของโรเตอร์แบบมัลติบูธ (Multi-tooth) มอเตอร์ชนิดนี้จะไม่เกิดปรากฏการณ์ทางแม่เหล็ก (magnetism) มันจึงหมุนได้ตลอดโดยไม่ติดขัดสเต็ปมอเตอร์ชนิดนี้มีจุดด้อยในเรเองของความถูกต้องของตำแหน่งและการทำงานได้ไม่ดีนักเมื่อมีสเต็ปในการหมุนสูง

2.9.1.2 เพอร์มาแนนต์แมกเน็ต (permanent magnet :PM) มีโครงสร้างของโรเตอร์แบบเรียบไม่มีซี่ขั้วแม่เหล็กและบนโรเตอร์จะไม่เป็นแบบแม่เหล็กถาวร เมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ขดลวด และโรเตอร์จะอยู่คงที่ที่ขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์นั้นถึงแม้ว่าจะไม่ป้อนกระแสไฟฟ้าอีกต่อไป ทำให้เกิดแรงยึดหน่วงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

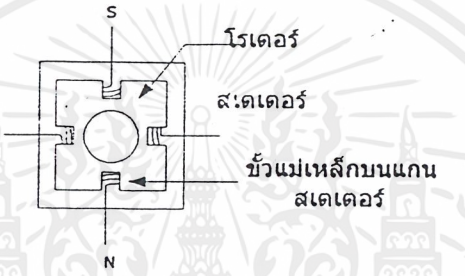
2.9.1.3ไฮบริด (hybrid) โครงสร้างภายในจะรวมเอาโครงสร้างของมอเตอร์ทั้ง 2 ชนิดประกอบเข้าด้วยกันจึงทำให้มอเตอร์ชนิดนี้มีแรงยึดเหนี่ยวสูง มีแรงบิดดึงและผลักได้ดีซึ่งมีความคงที่และทำงานได้ดีถึงแม้ว่าจะมีสเต็ปต่อรอบของการหมุนสูง

2.9.2 วิธีการขับเคลื่อนสเต็ป มอเตอร์

โดยทั่วไปจะนิยมใช้สเต็ป มอเตอร์อยู่ 2 ชนิดเท่านั้น คือ Permanent magnet และ Variable reluctance

1. สเต็ป มอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร สามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

- Bipolar permanent magnet motor ประกอบด้วยโรเตอร์ที่เป็นแม่เหล็กถาวร และ Stator พันด้วยขดลวดดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 ภาพตัดขวางของไบโพลาร์สเต็ป มอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรซึ่งประกอบด้วยโรเตอร์ที่เป็นแม่เหล็กถาวร และมีขั้ว Stator อยู่รอบ

วิธีการขับมอเตอร์ชนิดนี้มีการขับอยู่ 3 วิธี คือ

1. การกระตุ้นขดลวดตามลำดับ ซึ่งเรียกว่า ซิงเกิลเฟส (Single phase on full step) หรือแบบเวฟไดรฟ์ (wave drive mode) คือจะมีเพียงเฟสเดียวเท่านั้นที่ถูกกระตุ้น

2. การกระตุ้นขดลวด 2 เฟส พร้อมกัน การกระตุ้นแบบนี้โรเตอร์จะวางตัวในแนวระหว่างขั้น เรียกว่าการกระตุ้นแบบทูเฟส (Two phase on full step mode) การทำงานในโหมดนี้ จะให้แรงบิดสูงสุด

3.การกระตุ้นแบบครึ่งเฟส เป็นการรวมเอาการกระตุ้นทั้ง 2 แบบเข้าด้วยกัน การกระตุ้นแบบนี้มอเตอร์จะหมุนทีละครึ่งสเต็ป เรียกว่าการกระตุ้นแบบฮาฟ สเต็ป (Half step excitation) แต่การกระตุ้นแบบนี้จะได้แรงบิดน้อยที่สุด

- Unipolar permanent magnet motor จะเหมือนกับแบบไบโพลาร์แต่จะมีขดลวด 2 ขดต่อขั้ว แทนที่จะเป็น 1 ขดต่อขั้ว

วิธีการขับมอเตอร์แบบนี้จะเหมือนกับวิธีขับมอเตอร์แบบไบโพลาร์ยกเว้น Bridge driver จะใช้ simple unipolar stage four darlington หรือ Quad darlington array unipolar motor จะมีราคาสูงกว่าแบบไบโพลาร์เนื่องจากใช้ขดลวดมากเป็น 2 เท่า แต่จะให้แรงบิดมากกว่าเพราะใช้ขนาดขดเล็กกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

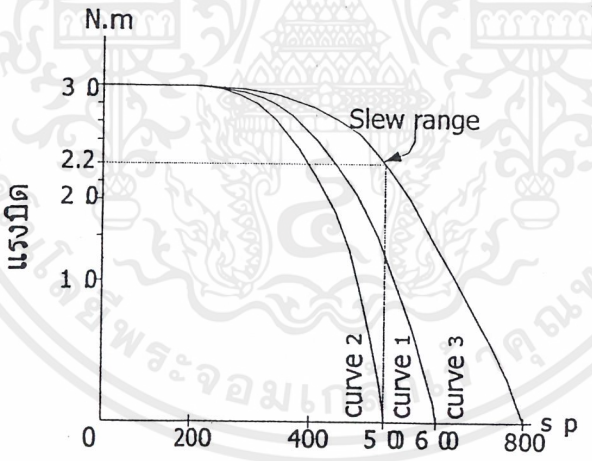
มอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรมักจะได้รับความเสียหายเนื่องจากแรงดันย้อนกลับ (Back emf) ที่มาจากโรเตอร์ซึ่งทำให้ต้องจำกัดความเร็ว ดังนั้น เมื่อใช้ที่ความเร็วสูงมากจึงต้องใช้มอเตอร์แบบ Variable reluctance แทน

2. Variable reluctance motor มอเตอร์ชนิดนี้จะมีโรเตอร์ที่ทำมาจากเหล็กอ่อนซึ่งมีจำนวนขั้วที่น้อยกว่า Stator

วิธีที่จะขับมอเตอร์ทำได้ในลักษณะคล้ายกันคือ

- แบบ Single phase step
- แบบ Two phase step
- แบบ half step

คุณลักษณะของสเต็ป มอเตอร์มักแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับอัตราของพัลซ์ (step per sec)ดังรูป ขณะที่อัตราของพัลซ์เพิ่มขึ้น แรงบิดจะลดลง ทั้งนี้เพราะเวลาที่โรเตอร์จะขับโหลดจากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง ในขณะที่กระแสที่ไหลในขดลวด Stator เปลี่ยนไปอยู่ขดอื่นนั้น มีเวลาในการขับน้อยลงไป ช่วงการเริ่มขับของรูปนี้ โหลดจะวิ่งตามพัลซ์ต่างๆ โดยไม่มีการหลุดออกจากสเต็ปนั้นๆ



อัตราพัลซ์

รูปที่ 2.25 คุณลักษณะของสเต็ป มอเตอร์ของแรงบิดกับอัตราพัลซ์

ช่วงแกว่ง (Slew range) คือช่วงที่ความเร็วโหลดสามารถก้าวตามอัตราพัลซ์ โดยไม่มีการหลุดออกไปจากพัลซ์ต่างๆ ที่ได้รับ แต่ไม่สามารถที่จะหยุด เริ่มต้น หรือกลับคำสั่งที่ได้รับได้ จุดที่มีแรงบิดสูงสุดก็คือ จุดที่มีแรงยึดสูงสุดขณะที่มอเตอร์ได้รับการกระตุ้น เมื่อมอเตอร์มีโหลดที่แน่นอน (Steady

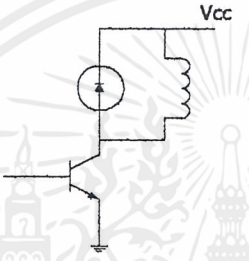
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

load) เมื่อมอเตอร์ได้รับโหลดน้อยๆ นั้น อัตราการแกว่งสูงสุดสามารถขึ้นได้สูงจนถึง 10 เท่าของอัตราการตอบสนองต่อตำแหน่งการเคลื่อนที่นั้น

2.10 ซัพเพรสเซอร์

ในวงจรขับเคลื่อนสเต็ปมอเตอร์ เมื่อทรานซิสเตอร์หยุดการนำกระแส จะทำให้เกิดแรงดันค่าสูงจำนวนหนึ่ง เนื่องจากผลของการเปลี่ยนแปลงของกระแสในอินดักแตนซ์ และแรงดันนี้จะเป็นอันตรายแก่ทรานซิสเตอร์ ซึ่งต้องทำซัพเพรสเซอร์ เพื่อป้องกันการเสียหายของทรานซิสเตอร์เนื่องจากแรงดันดังกล่าว โดยที่ซัพเพรสเซอร์สามารถแบ่งได้เป็น

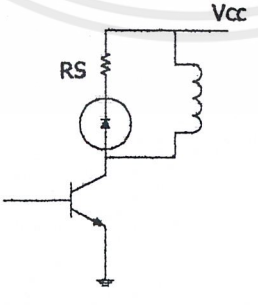
2.10.1 ไดโอดซัพเพรสเซอร์



รูปที่ 2.26 ไดโอดซัพเพรสเซอร์

กระแสหมุนเวียน จะเริ่มไหลหลังจากทรานซิสเตอร์หยุดนำกระแสและแรงดันที่คอลเลคเตอร์จะเท่ากับแรงดันที่แหล่งจ่าย ข้อเสียคือกระแสจะหมุนวนอยู่นานและจะทำให้เกิดแรงบิดห้ามขึ้น (Breaking Torqe) พลังงานส่วนใหญ่จะสูญเสียในความต้านทานของขดลวด ทำให้มีปัญหาเรื่องการทำความเย็น

2.10.2 ไดโอดและรีซิสเตอร์ซัพเพรสเซอร์



รูปที่ 2.27 ไดโอดและรีซิสเตอร์ซัพเพรสเซอร์

ถ้าค่า Rs ยิ่งมากกระแสหมุนเวียนก็จะลดลงเร็ว แต่แรงดันของคอลเลคเตอร์จะมีค่าสูงขึ้น และพลังงานส่วนใหญ่จะสูญเสียที่ Rs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
หลักการออกแบบและการสร้าง

ในขั้นตอนนี้ได้ทำการออกแบบโครงงาน โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักคือ

3.1 ส่วนของฮาร์ดแวร์ (Hard Ware)

3.2 ส่วนของโปรแกรมควบคุม (Soft Ware)

3.1 การออกแบบทางด้านฮาร์ดแวร์ สามารถแบ่งออกเป็นส่วนต่าง ๆ ดังนี้คือ

3.1.1 ส่วนประมวลผลและควบคุม (Processor and Control)

3.1.2 ส่วนของวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ (Step Motor Driving)

3.1.3 แหล่งจ่ายกำลังงาน (Power Supply)

3.1.4 ส่วนของฐานกล้องและกล้องวิดิโอ

3.1.5 ส่วนของชุดตรวจจับความเคลื่อนไหว (Position Detector)

3.1.1 ส่วนประมวลผลและควบคุม (Processor and Control)

ในการออกแบบส่วนประมวลผล ในโครงงานนี้เลือกใช้ไมโครคอนโทรนเลอร์เป็นตัวประมวลผลและควบคุมการทำงาน โดยใช้ไมโครคอนโทรนเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ AT89C51ซึ่งลักษณะของโครงงานนี้ไม่จำเป็นต้องใช้พอร์ตเอาท์พุตจำนวนมาก เพราะฉะนั้นจึงไม่จำเป็นต้องใช้ตัวขยายพอร์ตเอาท์พุต และในส่วนของโปรแกรมก็สามารถใช้หน่วยความจำภายในของ 8051 ได้อย่างเพียงพอ จึงไม่จำเป็นต้องต่อหน่วยความจำภายนอก วงจรในส่วนควบคุมและประมวลผล จะทำหน้าที่เพียงรับข้อมูลจาก Serial Port เพื่อควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์,ข้อมูลจากชุดตรวจจับความเคลื่อนไหวและสวิทช์ควบคุมตำแหน่ง ซึ่งมีรายละเอียดของวงจรดังนี้

- ใช้คอนโทรนเลอร์เบอร์ 8051
- ความถี่ของสัญญาณนาฬิกา 11.0592 MHz
- IC MAX 232
- P1 เป็นเอาท์พุตที่ใช้ขับ Step Motor
- P0 เป็นอินพุตที่รับข้อมูลจากชุดตรวจจับความเคลื่อนไหวและสวิทช์ตำแหน่ง

3.1.2 ส่วนของวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ (Step Motor Driving)

การออกแบบวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์จะต้องดูคุณสมบัติของ Step Motor ที่ใช้ในโครงงานนี้ก่อน ซึ่งจะใช้มอเตอร์ที่ใช้แรงดัน 5 โวลท์ โดยจะกินกระแสประมาณ 0.25 A ต่อเฟส ดังนั้นจึงเลือกใช้ทรานซิสเตอร์ในการขับแทนที่จะใช้ไอซี โดยการทำงานของวงจรคือเมื่อ 8051 ส่งสัญญาณกระตุ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

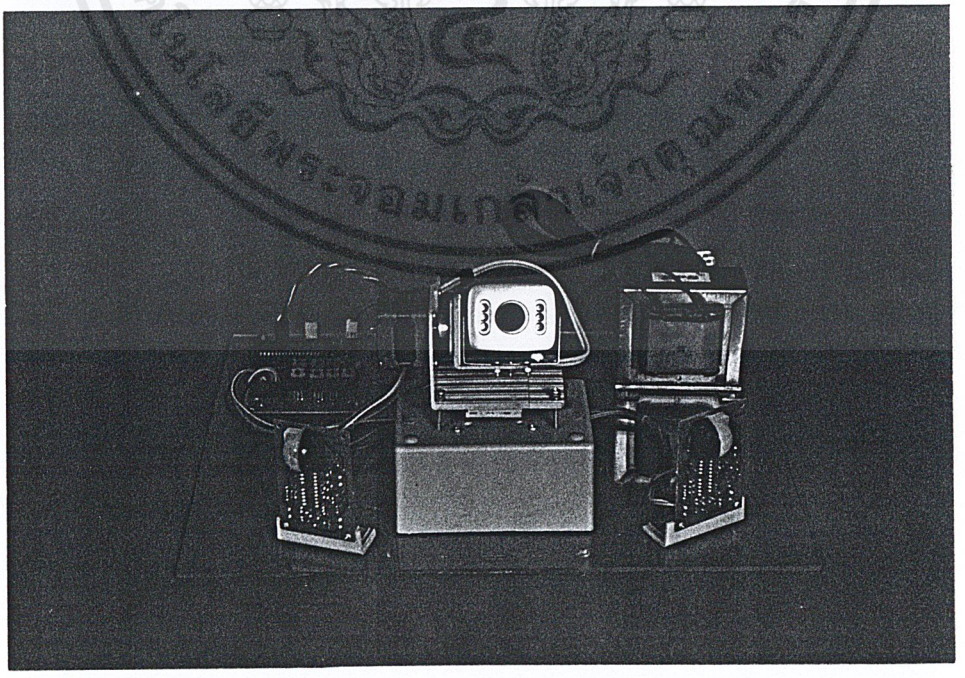
เฟสตามลำดับสัญญาณในสถานะ “1” จะเป็นสถานะที่ทำงานโดยจะใช้ไอซี Transiever เบอร์74LS245 เพื่อขับกระแสควบคุมสวิทซ์ของทรานซิสเตอร์ การจัดไบอัสของทรานซิสเตอร์จะจัดไบอัสให้ทำงานใน Saturation Mode เพื่อให้ทรานซิสเตอร์ทำงานเป็นสวิทซ์ ใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ H1061 ส่วนไดโอดซัพเพรสเซอร์ใช้เบอร์ 1N4001

3.1.3 แหล่งจ่ายกำลังงาน (Power Supply)

ในโครงงานนี้วงจรส่วนใหญ่จะจะใช้ระดับแรงดัน 5 โวลท์ในการทำงาน ทั้งในส่วนของตัวควบคุมและประมวลผล ขนาดของแหล่งจ่ายกำลังงานจะแบ่งเป็นในส่วนของ Step Motor สองตัว ซึ่งจะกินกระแสประมาณ 2 A และในส่วนของวงจรประมาณ 1 A เพราะฉะนั้นแหล่งจ่ายกำลังจะต้องจ่ายกระแสได้อย่างน้อย 3 A ในวงจรนี้เลือกใช้ IC REGURATION เบอร์ 7805CK ขนาด 3A
โดยตัวDevice เป็นแบบตัวถัง TO-5 ซึ่งจะต้องใช้แผ่นระบายความร้อนที่เหมาะสม เพราะในการทำงานจะเกิดความร้อนขึ้นมาก จากการที่ต้องจ่ายไฟให้กับ Step Motor ตลอดเวลา

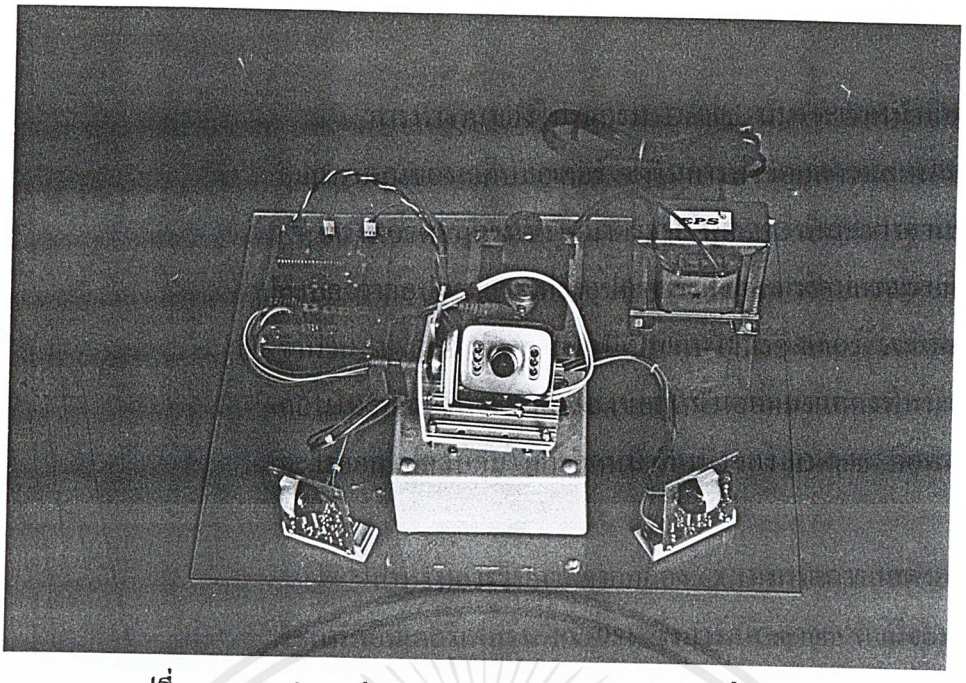
3.1.4 ฐานกล้องและกล้องวีดีโอ

การออกแบบฐานกล้องจะต้องออกแบบให้สามารถควบคุมการหมุนของกล้องโดย Step Motor 2 ตัว เพื่อควบคุมการหมุนซ้าย-ขวา และบน-ล่าง การเลือกวัสดุที่ใช้จะดูจากความเหมาะสมและความสะดวกในการสร้างเพราะฉะนั้นจึงเลือกใช้แผ่นพลาสติกหนาประมาณ 3 มม.เพื่อให้ง่ายต่อการสร้าง มีน้ำหนักเบาและสามารถรับน้ำหนักได้ดี ในการประกอบจะใช้น๊อตและสกรูในการจับยึดเป็นส่วนใหญ่เพื่อความสะดวกในการแก้ไขปรับปรุง นอกจากนี้ฐานกล้องจะต้องมีพื้นที่ที่เพียงพอสำหรับสวิทช์เพื่อควบคุมตำแหน่งของกล้องวีดีโอ ฐานกล้องที่สมบูรณ์ดังแสดงในรูป 3.1



รูปที่ 3.1 ฐานกล้องที่เสร็จสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงตำแหน่งการวางฐานกล้องเข้ากับระบบที่สมบูรณ์

ส่วนกล้องวีดีโอที่ใช้เป็นกล้อง CCD ซึ่งเป็นกล้องโทรทัศน์แบบ ขาว – ดำ ที่มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบามีคุณสมบัติดังต่อไปนี้คือ

- ทำงานได้ด้วยระดับแรงดันตั้งแต่ 11 – 13 โวลท์ ดีซี
- เป็นกล้องโทรทัศน์แบบ ขาว – ดำ
- มีความละเอียดของสัญญาณภาพสูงโดยมีเส้นสแกนแบบเดียวกับโทรทัศน์คือเส้นสแกนทางแนวนอน 380 เส้น และเส้นสแกนทางแนวตั้ง 450 เส้น
- ความถี่ในการสแกนอยู่ในมาตรฐานเดียวกับของโทรทัศน์และมาตรฐานของ CCIR คือ ความถี่สแกนแนวนอน 15.625 KHz และความถี่สแกนแนวตั้ง 50 Hz
- เลนส์ของกล้องเป็นแบบเลนส์กว้างโดยมีมุมกว้างของเลนส์ดังนี้

  แนวตั้ง 55 องศา

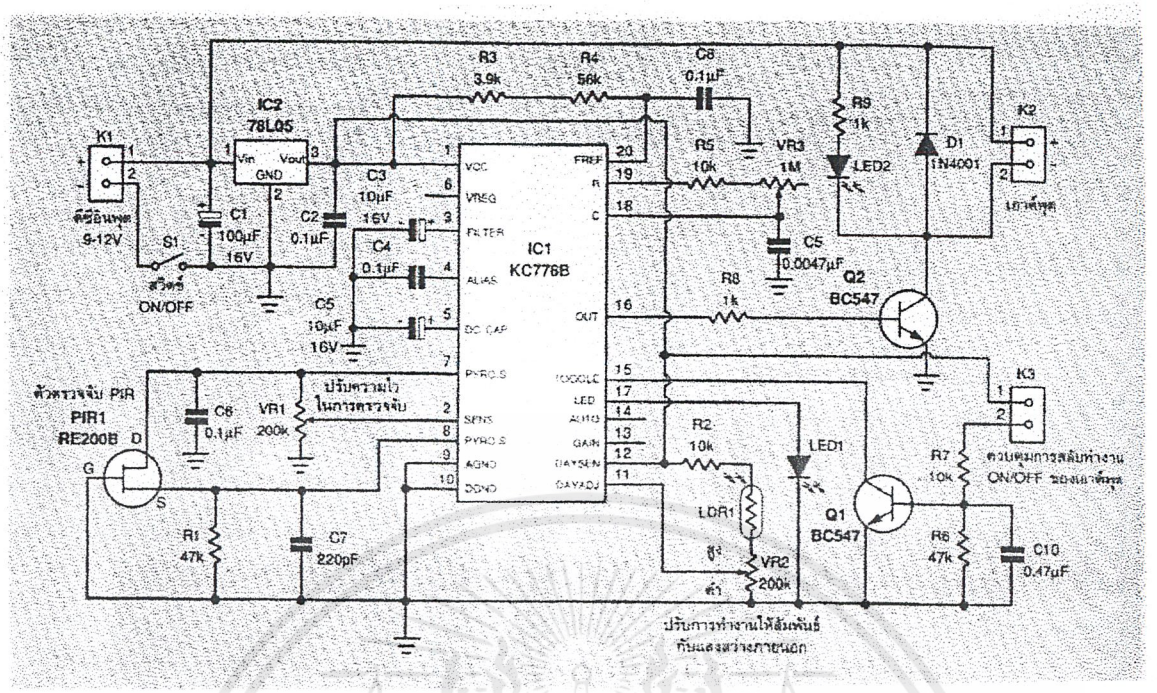
  แนวนอน 74 องศา

  มุมตรง 92 องศา
- ย่านอุณหภูมิพอเหมาะในการทำงาน +50 ถึง -10 องศาเซลเซียส ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 95 เปอร์เซ็นต์
- เป็นกล้องอินฟาเรดสามารถมองเห็นได้ในเวลากลางคืน

3.1.5 ส่วนของชุดตรวจจับความเคลื่อนไหว

วงจรสมบูรณ์ของชุดตรวจจับความเคลื่อนไหว แสดงในรูปที่ จากวงจรจะมี 2 ส่วนที่สำคัญคือ ส่วนของตัวตรวจจับ (PIR) และส่วนของวงจรขยายซึ่งจะใช้ไอซี MPCC เพื่อช่วยลดความยุ่งยากของวงจรและเพิ่มความสามารถในการตรวจจับของ PIR ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 วงจรสมบูรณ์ของชุดตรจจับความเคลื่อนไหว

การทำงานของวงจรเริ่มจากไอซี MPCC เบอร์ KC788B จะรับสัญญาณที่ตรวจจับได้จาก PIR ซึ่งเป็นเบอร์ RE200B เข้ามาที่ขา 7 และ 8 โดยมี VR1 เป็นตัวปรับความไวในการตรวจจับ เมื่อ PIR ตรวจจับความเคลื่อนไหวได้ LED1 จะติดกระพริบตามจังหวะที่เกิดการเคลื่อนไหวของคนหรือสัตว์ สัญญาณเอาท์พุตจะออกมาที่ขา 16 การเลือกให้วงจรทำงานในที่มืดหรือสว่างสามารถกำหนดได้โดยต่อตัวต้านทานแปรค่าตามแสงหรือ LDR1 เข้าที่ขา 12 และสามารถปรับได้ที่ VR2 ส่วน VR3 ใช้ในการปรับการหน่วงเวลาก่อนเริ่มทำงานเพื่อให้มีเวลาเพียงพอในการออกจากพื้นที่ที่ทำการตรวจจับ สามารถตั้งเวลาในการหน่วงได้ตั้งแต่ 3 – 30 วินาที

ในการใช้งานจะใช้สัญญาณที่มาขับ LED1 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ขา 16 เพื่อไม่ให้สัญญาณเกิดการหน่วงและเพื่อความเร็วที่ใช้ในการตรวจจับตำแหน่ง โดยสัญญาณที่ใช้ในการขับ LED1 นั้นจะติดตามจังหวะที่เกิดการเคลื่อนไหวซึ่งจะใช้สัญญาณส่วนนี้ป้อนให้แก่ไอซี ออปโตคัปเปลอร์เบอร์ 4N25 โดยป้อนเอาท์พุตซึ่งจะเป็น Active Low ให้แก่ P0 เพื่อใช้ในการประมวลผลต่อไป

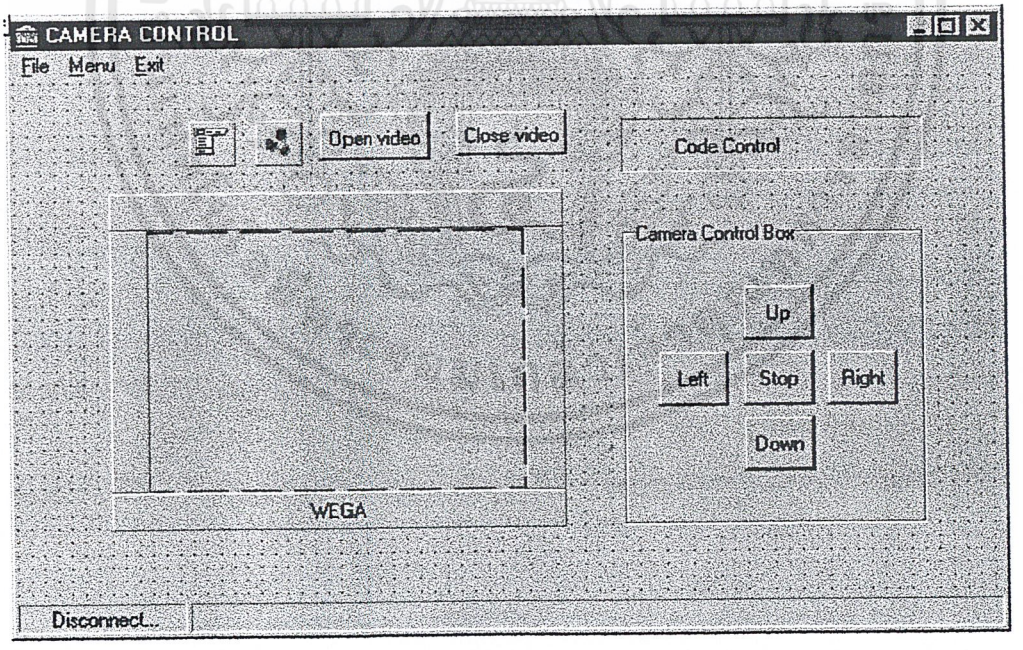
3.2 ส่วนของโปรแกรมควบคุม (Soft ware)

สำหรับโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงานของ Step Motor นั้นจะใช้โปรแกรมควบคุมร่วมกันอยู่ 2 โปรแกรมคือ Delphi และโปรแกรม แอสเซมบลี้ ซึ่งจะสามารถอธิบายได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของโปรแกรม Delphi นั้น จะทำหน้าที่หลักคือการส่งสัญญาณควบคุมออกไปควบคุมการหมุนของสเต็ปมอเตอร์ ซึ่งในการส่งข้อมูลควบคุมนั้น Delphi จะติดต่อกับ คอนโทรลเลอร์โดยผ่านทางพอร์ตอนุกรมซึ่งใช้มาตรฐาน RS 232 เป็นมาตรฐานในการส่งข้อมูลซึ่งข้อมูลจะถูกส่งออกมาทีละบิต จากอุปกรณ์ส่งไปยังอุปกรณ์รับ และทางอุปกรณ์รับก็จะรับข้อมูลออกมาที่ละบิตเช่นกันจนครบจำนวน 1 Byte ซึ่งจะนำค่านี้เป็นเก็บไว้ที่รีจีสเตอร์ A เพื่อนำไปเปรียบเทียบและหมุนมอเตอร์ และคอนโทรลเลอร์ก็จะทำการส่งข้อมูลนั้นออกมาแสดงที่หน้าจอเพื่อเป็นการทำให้ทราบว่าเราส่งข้อมูลอะไรออกไปควบคุม และอีกหน้าที่หนึ่งของ Delphi คือทำหน้าที่แสดงภาพที่รับสัญญาณมาจากกล้อง CCD

สำหรับการรับภาพจากกล้อง CCD มาทำการแสดงภาพที่หน้าจอนั้นในส่วนของ HardWare ได้ใช้การ์ดอินเตอร์เฟสรุ่น PV-951 ซึ่งการ์ด Capture ตัวนี้จะทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนาล็อกที่รับมาจากกล้อง CCD ให้เป็นสัญญาณดิจิตอลเพื่อที่ Delphi จะสามารถนำสัญญาณนี้ออกไปแสดงเป็นภาพที่มอนิเตอร์โดยผ่านทาง Capture Component ที่มีชื่อว่า enhavicap ซึ่งเป็น Capture Component ที่สนับสนุนการทำงานด้วย Delphi 4 โดย Component ตัวนี้ใน Standard Component จะไม่มี Component ตัวนี้ทำให้ต้องไปทำการ Download มาใช้ซึ่งก็สามารถใช้ได้ดี การวาง Component ของโปรแกรมดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แสดงตำแหน่งการวางของ Component ต่างๆ

จากรูปComponent ที่สำคัญอีกตัวหนึ่งก็คือ RS 232 Component ซึ่งใช้ในการรับส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ตอนุกรม RS 232 และ Component ก็ได้ทำการ Download มาใช้เช่นกัน ส่วน

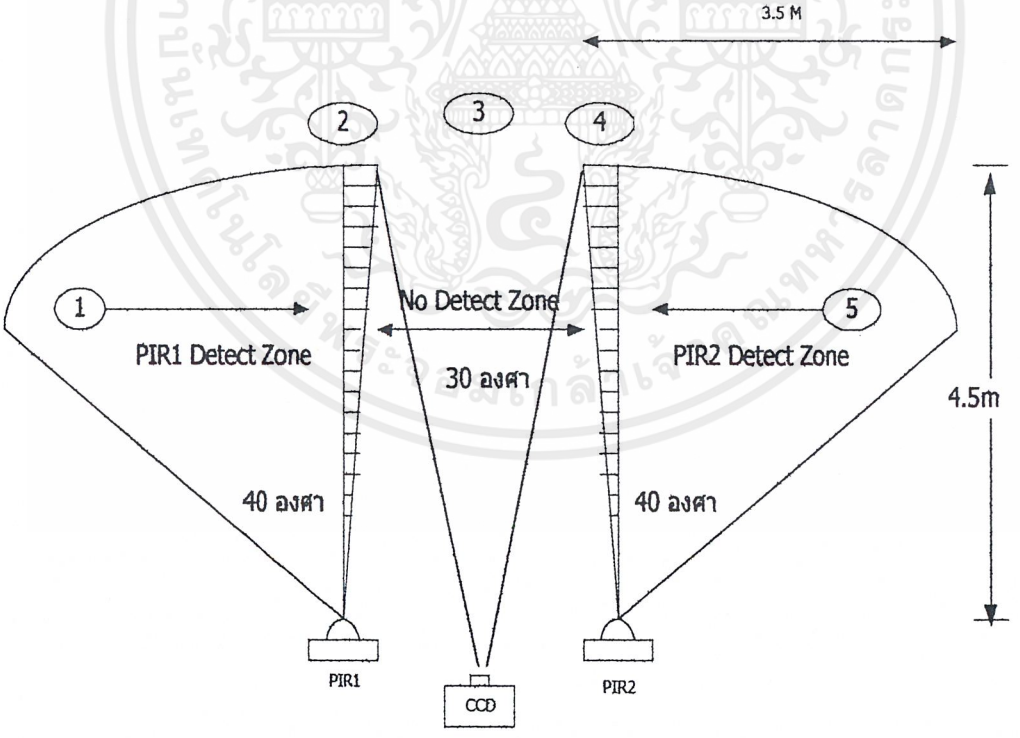
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Component ที่เหลือซึ่งได้แก่ Bottom Component , Label Component ,Menu Component และ Component อื่นๆ ที่แสดงในรูป จะเป็น Component ที่มีอยู่ในสแตนดาร์ต ของ Delphi อยู่แล้วดังนั้นเราจึงสามารถนำออกมาใช้งานได้เลย

สำหรับในส่วนของการทำงานของคอนโทรลเลอร์แสดงใน Flow Chart ซึ่งการทำงานจะเริ่มจากกำหนดค่าเริ่มต้นของพารามิเตอร์ต่างๆ ที่จำเป็นในการกำหนดรูปแบบการทำงานของคอนโทรลเลอร์ โดยกำหนดให้พอร์ต P1 เป็นพอร์ตที่ใช้ควบคุมการหมุนของสเต็ปมอเตอร์และพอร์ต P0 เป็นพอร์ตที่รับอินพุตมาจากอินฟราเลดเซ็นเซอร์เพื่อมาทำการประมวลผล เลือกใช้งาน Timer 1 ในการรับส่งข้อมูลแบบโหมด 2 กำหนดค่าอัตรารับส่งข้อมูล (Baud Rate) เท่ากับ 9600 บิต/วินาที ให้กับคอนโทรลเลอร์ เมื่อคอนโทรลเลอร์ได้รับข้อมูลควบคุมการหมุนจาก Delphi จะเก็บค่าไว้ในรีจีสเตอร์ A แล้วทำการเปรียบเทียบว่าให้ทำโปรแกรม Auto หรือ manual

ถ้าเป็น Manual ก็จะทำการหมุนมอเตอร์ตามที่เราควบคุมจากหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยจะทำการเปรียบเทียบถ้า Code เท่ากับ 41H จะหมุนขวา 42H จะหมุนซ้าย 43H จะหมุนขึ้นบน 44H จะหมุนลงล่าง และ 45H จะหยุด จากนั้นก็จะทำการวนขึ้นไปรับค่าอีกครั้ง

แต่ถ้าเป็น Auto มอเตอร์หมุนตามคนที่เดินเข้ามาในบริเวณที่ทำการเซ็นเซอร์อยู่ ซึ่งแสดงโซนต่างๆที่กำหนดไว้สำหรับการหมุนของกล้อง

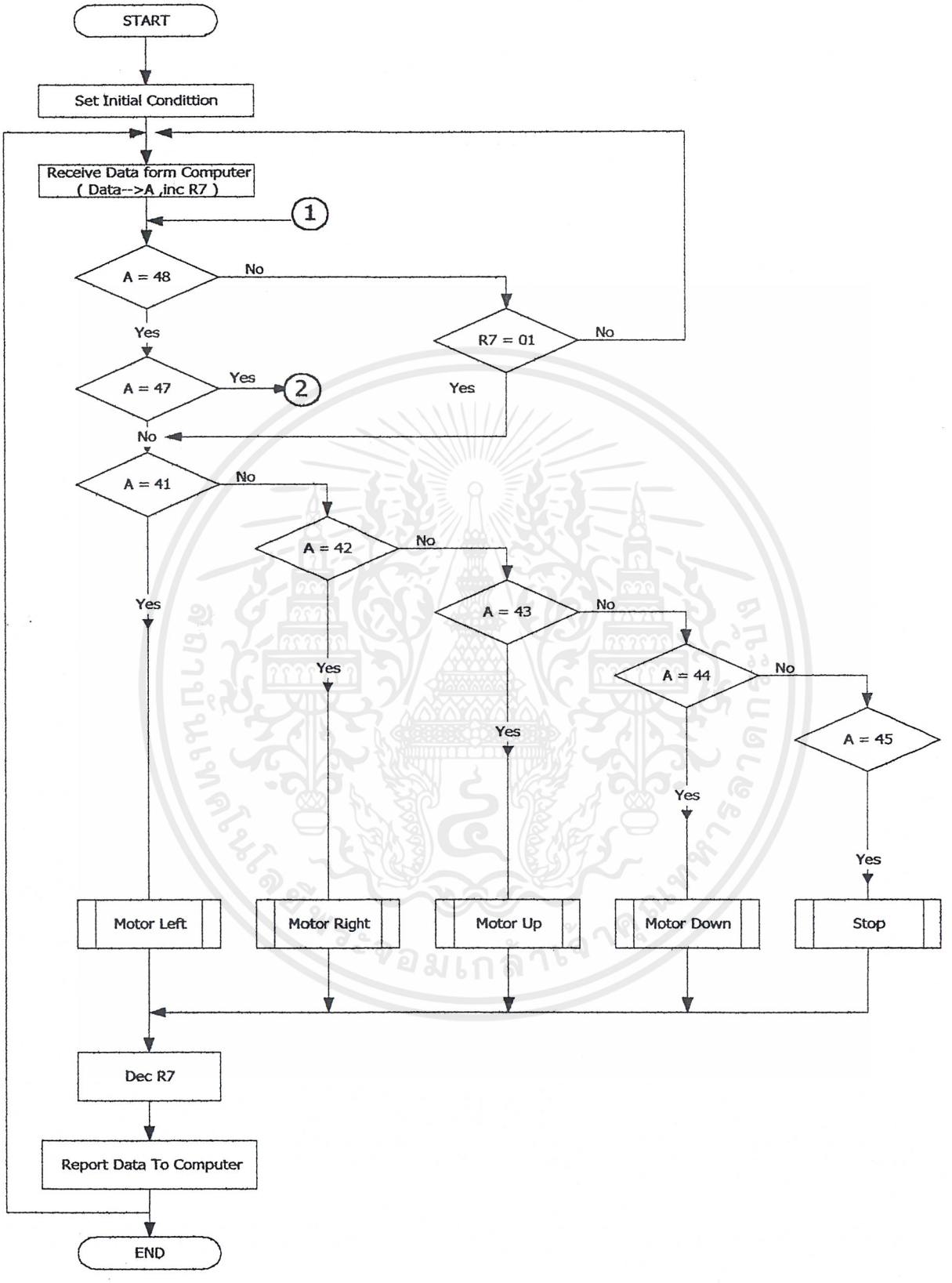


รูปที่ 3.5 แสดง Zone ของเซนเซอร์สำหรับโปรแกรมตรวจสอบการหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

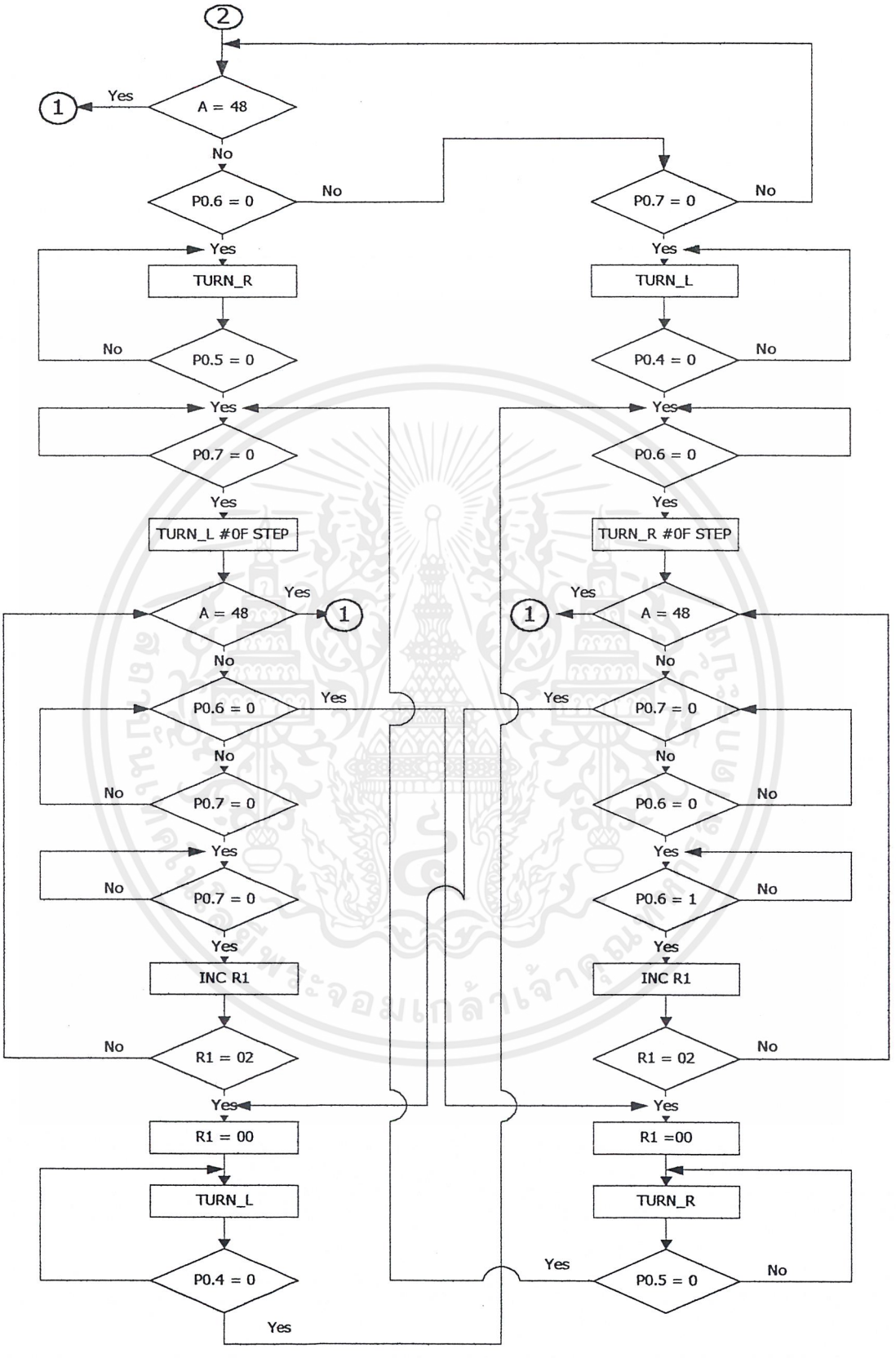
จากรูป 3.5 ใช้อินฟราเลดเซ็นเซอร์ 2 ตัว แต่ละตัวจะต่อเป็นอินพุตให้กับคอนโทรลเลอร์ที่พอร์ต P0.6, P0.7 ในการเขียนโปรแกรมจะใช้โซนทั้ง 5 โซนเป็นตัวทดสอบว่ามีสิ่งมีชีวิตอยู่ที่ตำแหน่งของโซนใดก็จะนำค่าตำแหน่งนั้นไปประมวลผลเพื่อขับมอเตอร์ให้ไปยังตำแหน่งนั้น ซึ่งการทำงานของโปรแกรมในส่วนนี้แสดงดัง Flow Chart ในรูปที่ 3.3 และ 3.7 เริ่มจากคอนโทรลเลอร์จะทำการเช็คบิต P0.7 , P0.6 ตลอดเวลา ถ้าเซ็นเซอร์ตัวใด Detect คนได้ก็จะให้สัญญาณเอาต์พุต Low ออกไปยังพอร์ต P0.7, P0.6 ถ้าพอร์ตตัวใดเป็น Low กล้องก็จะหมุนไปยังฝั่งที่เซ็นเซอร์ที่ Detect ได้ และมอเตอร์จะหยุดหมุนเมื่อพอร์ต P0.4 หรือ P0.5 ตัวใดตัวหนึ่งไม่เป็น High ซึ่งก็คือเมื่อ SW1 หรือ SW2 Switch ไปต่ออยู่กับกราวด์นั่นเอง และก็จะกลับไปทำการตรวจสอบว่ามีสัญญาณที่ต้องการให้ทำงานในโหมด Manual หรือไม่ ถ้ามีก็จะกลับไปทำงานในโหมด Manual แต่ถ้าไม่มีก็จะวนกลับไปตรวจสอบบิต P0.6 และ P0.7 อีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 Flow Chart การทำงานหลักของการขับสเต็ปมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงการทำงานของโปรแกรมย่อย TEST

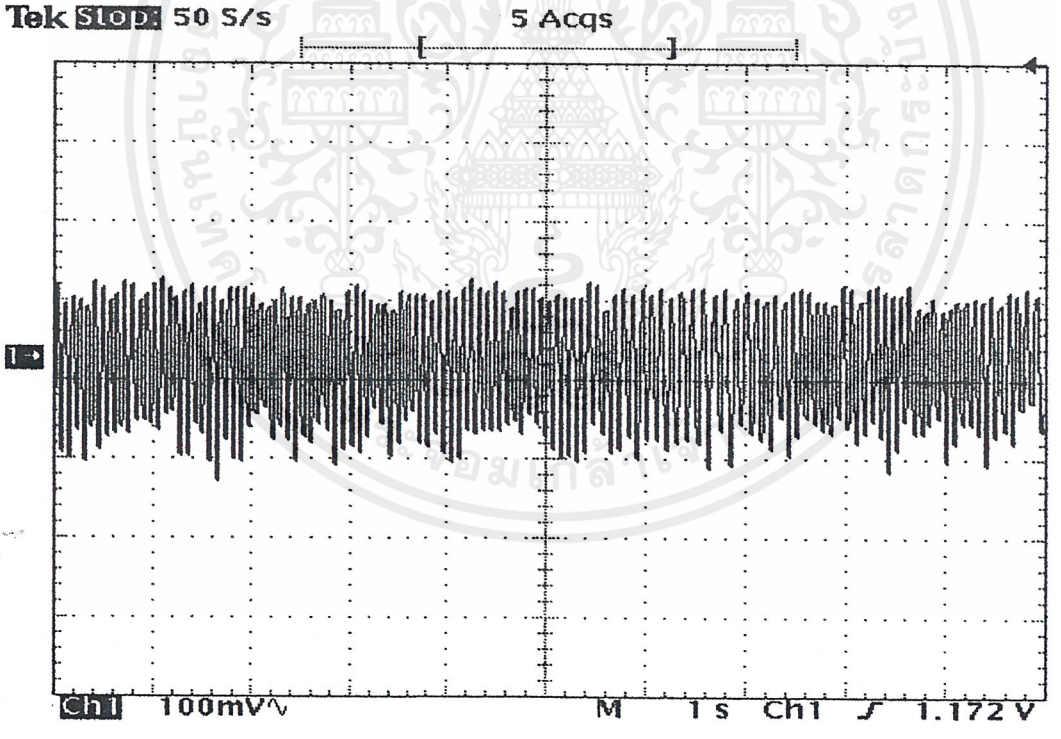
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลอง

การทดลองในโครงงานนี้ จะแบ่งเป็นการทดลองคุณสมบัติของอุปกรณ์ทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ที่ใช้ในการควบคุมมีรายละเอียดดังนี้คือ

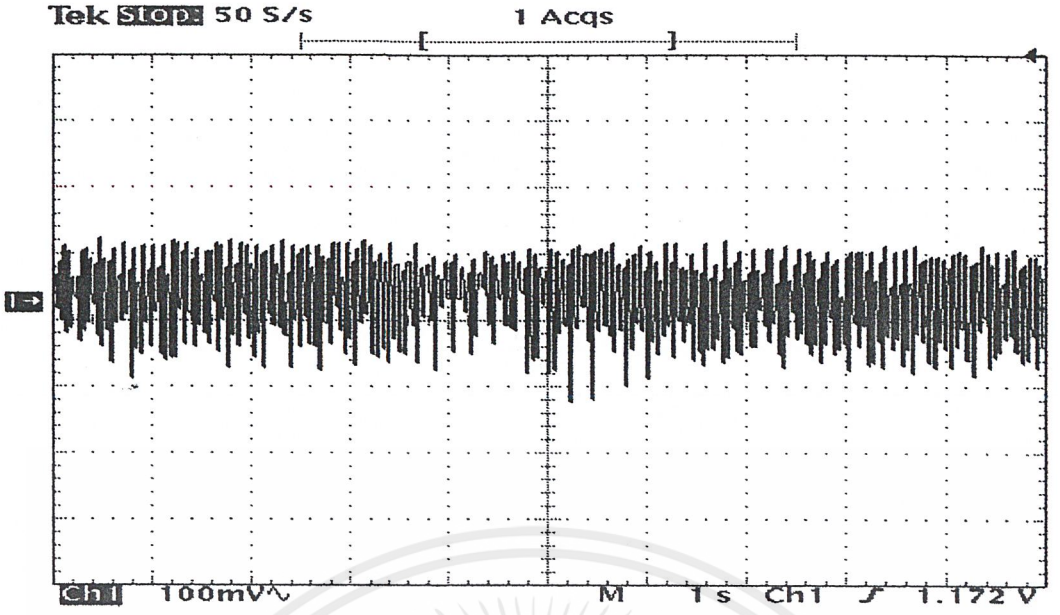
4.1 การทดสอบคุณสมบัติของชุดตรวจจับความเคลื่อนไหว

การทดสอบคุณสมบัติของชุดตรวจจับความเคลื่อนไหวจะทำการวัดสัญญาณที่ตัว PIR ตรวจจับได้ซึ่งเป็นสัญญาณที่มีความถี่ต่ำ และ มีความยาวคลื่นประมาณ 1-15 ไมโครเมตร สัญญาณที่วัดได้จะมี 2 ลักษณะคือ ในขณะที่ยังไม่มีเป้าหมายและในขณะที่มีเป้าหมายเข้ามาในพื้นที่ตรวจจับซึ่งจะเกิดการแทรกสอดของแสงขึ้นที่ PIR ซึ่งจะเปลี่ยนไปเป็นสัญญาณไฟฟ้าตามการเคลื่อนไหวนั้น สัญญาณในขณะที่ยังไม่มีการแทรกสอดแสดงในรูปที่ 4.1 และในขณะที่มีการแทรกสอดแสดงในรูปที่ 4.2



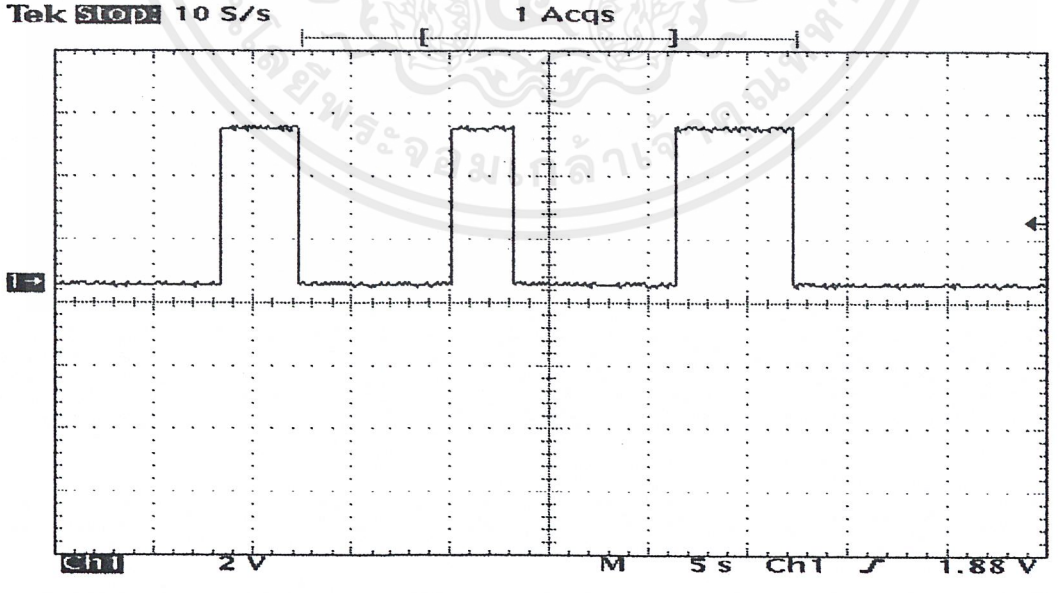
รูปที่ 4.1 สัญญาณที่ PIR สามารถตรวจจับได้ในขณะที่ยังไม่มีการแทรกสอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



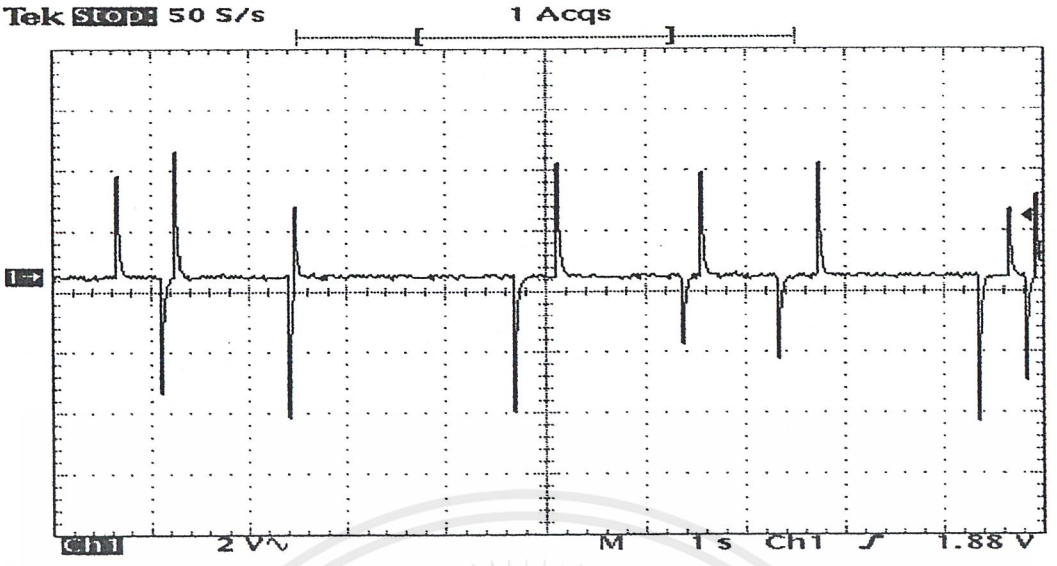
รูปที่ 4.2 สัญญาณในขณะที่มีการแทรกสอด

สัญญาณเอาท์พุตที่ได้จาก PIR จะถูกนำมาป้อนให้แก่ไอซี MPCC เพื่อทำการขยายสัญญาณให้สามารถนำมาใช้งานได้ เอาท์พุตของไอซี MPCC จะอยู่ที่ขา 16 ซึ่งจะนำไปขับทรานซิสเตอร์เพื่อนำไปขับอุปกรณ์อื่นต่อไป สัญญาณที่วัดได้จะอยู่ในรูปพัลส์แสดงในรูปที่ 4.2แต่สัญญาณที่เรานำมาใช้งานจริงนั้นจะออกที่ขา 17 ซึ่งใช้ในการขับ LED เพื่อการแสดงผลซึ่งจะไม่มีการหน่วงเวลา สัญญาณที่วัดได้แสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณเอาท์พุตที่ได้จากไอซี MPCC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณตรวจจับที่นำไปใช้งานจริง

ส่วนในการประยุกต์ใช้งานจริงนั้นเราจะให้ความสำคัญกับพื้นที่ที่สามารถทำการตรวจจับได้ ซึ่งจะทำให้เราสามารถออกแบบโปรแกรมเพื่อควบคุมการติดตามเป้าหมายโดยอัตโนมัติ พื้นที่ที่สามารถตรวจจับความเคลื่อนไหวได้นั้นจะขึ้นอยู่กับลักษณะของเฟรสเนลเลนส์ ซึ่งจะเห็นว่ามีลักษณะเป็นรูปครึ่งวงกลม ดังนั้นพื้นที่จะแผ่ออกไปในลักษณะครึ่งวงกลมด้วย ชุดตรวจจับความเคลื่อนไหวมีระยะในการตรวจจับดังนี้คือ

- มุมในการรับแสง จะมีมุมในการรับแสงประมาณ 150 องศาซึ่งเป็นมุมที่มีความแน่นอนในการรับ

-ระยะในการตรวจจับที่แน่นอนประมาณ 3-5 เมตร ขึ้นอยู่กับการปรับแต่ง PIR Sensitivity , Daylight Sensitivity และมุมที่แสงตกกระทบ PIR

4.2 การทดสอบการติดตามเป้าหมายของกล้องวีดีโอ

การหมุนของกล้องวีดีโอจะมีการทำงาน 2 ลักษณะคือAuto Mode และ Manual Mode ซึ่ง Manual Mode นั้นเราสามารถควบคุมได้จากหน้าจอคอมพิวเตอร์ ส่วน Auto Mode นั้นจะใช้สัญญาณที่ได้จากชุดตรวจจับความเคลื่อนไหวมาทำการประมวลผลเพื่อทำการติดตามเป้าหมายโดยอัตโนมัติ ในการทดสอบประสิทธิภาพของระบบนั้นวัดได้จากพื้นที่และระยะที่สามารถตรวจจับและติดตามเป้าหมายเป็นหลัก

ต้องทำการติดตั้งสวิทช์เพื่อควบคุมการหมุนป้องกันไม่ให้กล้องหมุนไปในมุมที่ไม่ต้องการหรือหมุนกลับหลังเพราะฉะนั้นจึงเป็นการบังคับมุมในการหมุนไปในตัว ส่วบระยะทางนั้นนอกจากจะขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่กับชุดตรวจจับความเคลื่อนไหวแล้วยังต้องขึ้นอยู่กับระยะโฟกัสของกล้องด้วยว่าจะให้ระยะโฟกัสที่แสดงผลที่หน้าจอแล้วยังมีความคมชัดอยู่ ผลการทดสอบประสิทธิภาพแสดงในตารางที่ 4.1

การวัด	มุมตรวจจับ	ระยะในแนวตรง	ระยะด้านขวาสุด	ระยะด้านซ้ายสุด
จากการออกแบบ	120 องศา	5 เมตร	3.5 เมตร	3.5 เมตร
จากการสร้าง	110 องศา	4.5 เมตร	3 เมตร	3 เมตร
ความผิดพลาด	16.6 %	10%	14.3%	14.3%

ตารางที่ 4.1 แสดงคุณสมบัติที่ได้ของระบบติดตามเป้าหมาย

จากตารางที่ 4.1 ขนาดของมุมตรวจจับคือมุมรวมที่สามารถตรวจจับเป้าหมายได้เมื่อเป้าหมายเดินเข้ามาในระยะ จากซ้ายไปขวาหรือขวาไปซ้าย ส่วนระยะในแนวต่างๆนั้นวัดในระยะสูงสุดที่ภาพที่แสดงผลที่หน้าจอยังมีความคมชัดและระบบสามารถติดตามเป้าหมายได้โดยอัตโนมัติ

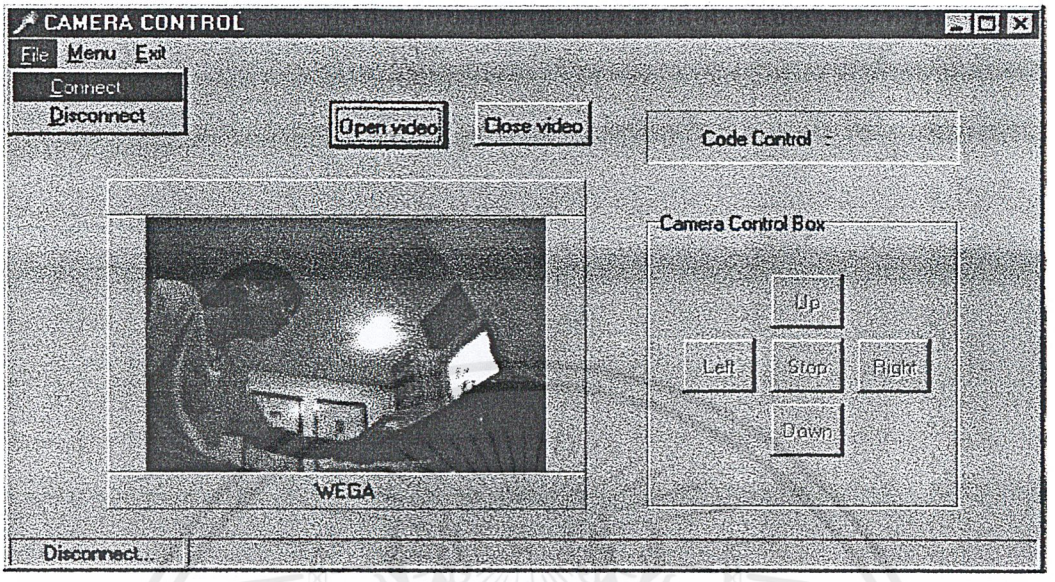
4.3 การทดสอบโปรแกรมควบคุมการทำงานและแสดงภาพ

ในส่วนของโปรแกรมควบคุมจะเริ่มจากรอรับ Code ที่ส่งมาจากโปรแกรม Delphi ซึ่งคอนโทรลเลอร์จะรับค่าที่เป็นรหัสแอสกีมาซึ่งมีขนาด 1 Byte แล้วทำการเปรียบเทียบว่าเป็นโค้ดสำหรับหนุนฐานกล้องไปในทิศไหนแล้วก็จะเข้าไปทำโปรแกรมย่อยในการหมุนในทิศนั้น ๆ แล้วคอนโทรลเลอร์ก็จะทำการส่งค่าโค้ดคำสั่งออกไปแสดงที่หน้าจอที่เป็นโปรแกรม Delphi ที่เราได้ทำการเขียนไว้ แล้วคอนโทรลเลอร์ก็จะทำการรอรับค่ารหัสคำสั่งเพื่อทำการหมุนตามคำสั่งถัดไป

ในส่วนของโปรแกรม Delphi จะเขียนเพื่อเป็นเมนูในการเลือกการหมุนกล้องในทิศต่าง ๆ โดยจะทำการติดต่อกับคอนโทรลเลอร์ผ่านทาง Comport1ของ Component RS 232 ซึ่งในการส่งรหัสนั้น Delphi จะทำการส่งข้อมูลในลักษณะตัวอักษรออกไปและจะถูกแปลงเป็นรหัสแอสกีโดยคอมไฟล์เลอร์ของ Delphi อีกที ก่อนที่จะส่งให้คอนโทรลเลอร์ จากการทดลองใช้งานร่วมกับส่วนของโปรแกรมควบคุมสามรถใช้งานได้ตามโปรแกรมที่เขียนไว้

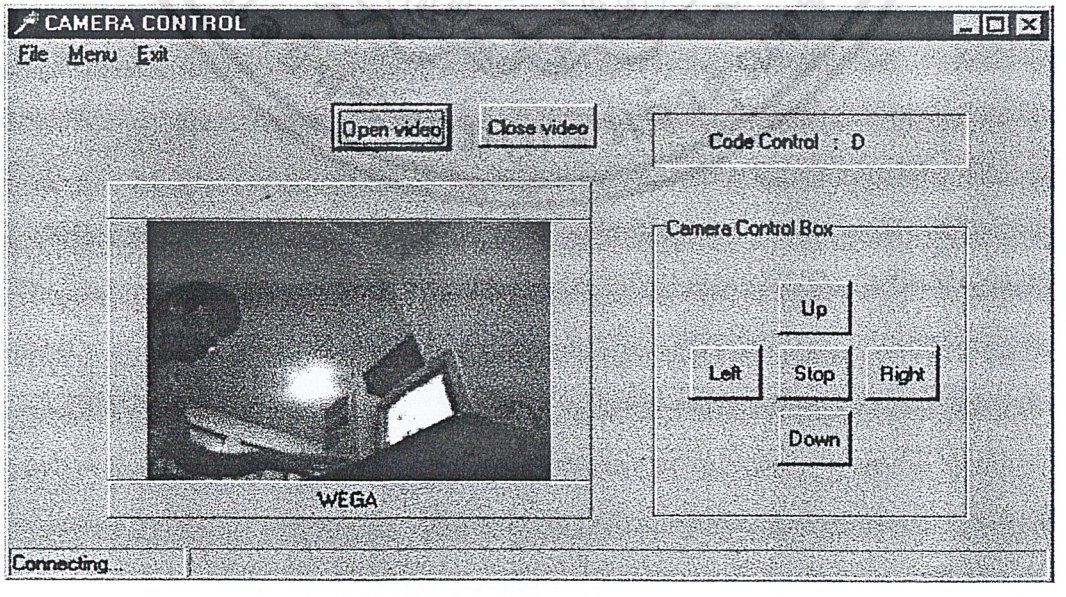
การทำงานของโปรแกรมนั้นเริ่มจากเปิดไฟล์ Camera Control ขึ้นมาแล้วทำการ Run Program ในตอนต้นที่ไม่ได้คลิกเลือกให้มีการ Connect จะทำให้ไม่สามารถทำการใช้งานปุ่มควบคุมการหมุนได้ เนื่องจากโปรแกรมได้ทำการเซตในส่วน Enable Project ของปุ่ม Bottom (ปุ่มควบคุมการหมุน) ให้เท่ากับ False และที่ Comport ที่ใช้ติดต่อกับคอนโทรลเลอร์ (Comport1) ให้ท่ากับ Close สำหรับส่วนของการแสดงภาพเราสามารถควบคุมได้โดยการคลิกที่ปุ่ม Video Open หรือปุ่ม Video Close ถ้าไม่ต้องการแสดงภาพ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงเมนูที่ใช้ควบคุมกล้องในขณะ Disconnect

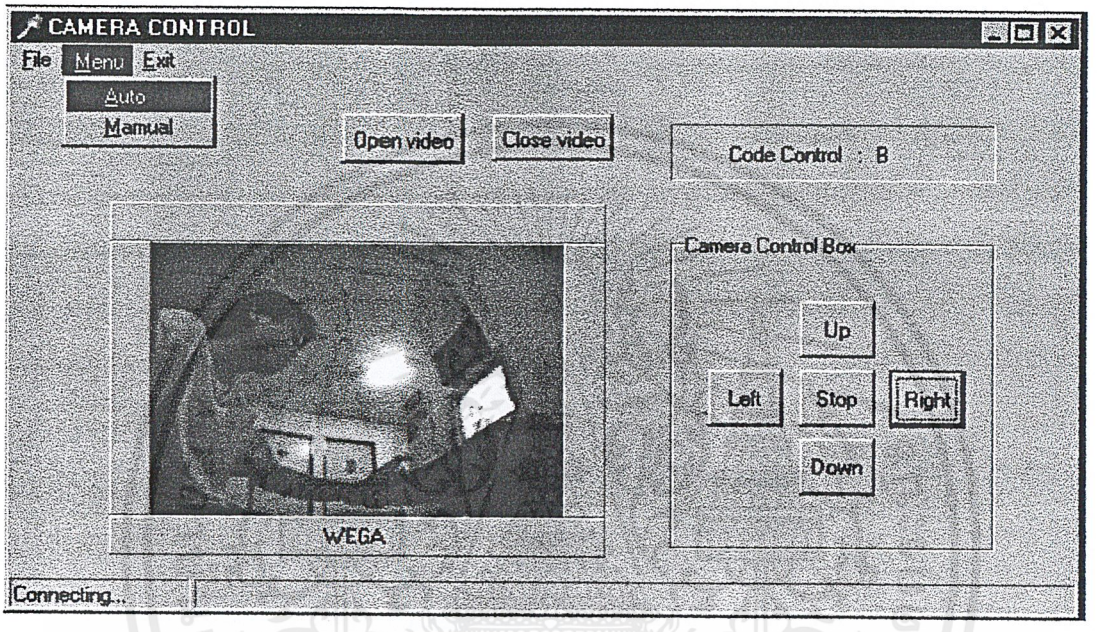
การทำงานใน Stepต่อมา เมื่อทำการ Connect โปรแกรมจะทำการเซต Comport1 ให้เท่ากับ Open และเซตให้ Enabled Properties ของ Bottom ทุกปุ่ม (เฉพาะปุ่มคอนโทรลกล้อง) เท่ากับ True แล้วจะทำให้สามารถใช้ปุ่มเหล่านี้คอนโทรลกล้องให้หมุนในทิศทางต่างๆได้ ส่วนการรับภาพยังคงควบคุมเหมือนเดิม



รูปที่ 4.6 แสดงเมนูควบคุมกล้องในขณะ Connect

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นจะเลือกควบคุมทิศทางกล้องว่าจะเป็นการควบคุมแบบ Auto หรือ Manual ได้โดยการเลือกคลิกที่ เมนู Auto หรือManual ถ้าคลิก Manual จะสามารถควบคุมกล้องได้โดยคลิกปุ่มควบคุมตามทิศทางที่ต้องการ แต่ถ้าคลิกเลือก Auto การหมุนของกล้องจะถูกควบคุมโดยค่าที่รับเข้ามาจากอินฟราเรดเซนเซอร์ ซึ่งติดตั้งไว้เป็นโซนต่างๆ เมื่อมีคนเดินเข้าไปในโซนที่ทำการDetect ไว้จะทำให้กล้องมีทิศทางการหมุนไปตามทิศทางที่คนเดินไป เมนูของโปรแกรมที่เลือกโหมดดังแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แสดงเมนูควบคุมกล้องขณะที่อยู่ในโหมด Auto

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองการทำงานของโครงงานนี้ซึ่งแบ่งเป็นการทดลองการทำงานของชุดตรวจจับความเคลื่อนไหว,ส่วนประมวลผลและควบคุมและส่วนโปรแกรมควบคุมการทำงาน

จากการทดลองชุดตรวจจับความเคลื่อนไหวพบว่ามีประสิทธิภาพในการตรวจจับที่ดีพอสมควรทั้งมุมในการตรวจจับซึ่งกว้างมากเกือบๆจะถึง 180 องศา,ระยะในการตรวจจับซึ่งให้ระยะสูงสุดที่สามารถตรวจจับได้ประมาณ 5-8 เมตรขึ้นอยู่กับการปรับแต่ง ซึ่งจะเห็นว่าชุดตรวจจับนี้มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าแบบเก่ามากเพราะมีการพัฒนาประสิทธิภาพทั้งในส่วนของ PIR และยังมีไอซีขยายสัญญาณ MPCC ซึ่งเกิดมาเพื่อขยายสัญญาณจาก PIR โดยเฉพาะและยังช่วยลดขนาดของวงจรขยายและการรบกวนของแสงภายนอกได้ดีขึ้นกว่าเดิมมาก ส่วนประมวลผลและควบคุมนั้นถึงแม้จะมีข้อจำกัดจากปัจจัยต่างๆ เช่น สวิทช์ควบคุมตำแหน่ง ระยะโฟกัสของกล้องวีดีโอและสัญญาณรบกวนจากภายนอกแต่ก็สามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ได้ดีพอสมควรแต่ก็มีข้อที่ต้องปรับปรุงแก้ไขข้อจำกัดต่างๆ เพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพดีขึ้นและสามารถนำไปใช้งานจริงได้ ส่วนของฐานกล้องก็จะต้องมีการปรับปรุงความแข็งแรงเพื่อที่จะได้ไม่เกิดการสั่นของภาพขณะที่กล้องหมุน ส่วนการแสดงผลจะใช้การต่อสัญญาณภาพกับCapture Card ซึ่งใช้ขนาดหน้าจอที่ไม่ใหญ่จนเกินไปเพื่อความสวยงามของภาพ

ปัญหาในการทำโครงงาน

ปัญหาสำคัญที่สุดก็คือเรื่องเงินทุนเพราะว่าอุปกรณ์ที่ใช้มีราคาที่ค่อนข้างสูงพอสมควร แต่ก็เป็นสิ่งที่ดีที่เราจะต้องพยายามคิด ดัดแปลงและเลือกใช้อุปกรณ์เท่าที่จะหาได้และราคาไม่แพงจนเกินไป มาใช้ในโครงงานให้บรรลุวัตถุประสงค์ตามที่ได้วางเอาไว้ ซึ่งข้อจำกัดในเรื่องนี้อาจจะทำให้ประสิทธิภาพของระบบอาจจะน้อยลงไปบ้าง เช่นความละเอียดในการตรวจจับตำแหน่งซึ่งในตอนแรกเราใช้ตัวตรวจจับติดตั้งแบบเคลื่อนไหวไปพร้อมกับกล้องวีดีโอ ซึ่งจะติดตามเป้าหมายให้อยู่ในระยะโฟกัสได้โดยตลอดและยังมีความเร็วที่เพียงพอ แต่ก็ประสบกับปัญหาที่ชุดตรวจจับเกิดการดีเท็คขึ้นเองจากการเคลื่อนที่ทำให้โปรแกรมที่วางเอาไว้เกิดการทำงานที่ผิดพลาด จึงได้เปลี่ยนแนวทางมาใช้การวางชุดตรวจจับอยู่กับที่เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว แต่ก็ทำให้ความละเอียดและความเร็วในการติดตามลดลงไปด้วย การแก้ไขก็คือการเพิ่มชุดตรวจจับเพื่อให้ได้ตำแหน่งที่ละเอียดขึ้นและยังช่วยให้การเขียนโปรแกรมควบคุมมีความสะดวกและง่ายขึ้นกว่าการใช้ชุดตรวจจับ 2 ตัวแต่ต้องทำการตรวจจับถึง 3 ตำแหน่ง ปัญหาอีกประการหนึ่งคือความแน่นอนของชุดเซ็นเซอร์ซึ่งไม่สามารถปรับให้มี Sensitivity หรือระยะตรวจจับที่เท่ากันได้ 100 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งยังไม่สามารถวัดตัว PIR และเอาท์พุตของชุดตรวจจับจะเห็นว่ามี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณรบกวน (Noise) ปะปนเข้ามาด้วยเพราะฉะนั้นในการใช้งานในแต่ละสถานที่อาจจะต้องมีการปรับแต่งที่แตกต่างกันเพื่อให้มีประสิทธิภาพและความแน่นอนในการทำงาน

แนวทางการแก้ไขปรับปรุง

แนวทางในการปรับปรุงแก้ไขนั้นน่าจะเป็นการปรับปรุงในด้านความละเอียด ความเร็ว และความแน่นอนในการติดตามเป้าหมาย ปรับปรุงการทำงานของระบบเมื่อมีเป้าหมายเข้ามาพร้อมกันหลาย ๆ จุดเพราะตอนนี้สามารถทำการติดตามได้เพียงเป้าหมายเดียว อย่างไรก็ตามโครงงานนี้ก็สามารถแก้ปัญหาที่เคยประสบมาเกี่ยวกับการรบกวนจากแสงภายนอกได้ดีพอสมควรแล้ว แต่คงยังไม่มีอะไรที่สมบูรณ์และดีที่สุด สิ่งที่น่าจะปรับปรุงให้ได้มากที่สุดคือปรับปรุงให้สามารถใช้งานได้จริง ๆ มีความสะดวก แข็งแรง และมีราคาที่ถูกลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ธีระวัฒน์ ประกอบผล.**JAZZ 3.11**.กรุงเทพฯ:บริษัท ศิลารีเสิร์ช จำกัด,2539.

ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล.**โครงงาน HOBBY ELECTRONICS5**.กรุงเทพฯ:บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด,2539.

ปิยะ อำนวยพร.**เรียนลัดจาก Borland Delphi3**.กรุงเทพฯ:บริษัท เฟิสท์ แปซิฟิก มีเดีย(ไทยแลนด์) จำกัด,2541.

อุดม จีนประดับ.**ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 พิมพ์ครั้งที่1**.กรุงเทพฯ:ศูนย์ผลิตตำราสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ,2541.

ไกรวุฒิ โรจน์ประเสริฐสุด.**บอร์ดควบคุมสเต็ปเปอร์มอเตอร์ด้วยเครื่องพีซี**:วารสารเซมิคอนดัคเตอร์ ฉบับที่ 146,บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด,2538.

ไพสาน ปราณีตพลกรัง.**ไพโรอิเล็กทริก อุปกรณ์ตรวจจับรังสีอินฟราเรด**:วารสาร เซมิคอนดัคเตอร์ ฉบับที่ 89, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด,2537

เศกสิทธิ์ คำชมพู.**กล้องโมดูล CCD และเลเซอร์ไดโอดโมดูล**:วารสารเซมิคอนดัคเตอร์ ฉบับที่ 161,บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด,2539.

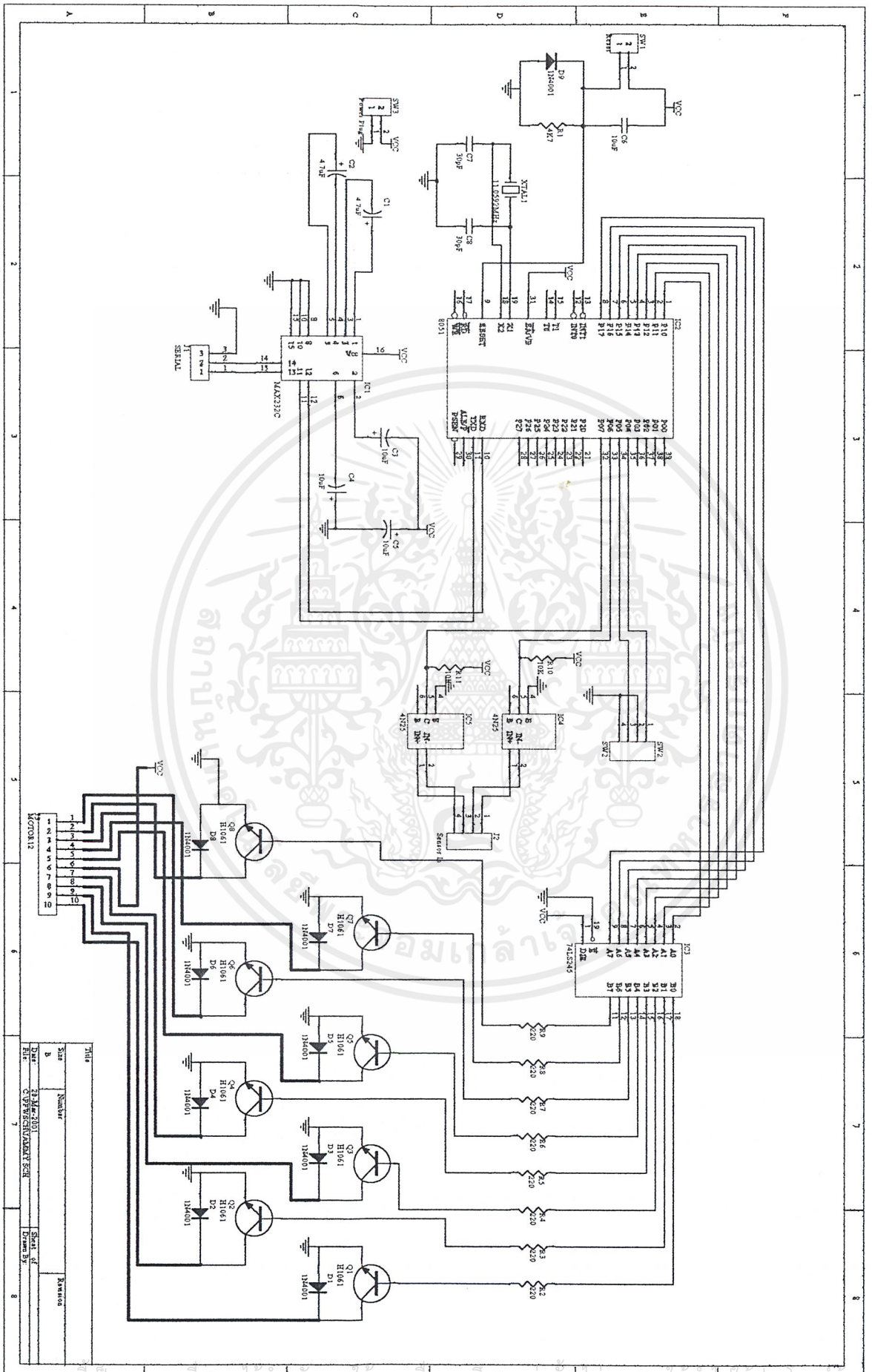
เศกสิทธิ์ คำชมพู.**รีโมตควบคุมการแพนกล้อง CCD**:วารสารเซมิคอนดัคเตอร์ ฉบับที่ 195, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด,2542.

สุพันธ์ อมรเชิดชูกิจ.**สเต็ปเปอร์มอเตอร์**:วารสารเซมิคอนดัคเตอร์ ฉบับที่ 126, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด,2536.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก A รายละเอียดของวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แสดงรูปวงจรประมวลผลและควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก B โปรแกรมควบคุมระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
unit Camera_Control_TesT;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls, Buttons, ExtCtrls, clipbrd, enhavicap, vfw, Menus, ComCtrls,
  Comport;

type
  TForm1 = class(TForm)
    Edit1: TEdit;
    ListBox1: TListBox;
    BitBtn2: TBitBtn;
    BitBtn3: TBitBtn;
    Label3: TLabel;
    video: TEnhAVICap;
    img: TImage;
    Panel1: TPanel;
    Panel2: TPanel;
    Panel3: TPanel;
    Panel4: TPanel;
    MainMenu1: TMainMenu;
    File1: TMenuItem;
    Connect1: TMenuItem;
    Disconnect1: TMenuItem;
    exit: TMenuItem;
    StatusBar1: TStatusBar;
    GroupBox1: TGroupBox;
    Bevel1: TBevel;
    Button1: TButton;
    Button2: TButton;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Button3: TButton;
    Button4: TButton;
    Button5: TButton;
    ComPort1: TComPort;
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Button6: TButton;
    Button7: TButton;
    Auto1: TMenuItem;
    Mamual1: TMenuItem;
    Exit1: TMenuItem;
    procedure BitBtn2Click(Sender: TObject);
    procedure BitBtn3Click(Sender: TObject);
    procedure FormCreate(Sender: TObject);
    procedure videoFrame(Sender: TObject; h: Integer; VHdr: PVideoHdr);
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure Button2Click(Sender: TObject);
    procedure Button3Click(Sender: TObject);
    procedure Button4Click(Sender: TObject);
    procedure Button5Click(Sender: TObject);
    procedure Connect1Click(Sender: TObject);
    procedure Disconnect1Click(Sender: TObject);
    procedure ComPort1Open(Sender: TObject);
    procedure ComPort1RxChar(Sender: TObject; InQue: Integer);
    procedure ComPort1Close(Sender: TObject);
    procedure exitClick(Sender: TObject);
    procedure Button6Click(Sender: TObject);
    procedure Button7Click(Sender: TObject);
    procedure Auto1Click(Sender: TObject);
    procedure Mamual1Click(Sender: TObject);
    procedure Exit1Click(Sender: TObject);
  private
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  { Private declarations }
  w:integer;
  h:integer;
  caps:TCapDriverCaps;
 public
  { Public declarations }
 end;
var Form1:TForm1;
  Open : Boolean;
implementation

{$R *.DFM}

function FrameCallBack(AWnd:HWnd;lpVHdr:PVideoHdr):longint; stdcall;
var BmpHead:PBitmapInfo;
   h     :THandle;
   punt   :pointer;
begin
GetMem(BmpHead,CapGetVideoFormatSize(AWnd));
CapGetVideoFormat(AWnd,BmpHead,sizeof(TBitmapInfoHeader));
form1.label3.caption:=format('%4.4s %d %d',
[PChar(@(BmpHead.bmiHeader.biCompression)),
lpVHdr.dwBufferLength,
lpVHdr.dwBytesUsed]);
BmpHead.bmiHeader.biSizeImage:=lpVHdr.dwBytesUsed;
h:=ICImageDecompress(0,0,BmpHead,lpVHdr.lpData,nil);
if h<>0 then
 begin
 punt:=GlobalLock(h);
 SetDIBits(form1.img.canvas.handle,form1.img.picture.bitmap.handle,
        0,BmpHead.bmiHeader.biHeight,
        pointer(longint(punt)+PBitmapInfoHeader(punt).biSize),
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        PBitmapInfo(punt)^,
        DIB_RGB_COLORS);
  GlobalUnlock(h);
  GlobalFree(h);
  form1.img.repaint;
  end;
FreeMem(BmpHead,CapGetVideoFormatSize(AWnd));
result:=1;
end;  { FrameCallBack }

procedure TForm1.BitBtn2Click(Sender: TObject);
var BmpHead:TBitmapInfo;
begin
if ListBox1.ItemIndex<>-1 then
  begin
  video.OpenVideo(ListBox1.ItemIndex);
  if video.IsOpen then
    begin
    CapGetVideoFormat(video.CapWnd,@BmpHead,sizeof(BmpHead));
    img.picture.bitmap.width :=BmpHead.bmiHeader.biWidth ;
    img.picture.bitmap.height:=BmpHead.bmiHeader.biHeight;
    end;  { if }
  end;  { if }
end;
procedure TForm1.BitBtn3Click(Sender: TObject);
begin
video.CloseVideo;
end;
procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
var x:integer;
begin
edit1.text:=video.VFWVersion;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
for x:=0 to video.CapDrivers.count-1 do
 ListBox1.items.add(format('%d - %s',[x,video.CapDrivers.strings[x]]));
ListBox1.ItemIndex:=0;
if video.width <>225 then video.width :=225;
if video.height<>159 then video.height:=159;
img.left:=video.left+video.width+16;
form1.height:=video.top+video.height+video.left+
GetSystemMetrics(SM_CYDLGFRAME)*2+GetSystemMetrics(SM_CYCAPTION);
end;
procedure TForm1.videoFrame(Sender: TObject; h: Integer; VHdr: PVideoHdr);
var punt:pointer;
begin
form1.label3.caption:=format('%d %d',[VHdr.dwBufferLength,
                    VHdr.dwBytesUsed]);
punt:=GlobalLock(h);
SetDIBits(img.canvas.handle,img.picture.bitmap.handle,
      0,PBitmapInfoHeader(punt).biHeight,
      pointer(longint(punt)+PBitmapInfoHeader(punt).biSize),
      PBitmapInfo(punt)^,
      DIB_RGB_COLORS);
GlobalUnlock(h);
img.repaint;
end;
procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
begin
Comport1.WriteString('A',true);
end;

procedure TForm1.Button2Click(Sender: TObject);
begin
Comport1.WriteString('B',true);
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
procedure TForm1.Button3Click(Sender: TObject);
begin
Comport1.WriteString('C',true);
end;

procedure TForm1.Button4Click(Sender: TObject);
begin
Comport1.WriteString('D',true);
end;

procedure TForm1.Button5Click(Sender: TObject);
begin
Comport1.WriteString('E',true);
end;

procedure TForm1.Connect1Click(Sender: TObject);
begin
ComPort1.Open;
Button1.Enabled:=True;
Button2.Enabled:=True;
Button3.Enabled:=True;
Button4.Enabled:=True;
Button5.Enabled:=True;
Statusbar1.panels[0].text := 'Connecting...'
end;

procedure TForm1.Disconnect1Click(Sender: TObject);
begin
ComPort1.Close;
Button1.Enabled:=False;
Button2.Enabled:=False;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Button3.Enabled:=False;
Button4.Enabled:=False;
Button5.Enabled:=False;
Statusbar1.panels[0].text := 'Disconnect...'
end;

procedure TForm1.ComPort1Open(Sender: TObject);
begin
if comport1.Connected then
Statusbar1.Panels[0].Text := 'Connecting...'
else
Statusbar1.Panels[0].Text := 'Disconnected...'
end;

procedure TForm1.ComPort1RxChar(Sender: TObject; InQue: Integer);
Var data : string ;
begin
Comport1.ReadString(data,1024,true);
Label2.Caption := data;
end;

procedure TForm1.ComPort1Close(Sender: TObject);
begin
 Statusbar1.panels[0].text := 'Connecting...'
end;

procedure TForm1.exitClick(Sender: TObject);
begin
close;
end;

procedure TForm1.Button6Click(Sender: TObject);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
begin
Comport1.WriteString('G',true);
end;

procedure TForm1.Button7Click(Sender: TObject);
begin
Comport1.WriteString('H',true);
end;

procedure TForm1.Auto1Click(Sender: TObject);
begin
  Comport1.WriteString('G',true);
end;

procedure TForm1.Mamual1Click(Sender: TObject);
begin
Comport1.WriteString('H',true);
end;

procedure TForm1.Exit1Click(Sender: TObject);
begin
close;
end;

end.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ORG   0000H
        AJMP  MAIN
        ORG   23H
        AJMP  L_IN
        ORG   50H

MAIN:   MOV   IE,#10010000B
        MOV       TMOD,#00101100B
        MOV   SCON,#01010000B
        MOV       TH1,#0FDH
        SETB      TR1

BEGIN:  CJNE  A,#48H,MANUAL
        MOV   33H,A
        SJMP  CK_SERIER
MANUAL: CJNE  A,#47H,CK_SERIER
        MOV   33H,A
CK_SERIER: MOV  R2,33H
        CJNE  R2,#47H,MANUAL1
        LJMP  TEST
MANUAL1: CJNE R7,#00H,MOTOR
        SJMP  BEGIN

MOTOR:  PUSH  ACC
        MOV   R4,#05H
        MOV   R3,A
        CJNE  R3,#41H,COMP1
        ACALLTURN_R
COMP1:  CJNE  R3,#42H,COMP2
        ACALLTURN_L
COMP2:  CJNE  R3,#43H,COMP3
        ACALLTURN_D
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
COMP3:      CJNE   R3,#44H,COMP4
            ACALL TURN_U
COMP4:      CJNE   R3,#45H,COMP5
            SJMP   COMP5
COMP5:      POP    ACC
            MOV    R5,A
            DEC    R7
            SJMP   BEGIN

TEST:       MOV    P0,#0FFH
            MOV    R4,#05H
            CJNE   A,#48H,K1
            LJMP   BEGIN
      K1:    JB     P0.6,S_TEST
            PUSH   ACC
      N1:   LCALL TURN_R
            LCALL DELAY
            JB     P0.5,N1
      M1:   MOV    P0,#0FFH
            LCALL DELAY
            CJNE   A,#48H,M3
            LJMP   BEGIN
      M3:   JB     P0.7,M1
            MOV    14H,R5
            MOV    R5,#18H
      S1:   LCALL TURN_L
            LCALL DELAY
            DJNZ   R5,S1
            MOV    R5,14H
      W1:    MOV    P0,#0FFH
            LCALL DELAY
            CJNE   A,#48H,M11
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LJMP   BEGIN
M11:    JB     P0.6,M5
        LJMP   M8
M5:     JB     P0.7,W1
        JNB    P0.7,$
        INC    R1
        CJNE   R1,#02H,W1
M9:     MOV    R1,#00H
Q1:     LCALL  TURN_L
        LCALL  DELAY
        JB     P0.4,Q1
        POP    ACC
        MOV    R4,#05H
        CJNE   A,#48H,M2
        LJMP   BEGIN

S_TEST: MOV    P0,#11111111B
        MOV    R4,#05H
        JB     P0.7,TEST
        PUSH   ACC
N2:     LCALL  TURN_L
        LCALL  DELAY
        JB     P0.4,N2
M2:     MOV    P0,#0FFH
        LCALL  DELAY
        CJNE   A,#48H,M4
        LJMP   BEGIN
M4:     JB     P0.6,M2
        MOV    14H,R5
        MOV    R5,#18H
S2:     LCALL  TURN_R
        LCALL  DELAY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        DJNZ   R5,S2
        MOV    R5,14H
W2:     MOV    P0,#0FFH
        LCALL  DELAY
        CJNE   A,#48H,m12
        LJMP   BEGIN
M12:    JB     P0.7,M6
        LJMP   M9
M6:     JB     P0.6,W2
        JNB    P0.6,$
        INC    R1
        CJNE   R1,#02H,W2
M8:     MOV    R1,#00H
Q2:     LCALL  TURN_R
        LCALL  DELAY
        JB     P0.5,Q2
        POP    ACC
        MOV    R4,#05H
        CJNE   A,#48H,M10
        LJMP   BEGIN
M10:    LJMP   M1

TURN_R:     CJNE   R5,#43H,CLICK_UD1
            SJMP   H1
CLICK_UD1:  CJNE   R5,#44H,UD_DATA1
      H1:   MOV    R0,20H
UD_DATA1:   CJNE   R0,#00H,SUB_R
            MOV    A,#03H
            SJMP   J1
SUB_R:      MOV    A,R0
      J1:   CJNE   A,#09H,B1
            ANL    A,#11110000B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV   35H,A
        MOV   A,#03H
        ORL   A,35H
        SJMP  J3
B1:     CJNE  A,#0CH,J2
        ANL   A,#11110000B
        MOV   35H,A
        MOV   A,#09H
        ORL   A,35H
        SJMP  J3
J2:     RL    A
J3:     ORL   A,21H
        MOV   P1,A
        ANL   A,#00001111B
        MOV   R0,A
        MOV   20H,A
        RET

TURN_L:     CJNE  R5,#43H,CLICK_UD2
            SJMP  H2
CLICK_UD2:  CJNE  R5,#44H,UD_DATA2
H2:         MOV   R0,20H
UD_DATA2:   CJNE  R0,#00H,SUB_L
            MOV   A,#0CH
            SJMP  J4
SUB_L:      MOV   A,R0
J4:         CJNE  A,#09H,B2
            ANL   A,#11110000B
            MOV   35H,A
            MOV   A,#0CH
            ORL   A,35H
            SJMP  J6
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        B2:   CJNE  A,#03H,J5
              ANL   A,#11110000B
              MOV   35H,A
              MOV   A,#09H
              ORL   A,35H
              SJMP  J6
        J5:   RR    A
        J6:   ORL   A,21H
              MOV   P1,A
              ANL   A,#00001111B
              MOV   R0,A
              MOV   20H,A
              RET

TURN_U:       CJNE  R5,#41H,CLICK_RL1
              SJMP  H3
CLICK_RL1:    CJNE  R5,#42H,RL_DATA1
        H3:   MOV   R0,21H
RL_DATA1:     CJNE  R0,#00H,SUB_U
              MOV   A,#030H
              SJMP  J7
SUB_U:        MOV   A,R0
        J7:   CJNE  A,#90H,B3
              ANL   A,#00001111B
              MOV   35H,A
              MOV   A,#30H
              ORL   A,35H
              SJMP  J9
        B3:   CJNE  A,#0C0H,J8
              ANL   A,#00001111B
              MOV   35H,A
              MOV   A,#90H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ORL   A,35H
        SJMP  J9
J8:     RL    A
J9:     ORL   A,20H
        MOV   P1,A
        ANL   A,#11110000B
        MOV   R0,A
        MOV   21H,A
        RET

TURN_D:     CJNE  R5,#41H,CLICK_RL2
            SJMP  H4
CLICK_RL2:  CJNE  R5,#42H,RL_DATA2
H4:         MOV   R0,21H
RL_DATA2:   CJNE  R0,#00H,SUB_D
            MOV   A,#0C0H
            SJMP  J10
SUB_D:      MOV   A,R0
J10:        CJNE  A,#90H,B4
            ANL   A,#00001111B
            MOV   35H,A
            MOV   A,#0C0H
            ORL   A,35H
            SJMP  J12
B4:         CJNE  A,#30H,J11
            ANL   A,#00001111B
            MOV   35H,A
            MOV   A,#90H
            ORL   A,35H
            SJMP  J12
J11:        RR    A
J12:        ORL   A,20H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV   P1,A
                ANL   A,#11110000B
                MOV   R0,A
                MOV   21H,A
                RET

L_IN:           ACALLSERIE_IN
                ACALLSERIE_OUT
                RETI

SERIE_IN:       JNB    RI,$
                CLR    RI
                MOV    A,SBUF
                INC    R7
                RET

SERIE_OUT:      MOV    SBUF,A
                JNB    TI,$
                CLR    TI
                RET

DELAY:          MOV   32H,R7
                MOV   R7,#3FH
                MOV   R6,#0FFH
LP1:            DJNZ  R6,$
                DJNZ  R7,LP1
                MOV   R7,32H
                RET

        END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

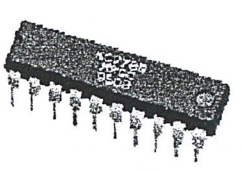
ภาคผนวก C รายละเอียดของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

General :

The MPCC has been designed for easy implementation of AC control functions that use a Passive Infra-Red (PIR) motion detector. Due to its high sensitivity and reliability, it is also widely used in security product.

- Minimum external component
- High senstivity
- High RFI immunity
- Daylight adjustment
- Off delay timer



20 pin DIP

20 pin SOIC

Features:

A) Circuit design maximizes performance while minimizing external component count and board layout space.
B) Low cost solution for PIR motion control switching applications.
C) High sensitivity PIR input with special noise cancellation circuitry.
D) Choice of two PIR gain settings: 62 db and 68 db.
E) Adjustable PIR sensitivity.
F) Internal switched capacitor bandpass filter reduces external component count and improves reliability by minimizing sensitivity to external component values.
G) RFI noise immunity exceeds 30 V/m from 1 MHz to 1000 MHz.
H) High immunity to line frequency noise.
I) Daylight detector circuitry is designed to use either silicon photo diode or CdS detector.
J) Adjustable daylight detector sensitivity.
K) Adjustable OFF timer accuracy is determined by external components.
L) Output can directly drive TRIACs, opto-couplers and small relays (no buffering required).
M) Four main operating modes can be used in any combination:

1)Auto-ON: Load turns on when motion is detected (adjustable sensitivity).
Adjustable daylight detector disables Auto-ON during daytime.
Auto-ON mode can be disabled.
Daylight detector can be disabled.

2)Auto-OFF: Adjustable OFF timer activates whenever motion stops.
Load turns off if there is no motion during the time delay.
If Auto-ON mode is disabled, the load will turn on if there is motion within 6 seconds after turn-off. (If the load goes off because you stopped moving (reading a book for example), you have 6 seconds to wave your arm to turn the load back on.)
Auto-OFF mode can be disabled.

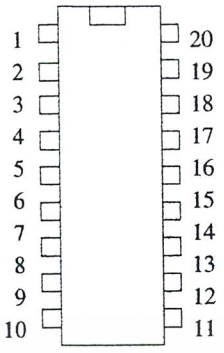
3)Manual-ON: Load turns on manually, with a momentary contact switch.

4)Manual-OFF: Load turns off manually, with a momentary contact switch.
Load will remain off for 25 seconds, even if there is motion during this time (to give you time to leave the room).

N) If the ON/AUTO/OFF input is held either high or low, the load will be held ON or OFF respectively, overriding all other modes, until the input returns to the AUTO position.
O) If the Toggle input is held low, the load will change from on to off or from off to on, and will be held in that state, overriding all other modes, until the input returns high.
P) When power is restored after an outage, the load will be OFF and motion will be ignored for 25 seconds.
Q) Operating chip voltage is 4 - 15V.
R) Operating chip current is typically 300 μA.
S) Chip is ESD protected to more than 1000 V (human body model).
T) Operates with 50-60 Hz AC line frequency.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Assignment :



20 pin DIP or SOIC

Pin	Name	Description
1	Vcc	Supply Voltage (5 V)
2	Sensitivity Adjust	PIR Motion Sensitivity Input
3	Offset Filter	PIR Motion Offset Filter
4	Anti-Alias	PIR Anti-Alias Filter
5	DC CAP	PIR Gain Stabilization Filter
6	VReg	Voltage Regulator Output
7	Pyro (D)	Pyro Drain Reference
8	Pyro (S)	Pyro Source Input Signal
9	Gnd (A)	Analog Circuitry Ground
10	Gnd (D)	Digital Circuitry Ground
11	Daylight Adjust	Daylight Adjustment and CdS Input
12	Daylight Sense	Silicon Photo Diode Input
13	Gain Select	PIR Gain Select Tri-State Input
14	ON/AUTO/OFF	Mode Select Tri-State Input
15	Toggle	Mode Select Toggle Input
16	OUT	Lights ON/OFF Output
17	LED	PIR Motion Indicator Output
18	C	OFF Timer Oscillator Input
19	R	OFF Timer Oscillator Output
20	FRef	Frequency Reference Oscillator

Pin Descriptions

1. Vcc : This is the regulated supply voltage to the chip (nominally 5 V).

2. Sensitivity Adjust: This pin is used to adjust the sensitivity threshold of the motion comparators. When the voltage on this pin equals the pyro drain reference voltage on pin 7 the PIR sensitivity will be minimum (±500 mV). When the voltage on this pin is Gnd the PIR sensitivity will be maximum (±125 mV). Intermediate voltages will provide intermediate sensitivities.

3. Offset Filter: This pin connects to an external capacitor of 10 µF and holds the average value of the switched capacitor bandpass filter output. Motion is detected when the difference between this average and the actual filter output is greater than the sensitivity setting. The output of the switched capacitor bandpass filter can be seen directly on this pin if the external capacitor is disconnected, however, motion will not be detected under these conditions.

4. Anti-Alias: This pin connects to an external capacitor of 0.1 µF providing low pass filtering of the PIR input signal, blocking input signals at and above the switching frequency of the switched capacitor bandpass filter.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. **DC CAP:** This pin connects to an external capacitor of 10 µF and holds the average pyro source voltage. The difference between this average and the actual pyro source voltage is amplified and coupled to the switched capacitor bandpass filter. The 10 µF capacitor must be a low leakage capacitor, such as a Tantalum capacitor.

6. **VReg:** This pin outputs a voltage that can be used directly drive an external NPN/PNP volatage regulator, or the gate of an external depletion mode JFET voltage regulator pass element. This pin need not be connected if an external voltage regulator, such as a three pin regulator, is used to generate Vcc for the chip.

7. **Pyro (D):** The pyro drain reference voltage is output on this pin. This voltage is power supply independent and is connected internally to special noise cancellation circuitry to improve the performance and reliability of the PIR interface. Externally, this pin is connected to the pyro drain and to a 0.1 µF capacitor. This voltage can also be divided down by an external pot to supply the Sensitivity Adjust voltage to pin 2.

8. **Pyro (S):** This is the pyro source input pin that receives the PIR input signal. It is connected externally to the pyro source, a 200 pF capacitor and a 47 KΩ resistor to Gnd. This is a **sensitive** node and the length of the external interconnect to this pin should be made as short as possible. There should be a ground plane on the PC board under the PIR sensor.

9. **Gnd (A):** This pin is the electrical ground for the internal analog circuitry of the chip.

10. **Gnd (D) :** This pin is the electrical ground for the internal digital circuitry of the chip.

11. **Daylight Adjust:** This pin is the output of the Daylight Sense amplifier and the input to the daylight comparator. When using a silicon photo diode daylight sensor, this pin is connected to Daylight Sense (pin 12) by a resistor or pot. The amount of resistance determines the gain of the Daylight Sense amplifier and hence the sensitivity of the daylight detector. When using a CdS daylight sensor, a pot is connected between this pin and Vcc, while the CdS sensor is connected across one side of the pot (two fixed resistors can be used instead of the pot). Daylight Sense (pin 12) must be connected to Vcc when using a CdS sensor. To disable the daylight detector, Daylight Adjust (pin 11) must be unconnected and Daylight Sense (pin 12) must be connected to Vcc. To disable Auto-ON mode, Daylight Adjust (pin 11) and Daylight Sense (pin 12) must both be connected to Vcc (the daylight detector is not used when Auto-ON mode is disabled).

12. **Daylight Sense:** This pin is the input to the Daylight Sense amplifier. When using a silicon photo diode daylight sensor, this pin is connected to the cathode of the silicon photo diode and to a feedback resistor (or pot) from Daylight Adjust (pin 11). In all other cases, this pin is connected to Vcc.

13. **Gain Select:** The Gain Select pin is a tri-state input used to select the gain of the PIR circuitry. When this pin is connected to Gnd, the PIR gain is set to 62 db. When this pin is unconnected or connected to Vcc, the PIR gain is set to 68 db. Normally this pin is unconnected except when less gain is required by a particular PIR sensor.

14. **ON/AUTO/OFF:** This pin is a tri-state input used to determine the operation of the chip. Normally this pin is unconnected, allowing the chip to operate in its configured operating mode. If this pin is connected to Gnd, the load will turn off unconditionally and will remain off as long as this pin is connected to Gnd. If this pin is connected to Vcc, the load will turn on unconditionally and will remain on as long as this pin is connected to Vcc.

15. **Toggle:** This pin is a toggle input used to determine the operation of the chip. Normally this pin is unconnected, allowing the chip to operate in its configured operating mode. If this pin is connected to Gnd, the load will change from on to off or from off to on and will remain in the new state unconditionally as long as this pin is connected to Gnd. If the ON/AUTO/OFF (pin 14) and Toggle (pin 15) switches are pressed such that one is trying to turn the load on unconditionally and the other is trying to turn the load off unconditionally, the load will be turned off (off overrides on).

16. **OUT :** The output from this pin is used to turn the external load on or off through a TRIAC, relay or opto-coupler. The impedance of this pin is less than 35 Ω, enabling it to directly drive a small (100 Ω DC coil resistance) pulse relay through a 150 µF series capacitor. For proper operation, the load should come on when this pin goes high, the load should go off when this pin goes low.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17. **LED:** The output from the motion comparator drives this pin through an internal 500 Ω current limiting resistor, enabling it to directly drive an LED motion indicator. Whenever motion is detected this pin will go high and the LED will light. When there is no motion this pin will be low.

18. **C:** This pin is the input to the OFF timer oscillator. It is connected externally to a pot (or resistor) from R (pin 19) and to a capacitor. The OFF timer delay, in seconds, will be 5678 x (40,000 + pot resistance in Ohms) x (capacitance in Farads). To disable Auto-OFF mode, this pin can be connected to Gnd or Vcc. For minimum time delay, C(pin 18) and R(pin 19) can be shorted together with no external resistor or capacitor. In this configuration, the output at OUT(pin 16) should be the same as the output at LED(pin 17).

19. **R :** The output of the OFF timer oscillator drives this pin through an internal 40 KΩ series resistor. This pin is connected externally to C (pin 18) through a pot (or resistor). This pin can be connected directly to C (pin 18) for the minimum OFF timer delay (maximum oscillator frequency).

20. **FRef :** This is the 160 Hz reference oscillator input. It is connected externally through a 330KΩ resistor to Vcc and a 0.022µF capacitor to Gnd. Other values of resistance and capacitance can be chosen, provided this input oscillates at 160Hz. This frequency is used to drive the internal switched capacitor bandpass filter and the timing delays.

Electrical Specifications

Below are the specifications at room temperature (25 °C).

Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit
Vcc	4	5	15	V
Icc		300		µA
Input Voltage on any Pins	Gnd - 0.5		Vcc + 0.5	V
PIR Power Supply Rejection Ratio	74			dB
PIR Input Gain	62		68	dB
Overall gain variation			5	%
Overall threshold variation			7	%
Daylight Adjust (pin 11) Pull-down Current		5		µA
Gain Select (pin 13) Pull-up Current		5		µA
ON/AUTO/OFF (pin 14) Pull-up Current		10		µA
ON/AUTO/OFF (pin 14) Pull-Down Current		10		µA
Toggle (pin 15) Pull-up Current		5		µA
Pyro (D) (pin 7) Reference Voltage	2.3	2.5	2.7	V
OUT (pin 16) Output Impedance			35	Ω
LED (pin 17) Output Impedance	375	500	625	Ω
R (pin 19) Output Impedance	30	40	50	KΩ
Operating Temperature	-25		+100	°C
Storage Temperature	-55		+125	°C

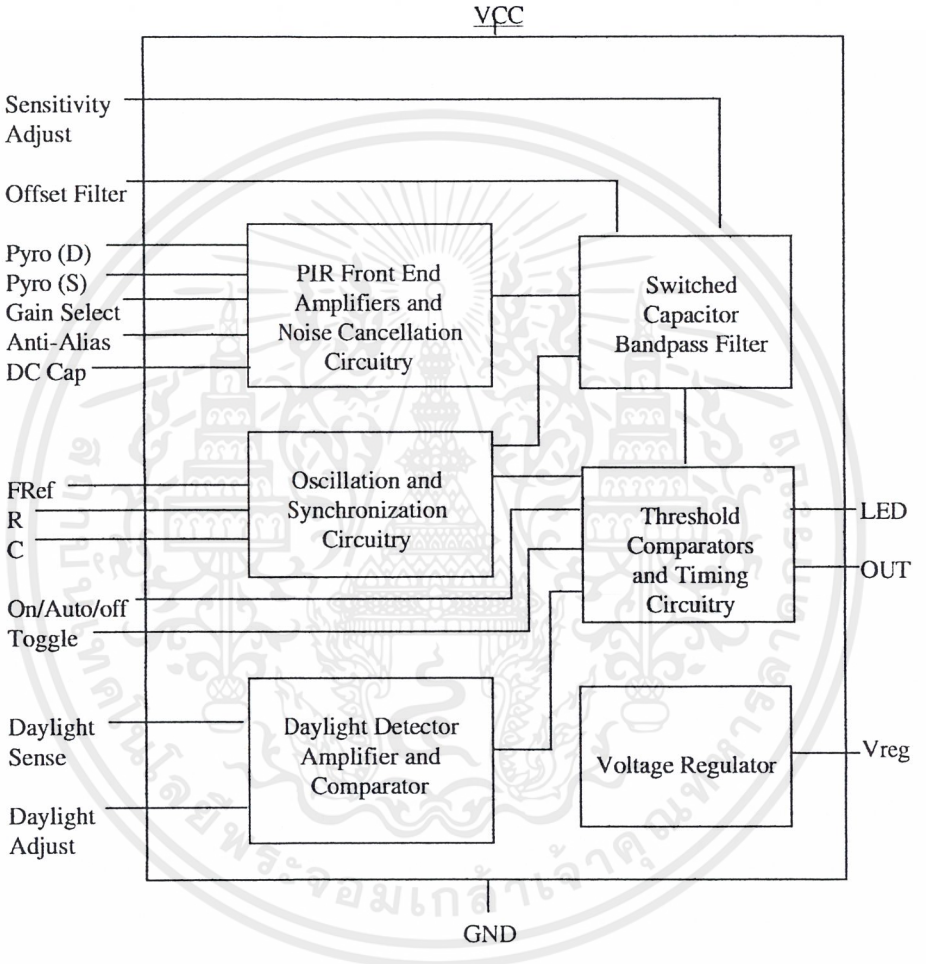
Application Notes:

1. Normally, Gain Select (pin 13) is unconnected, providing a PIR gain of 68 db. For reduced sensitivity, Gain Select is connected to Gnd, providing a gain of 62 db.
2. Auto-ON mode can be disabled by connecting both Daylight Sense (pin 12) and Daylight Adjust (pin 11) to Vcc.
3. Auto-OFF mode can be disabled by connecting C (pin 18) to Gnd or Vcc.
4. Daylight detector can be disabled by connecting Daylight Sense (pin 12) to Vcc.
5. With a 5 MΩ Daylight adjust pot, the daylight sensitivity can be adjusted from complete darkness (always on) to complete daylight (always off). Additional fixed resistors and possibly a smaller pot can be used to restrict the range for specific applications.
6. The OFF timer range can be set by selecting a pot and capacitor and possibly additional fixed resistors that will produce the minimum and maximum time delays at the extremes of the pot.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. OFF timer delay = 5678 x (R+40,000) x C seconds, R is in Ohms, C is in Farads.
8. The Sensitivity Adjust pot is used to select a voltage between the pyro drain reference voltage (minimum sensitivity) and Gnd (maximum sensitivity). The value of the pot is not critical and any value between 100 KΩ and 5 MΩ can be used.
9. The output of the switched capacitor bandpass filter can be seen on pin 3 (Offset Filter) when the external capacitor(10μF) is disconnected. The filter response can be measured in this way. (Disconnecting the external capacitor prevents motion from being detected.)
10. Pin 8 (Pyro (S)) is a **sensitive** node and the external interconnect to this pin should be made as short as possible. This node should also be closely surrounded by a ground plane.

Block Diagram

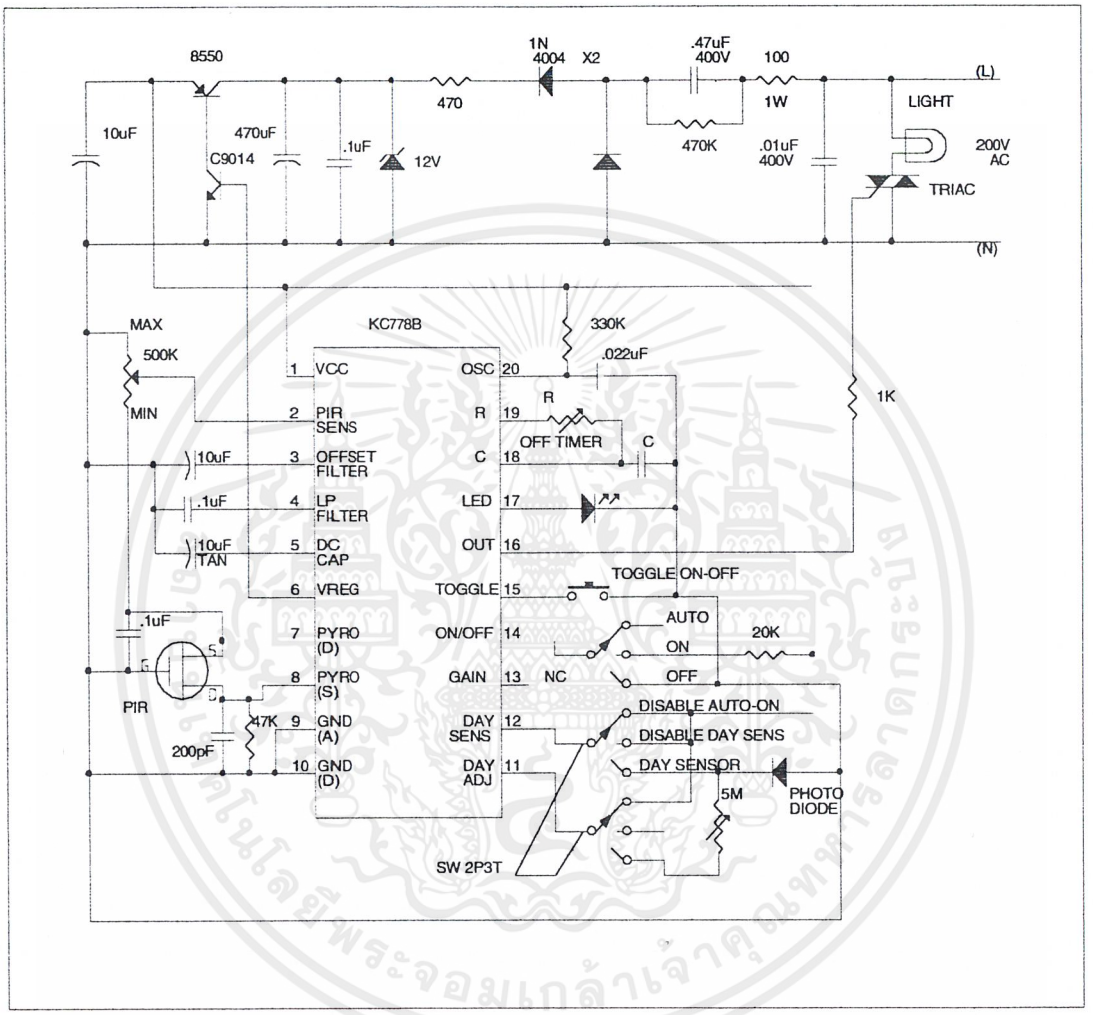


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application Circuit

1. Typical Hook-up

Below is a typical hook up for connecting KC778B to a PIR sensor, a TRIAC light switch and a silicon photodiode daylight detector. VReg is used for voltage regulation. 2 slide switches are used. One for select ON/AUTO/OFF and the other one used for enable, disable the daylight sensor and disable auto-on function. A simple AC regulation circuit is used in this system such that only a small gate current TRIAC can be used.

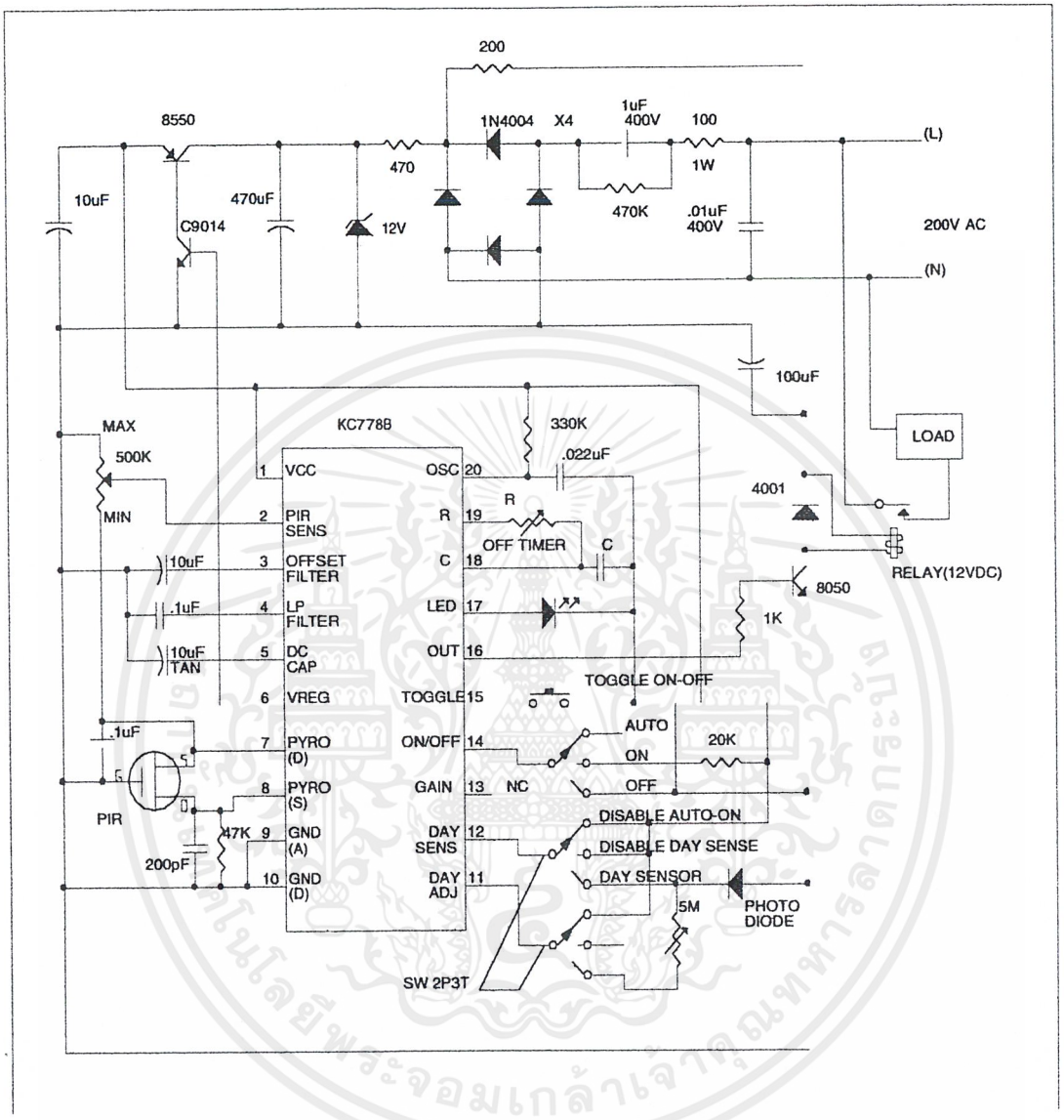


Note : Off Time Delay = 5678 x (R+40,000) x C Second
R in Ohm, C in Farad

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Hook-up with with relay

The following is similar to the typical hook-up. Due to the higher current require by relay, the bridge regulation method is used in AC circuit. This application is suitable to a high current loading such as heater, flood light, motor and etc.

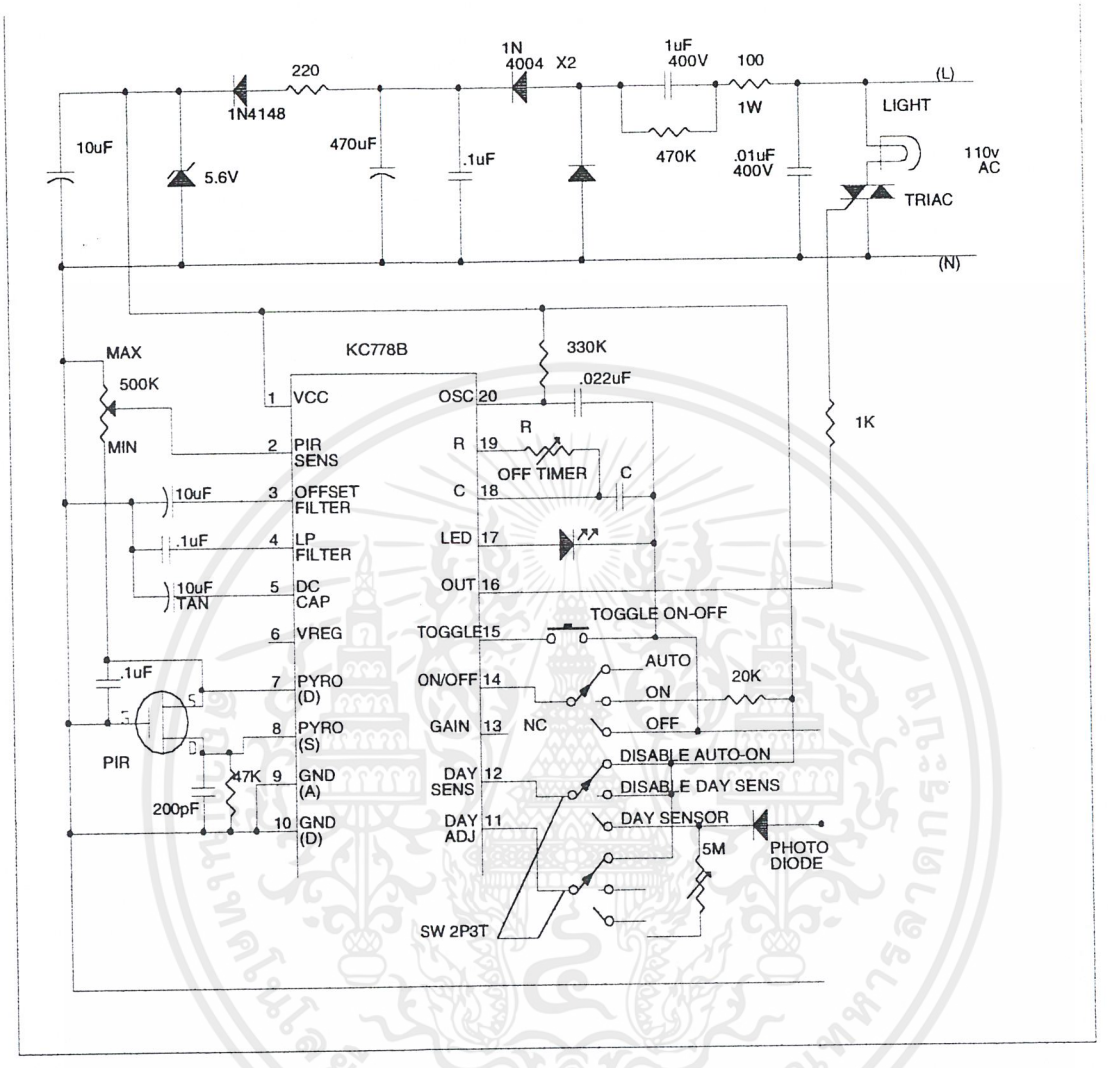


Note : Off Time Delay = 5678 x (R+40,000) x C Second
R in Ohm, C in Farad

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Hook-up with minimun regulator

Below is an example of 110V application. Only one stages of regulator is used in the system by use of zener diode



Note : Off Time Delay = 5678 x (R+40,000) x C Second
R in Ohm, C in Farad

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19-4323; Rev 7b; 11/97

MAXIM

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

General Description

The MAX220–MAX249 family of line drivers/receivers is intended for all EIA/TIA-232E and V.28/V.24 communications interfaces, particularly applications where ±12V is not available.

These parts are especially useful in battery-powered systems, since their low-power shutdown mode reduces power dissipation to less than 5µW. The MAX225, MAX233, MAX235, and MAX245/MAX246/MAX247 use no external components and are recommended for applications where printed circuit board space is critical.

Applications

Portable Computers

Low-Power Modems

Interface Translation

Battery-Powered RS-232 Systems

Multi-Drop RS-232 Networks

Features

Superior to Bipolar

- **Operate from Single +5V Power Supply (+5V and +12V—MAX231/MAX239)**
- **Low-Power Receive Mode in Shutdown (MAX223/MAX242)**
- **Meet All EIA/TIA-232E and V.28 Specifications**
- **Multiple Drivers and Receivers**
- **3-State Driver and Receiver Outputs**
- **Open-Line Detection (MAX243)**

Ordering Information

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX220CPE	0 °C to +70 °C	16 Plastic DIP
MAX220CSE	0 °C to +70 °C	16 Narrow SO
MAX220CWE	0 °C to +70 °C	16 Wide SO
MAX220C/D	0 °C to +70 °C	Dice*
MAX220EPE	-40 °C to +85 °C	16 Plastic DIP
MAX220ESE	-40 °C to +85 °C	16 Narrow SO
MAX220EWE	-40 °C to +85 °C	16 Wide SO
MAX220EJE	-40 °C to +85 °C	16 CERDIP
MAX220MJE	-55 °C to +125 °C	16 CERDIP

Ordering Information continued at end of data sheet.

**Contact factory for dice specifications.*

Selection Table

Part Number	Power Supply (V)	No. of RS-232 Drivers/Rx	No. of Ext. Caps	Nominal Cap. Value (µF)	SHDN & Three-State	Rx Active in SHDN	Data Rate (kbps)	Features
MAX220	+5	2/2	4	4.7/10	No	—	120	Ultra-low-power, industry-standard pinout
MAX222	+5	2/2	4	0.1	Yes	—	200	Low-power shutdown
MAX223 (MAX213)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	✔	120	MAX241 and receivers active in shutdown
MAX225	+5	5/5	0	—	Yes	✔	120	Available in SO
MAX230 (MAX200)	+5	5/0	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	5 drivers with shutdown
MAX231 (MAX201)	+5 and +7.5 to +13.2	2/2	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; same functions as MAX232
MAX232 (MAX202)	+5	2/2	4	1.0 (0.1)	No	—	120 (64)	Industry standard
MAX232A	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Higher slew rate, small caps
MAX233 (MAX203)	+5	2/2	0	—	No	—	120	No external caps
MAX233A	+5	2/2	0	—	No	—	200	No external caps, high slew rate
MAX234 (MAX204)	+5	4/0	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488
MAX235 (MAX205)	+5	5/5	0	—	Yes	—	120	No external caps
MAX236 (MAX206)	+5	4/3	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Shutdown, three state
MAX237 (MAX207)	+5	5/3	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Complements IBM PC serial port
MAX238 (MAX208)	+5	4/4	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488 and 1489
MAX239 (MAX209)	+5 and +7.5 to +13.2	3/5	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; single-package solution for IBM PC serial port
MAX240	+5	5/5	4	1.0	Yes	—	120	DIP or flatpack package
MAX241 (MAX211)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Complete IBM PC serial port
MAX242	+5	2/2	4	0.1	Yes	✔	200	Separate shutdown and enable
MAX243	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Open-line detection simplifies cabling
MAX244	+5	8/10	4	1.0	No	—	120	High slew rate
MAX245	+5	8/10	0	—	Yes	✔	120	High slew rate, int. caps, two shutdown modes
MAX246	+5	8/10	0	—	Yes	✔	120	High slew rate, int. caps, three shutdown modes
MAX247	+5	8/9	0	—	Yes	✔	120	High slew rate, int. caps, nine operating modes
MAX248	+5	8/8	4	1.0	Yes	✔	120	High slew rate, selective half-chip enables
MAX249	+5	6/10	4	1.0	Yes	✔	120	Available in quad flatpack package

For free samples & the latest literature: http://www.maxim-ic.com, or phone 1-800-998-8800.
For small orders, phone 408-737-7600 ext. 3468.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX220/222/232A/233A/242/243

Supply Voltage (V_{CC}) ..... -0.3V to +6V
Input Voltages
T_{IN} ..... -0.3V to (V_{CC} - 0.3V)
R_{IN} ..... ±30V
T_{OUT} (Note 1) ..... ±15V
Output Voltages
T_{OUT} ..... ±15V
R_{OUT} ..... -0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
Driver/Receiver Output Short Circuited to GND ..... Continuous
Continuous Power Dissipation (T_A = +70 °C)
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/ °C above +70 °C) 842mW
18-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/ °C above +70 °C) 889mW
20-Pin Plastic DIP (derate 8.00mW/ °C above +70 °C) 440mW
16-Pin Narrow SO (derate 8.70mW/ °C above +70 °C) ...696mW
16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/ °C above +70 °C) 762mW
18-Pin Wide SO (derate 9.52mW/ °C above +70 °C) 762mW
20-Pin Wide SO (derate 10.00mW/ °C above +70 °C) 800mW
20-Pin SSOP (derate 8.00mW/ °C above +70 °C) 640mW
16-Pin CERDIP (derate 10.00mW/ °C above +70 °C) 800mW
18-Pin CERDIP (derate 10.53mW/ °C above +70 °C) 842mW
Operating Temperature Ranges
MAX2_ _AC_ _, MAX2_ _C_ _ ..... 0 °C to +70 °C
MAX2_ _AE_ _, MAX2_ _E_ _ ..... -40 °C to +85 °C
MAX2_ _AM_ _, MAX2_ _M_ _ ..... -55 °C to +125 °C
Storage Temperature Range ..... -65 °C to +160 °C
Lead Temperature (soldering, 10sec) ..... +300 °C

Note 1: Input voltage measured with T_{OUT} in high-impedance state, $\overline{SHDN}$ or V_{CC} = 0V.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243

(V_{CC} = +5V ±10%, C1–C4 = 0.1µF, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
RS-232 TRANSMITTERS						
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to GND		±5	±8		V
Input Logic Threshold Low				1.4	0.8	V
Input Logic Threshold High			2	1.4		V
Logic Pull-Up/Input Current	Normal operation			5	40	µA
	$\overline{SHDN}$ = 0V, MAX222/242, shutdown			±0.01	±1	
Output Leakage Current	V_{CC} = 5.5V, $\overline{SHDN}$ = 0V, V_{OUT} = ±15V, MAX222/242			±0.01	±10	µA
	V_{CC} = $\overline{SHDN}$ = 0V, V_{OUT} = ±15V			±0.01	±10	
Data Rate	All except MAX220, normal operation			200	116	kbits/ sec
	MAX220			22	20	
Transmitter Output Resistance	V_{CC} = V+ = V- = 0V, V_{OUT} = ±2V		300	10M		Ω
Output Short-Circuit Current	V_{OUT} = 0V		±7	±22		mA
RS-232 RECEIVERS						
RS-232 Input Voltage Operating Range					±30	V
RS-232 Input Threshold Low	V_{CC} = 5V	All except MAX243 $R2_{IN}$	0.8	1.3		V
		MAX243 $R2_{IN}$ (Note 2)	-3			
RS-232 Input Threshold High	V_{CC} = 5V	All except MAX243 $R2_{IN}$		1.8	2.4	V
		MAX243 $R2_{IN}$ (Note 2)		-0.5	-0.1	
RS-232 Input Hysteresis	All except MAX243, V_{CC} = 5V, no hysteresis in shdn.		0.2	0.5	1	V
	MAX243			1		
RS-232 Input Resistance			3	5	7	kΩ
TTL/CMOS Output Voltage Low	I_{OUT} = 3.2mA			0.2	0.4	V
TTL/CMOS Output Voltage High	I_{OUT} = -1.0mA		3.5	V_{CC} - 0.2		V
TTL/CMOS Output Short-Circuit Current	Sourcing V_{OUT} = GND		-2	-10		mA
	Shrinking V_{OUT} = V_{CC}		10	30		
TTL/CMOS Output Leakage Current	$\overline{SHDN}$ = V_{CC} or $\overline{EN}$ = V_{CC} ($\overline{SHDN}$ = 0V for MAX222), 0V ≤ V_{OUT} ≤ V_{CC}			±0.05	±10	µA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243 (continued)

(V_{CC} = +5V ±10%, C1–C4 = 0.1µF, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
$\overline{EN}$ Input Threshold Low	MAX242			1.4	0.8	V
$\overline{EN}$ Input Threshold High	MAX242		2.0	1.4		V
Operating Supply Voltage			4.5		5.5	V
V_{CC} Supply Current ($\overline{SHDN}$ = V_{CC}), Figures 5, 6, 11, 19	No load	MAX220		0.5	2	mA
		MAX222/232A/233A/242/243		4	10	
	3kΩ load both inputs	MAX220		12		
		MAX222/232A/233A/242/243		15		
Shutdown Supply Current	MAX222/242	T_A = +25 °C		0.1	10	µA
		T_A = 0 °C to +70 °C		2	50	
		T_A = -40 °C to +85 °C		2	50	
		T_A = -55 °C to +125 °C		35	100	
$\overline{SHDN}$ Input Leakage Current	MAX222/242				±1	µA
$\overline{SHDN}$ Threshold Low	MAX222/242			1.4	0.8	V
$\overline{SHDN}$ Threshold High	MAX222/242		2.0	1.4		V
Transition Slew Rate	C_L = 50pF to 2500pF, R_L = 3kΩ to 7kΩ, V_{CC} = 5V, T_A = +25 °C, measured from +3V to -3V or -3V to +3V	MAX222/232A/233A/242/243	6	12	30	V/µs
		MAX220	1.5	3	30	
Transmitter Propagation Delay TLL to RS-232 (normal operation), Figure 1	t_{PHLT}	MAX222/232A/233A/242/243		1.3	3.5	µs
		MAX220		4	10	
	t_{PLHT}	MAX222/232A/233A/242/243		1.5	3.5	
		MAX220		5	10	
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (normal operation), Figure 2	t_{PHLR}	MAX222/232A/233A/242/243		0.5	1	µs
		MAX220		0.6	3	
	t_{PLHR}	MAX222/232A/233A/242/243		0.6	1	
		MAX220		0.8	3	
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (shutdown), Figure 2	t_{PHLS}	MAX242		0.5	10	µs
	t_{PLHS}	MAX242		2.5	10	
Receiver-Output Enable Time, Figure 3	t_{ER}	MAX242		125	500	ns
Receiver-Output Disable Time, Figure 3	t_{DR}	MAX242		160	500	ns
Transmitter-Output Enable Time ($\overline{SHDN}$ goes high), Figure 4	t_{ET}	MAX222/242, 0.1µF caps (includes charge-pump start-up)		250		µs
Transmitter-Output Disable Time ($\overline{SHDN}$ goes low), Figure 4	t_{DT}	MAX222/242, 0.1µF caps		600		ns
Transmitter + to - Propagation Delay Difference (normal operation)	t_{PHLT} - t_{PLHT}	MAX222/232A/233A/242/243		300		ns
		MAX220		2000		
Receiver + to - Propagation Delay Difference (normal operation)	t_{PHLR} - t_{PLHR}	MAX222/232A/233A/242/243		100		ns
		MAX220		225		

Note 2: MAX243 $R2_{OUT}$ is guaranteed to be low when $R2_{IN}$ is ≥ 0V or is floating.

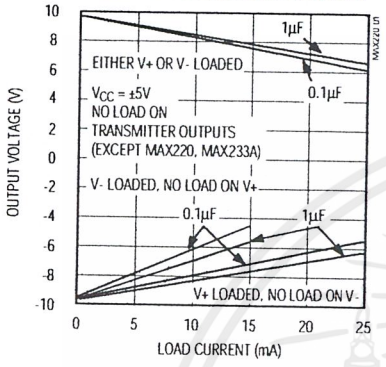
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

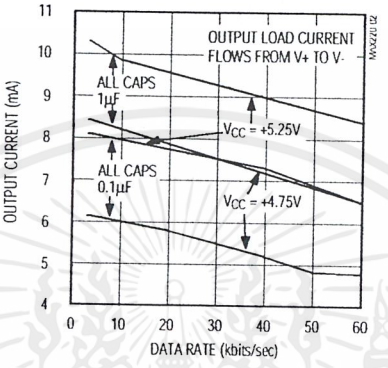
Typical Operating Characteristics

MAX220/MAX222/MAX232A/MAX233A/MAX242/MAX243

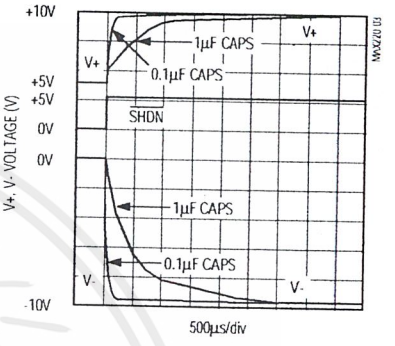
OUTPUT VOLTAGE vs. LOAD CURRENT



AVAILABLE OUTPUT CURRENT vs. DATA RATE



MAX222/MAX242 ON-TIME EXITING SHUTDOWN



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX223/MAX230–MAX241

V_{CC} ..... -0.3V to +6V
V+ ..... (V_{CC} - 0.3V) to +14V
V- ..... +0.3V to -14V
Input Voltages
T_{IN} ..... -0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
R_{IN} ..... ±30V
Output Voltages
T_{OUT} ..... (V+ + 0.3V) to (V- - 0.3V)
R_{OUT} ..... -0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
Short-Circuit Duration, T_{OUT} ..... Continuous
Continuous Power Dissipation (T_A = +70 °C)
14-Pin Plastic DIP (derate 10.00mW/ °C above +70 °C)....800mW
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/ °C above +70 °C)....842mW
20-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/ °C above +70 °C)....889mW
24-Pin Narrow Plastic DIP
(derate 13.33mW/ °C above +70 °C) 1.07W
24-Pin Plastic DIP (derate 9.09mW/ °C above +70 °C).....500mW
16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/ °C above +70 °C).....762mW
20-Pin Wide SO (derate 10.00mW/ °C above +70 °C).....800mW
24-Pin Wide SO (derate 11.76mW/ °C above +70 °C).....941mW
28-Pin Wide SO (derate 12.50mW/ °C above +70 °C) 1W
44-Pin Plastic FP (derate 11.11mW/ °C above +70 °C) 889mW
14-Pin CERDIP (derate 9.09mW/ °C above +70 °C) 727mW
16-Pin CERDIP (derate 10.00mW/ °C above +70 °C) 800mW
20-Pin CERDIP (derate 11.11mW/ °C above +70 °C) 889mW
24-Pin Narrow CERDIP
(derate 12.50mW/ °C above +70 °C) 1W
24-Pin Sidebraze (derate 20.0mW/ °C above +70 °C).....1.6W
28-Pin SSOP (derate 9.52mW/ °C above +70 °C).....762mW
Operating Temperature Ranges
MAX2 _ _ C _ _ ..... 0 °C to +70 °C
MAX2 _ _ E _ _ ..... -40 °C to +85 °C
MAX2 _ _ M _ _ ..... -55 °C to +125 °C
Storage Temperature Range ..... -65 °C to +160 °C
Lead Temperature (soldering, 10sec) ..... +300 °C

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX223/MAX230–MAX241

(MAX223/230/232/234/236/237/238/240/241, V_{CC} = +5V ±10; MAX233/MAX235, V_{CC} = 5V ±5%, C1–C4 = 1.0µF; MAX231/MAX239, V_{CC} = 5V ±10%; V+ = 7.5V to 13.2V; T_A = T_{MIN} to T_{MAX}; unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to ground		±5.0	±7.3		V
V_{CC} Power-Supply Current	No load, T_A = +25 °C	MAX232/233		5	10	mA
		MAX223/230/234–238/240/241		7	15	
		MAX231/239		0.4	1	
V+ Power-Supply Current		MAX231		1.8	5	mA
		MAX239		5	15	
Shutdown Supply Current	T_A = +25 °C	MAX223		15	50	µA
		MAX230/235/236/240/241		1	10	
Input Logic Threshold Low	T_{IN}; EN, $\overline{SHDN}$ (MAX233); $\overline{EN}$, SHDN (MAX230/235–241)				0.8	V
Input Logic Threshold High	T_{IN}		2.0			V
	EN, $\overline{SHDN}$ (MAX223); $\overline{EN}$, SHDN (MAX230/235/236/240/241)		2.4			
Logic Pull-Up Current	T_{IN} = 0V			1.5	200	µA
Receiver Input Voltage Operating Range			-30		30	V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX223/MAX230–MAX241 (continued)

(MAX223/230/232/234/236/237/238/240/241, V_{CC} = +5V ±10; MAX233/MAX235, V_{CC} = 5V ±5%, C1–C4 = 1.0µF; MAX231/MAX239, V_{CC} = 5V ±10%; V+ = 7.5V to 13.2V; T_A = T_{MIN} to T_{MAX}; unless otherwise noted.)

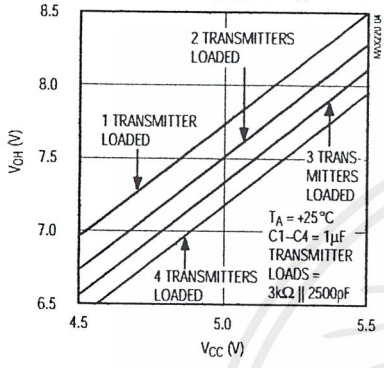
PARAMETER	CONDITIONS			MIN	TYP	MAX	UNITS
RS-232 Input Threshold Low	T_A = +25 °C, V_{CC} = 5V	Normal operation $\overline{SHDN}$ = 5V (MAX223) SHDN = 0V (MAX235/236/240/241)		0.8	1.2		V
		Shutdown (MAX223) $\overline{SHDN}$ = 0V, EN = 5V ($R4_{IN}$, $R5_{IN}$)		0.6	1.5		
RS-232 Input Threshold High	T_A = +25 °C, V_{CC} = 5V	Normal operation $\overline{SHDN}$ = 5V (MAX223) SHDN = 0V (MAX235/236/240/241)			1.7	2.4	V
		Shutdown (MAX223) $\overline{SHDN}$ = 0V, EN = 5V ($R4_{IN}$, $R5_{IN}$)			1.5	2.4	
RS-232 Input Hysteresis	V_{CC} = 5V, no hysteresis in shutdown			0.2	0.5	1.0	V
RS-232 Input Resistance	T_A = +25 °C, V_{CC} = 5V			3	5	7	kΩ
TTL/CMOS Output Voltage Low	I_{OUT} = 1.6mA (MAX231/232/233, I_{OUT} = 3.2mA)					0.4	V
TTL/CMOS Output Voltage High	I_{OUT} = -1mA			3.5	V_{CC} - 0.4		V
TTL/CMOS Output Leakage Current	0V ≤ R_{OUT} ≤ V_{CC}; EN = 0V (MAX223); $\overline{EN}$ = V_{CC} (MAX235–241)				0.05	±10	µA
Receiver Output Enable Time	Normal operation	MAX223			600		ns
		MAX235/236/239/240/241			400		
Receiver Output Disable Time	Normal operation	MAX223			900		ns
		MAX235/236/239/240/241			250		
Propagation Delay	RS-232 IN to TTL/CMOS OUT, C_L = 150pF	Normal operation			0.5	10	µs
		$\overline{SHDN}$ = 0V (MAX223)	t_{PHLS}		4	40	
			t_{PLHS}		6	40	
Transition Region Slew Rate	MAX223/MAX230/MAX234–241, T_A = +25 °C, V_{CC} = 5V, R_L = 3kΩ to 7kΩ, C_L = 50pF to 2500pF, measured from +3V to -3V or -3V to +3V			3	5.1	30	V/µs
	MAX231/MAX232/MAX233, T_A = +25 °C, V_{CC} = 5V, R_L = 3kΩ to 7kΩ, C_L = 50pF to 2500pF, measured from +3V to -3V or -3V to +3V				4	30	
Transmitter Output Resistance	V_{CC} = V+ = V- = 0V, V_{OUT} = ±2V			300			Ω
Transmitter Output Short-Circuit Current					±10		mA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

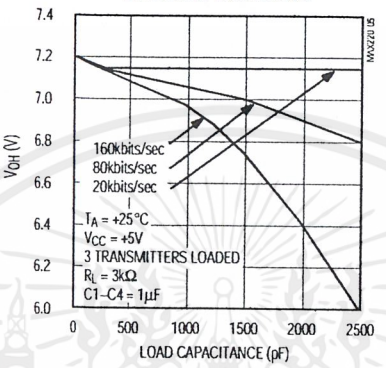
Typical Operating Characteristics

MAX223/MAX230–MAX241

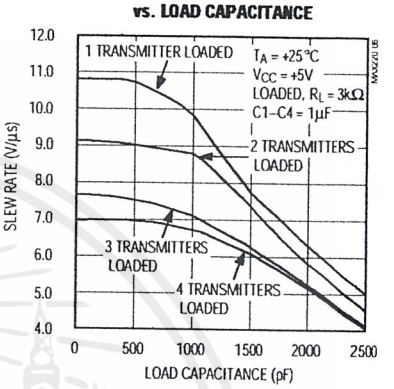
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE (V_{OH}) vs. V_{CC}



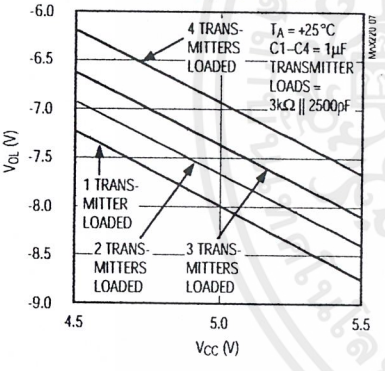
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE (V_{OH}) vs. LOAD CAPACITANCE AT DIFFERENT DATA RATES



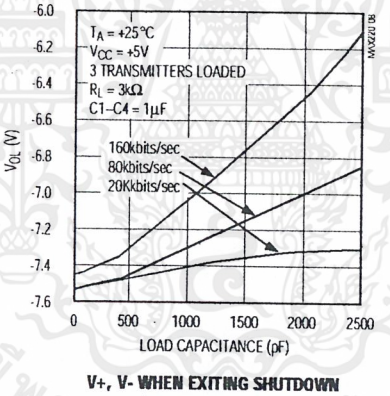
TRANSMITTER SLEW RATE vs. LOAD CAPACITANCE



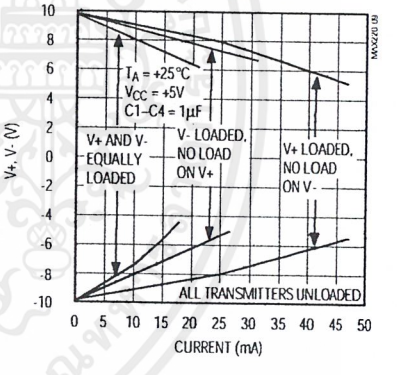
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE (V_{OL}) vs. V_{CC}



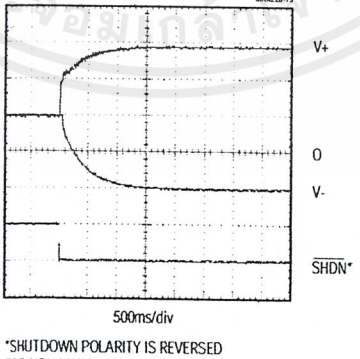
TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE (V_{OL}) vs. LOAD CAPACITANCE AT DIFFERENT DATA RATES



TRANSMITTER OUTPUT VOLTAGE (V+, V-) vs. LOAD CURRENT



V+, V- WHEN EXITING SHUTDOWN (1µF CAPACITORS)



*SHUTDOWN POLARITY IS REVERSED FOR NON MAX241 PARTS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX225/MAX244–MAX249

Supply Voltage (V_{CC}) ..... -0.3V to +6V
Input Voltages
T_{IN}, $\overline{ENA}$, $\overline{ENB}$, $\overline{ENR}$, $\overline{ENT}$, $\overline{ENRA}$, $\overline{ENRB}$, $\overline{ENTA}$, $\overline{ENTB}$ ..... -0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
R_{IN} ..... ±25V
T_{OUT} (Note 3) ..... ±15V
R_{OUT} ..... -0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
Short Circuit (one output at a time)
T_{OUT} to GND ..... Continuous
R_{OUT} to GND ..... Continuous

Continuous Power Dissipation (T_A = +70 °C)
28-Pin Wide SO (derate 12.50mW/ °C above +70 °C) 1W
40-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/ °C above +70 °C) ... 611mW
44-Pin PLCC (derate 13.33mW/ °C above +70 °C) 1.07W
Operating Temperature Ranges
MAX225C_ _, MAX24_C_ _ ..... 0 °C to +70 °C
MAX225E_ _, MAX24_E_ _ ..... -40 °C to +85 °C
Storage Temperature Range ..... -65 °C to +160 °C
Lead Temperature (soldering, 10sec) ..... +300 °C

Note 3: Input voltage measured with transmitter output in a high-impedance state, shutdown, or V_{CC} = 0V.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX225/MAX244–MAX249

(MAX225, V_{CC} = 5.0V ±5%; MAX244–MAX249, V_{CC} = +5.0V ±10%, external capacitors C1–C4 = 1µF; T_A = T_{MIN} to T_{MAX}; unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
RS-232 TRANSMITTERS						
Input Logic Threshold Low				1.4	0.8	V
Input Logic Threshold High			2	1.4		V
Logic Pull-Up/Input Current	Tables 1a–1d	Normal operation		10	50	µA
		Shutdown		±0.01	±1	
Data Rate	Tables 1a–1d, normal operation			120	64	kbits/sec
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to GND		±5	±7.5		V
Output Leakage Current (shutdown)	Tables 1a–1d	$\overline{ENA}$, $\overline{ENB}$, $\overline{ENT}$, $\overline{ENTA}$, $\overline{ENTB}$ = V_{CC}, V_{OUT} = ±15V		±0.01	±25	µA
		V_{CC} = 0V, V_{OUT} = ±15V		±0.01	±25	
Transmitter Output Resistance	V_{CC} = V+ = V- = 0V, V_{OUT} = ±2V (Note 4)		300	10M		Ω
Output Short-Circuit Current	V_{OUT} = 0V		±7	±30		mA
RS-232 RECEIVERS						
RS-232 Input Voltage Operating Range					±25	V
RS-232 Input Threshold Low	V_{CC} = 5V		0.8	1.3		V
RS-232 Input Threshold High	V_{CC} = 5V			1.8	2.4	V
RS-232 Input Hysteresis	V_{CC} = 5V		0.2	0.5	1.0	V
RS-232 Input Resistance			3	5	7	kΩ
TTL/CMOS Output Voltage Low	I_{OUT} = 3.2mA			0.2	0.4	V
TTL/CMOS Output Voltage High	I_{OUT} = -1.0mA		3.5	V_{CC} - 0.2		V
TTL/CMOS Output Short-Circuit Current	Sourcing V_{OUT} = GND		-2	-10		mA
	Shrinking V_{OUT} = V_{CC}		10	30		
TTL/CMOS Output Leakage Current	Normal operation, outputs disabled, Tables 1a–1d, 0V ≤ V_{OUT} ≤ V_{CC}, $\overline{ENR_}$ = V_{CC}			±0.05	±0.10	µA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX225/MAX244–MAX249 (continued)

(MAX225, V_{CC} = 5.0V ±5%; MAX244–MAX249, V_{CC} = +5.0V ±10%, external capacitors C1–C4 = 1µF; T_A = T_{MIN} to T_{MAX}; unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
POWER SUPPLY AND CONTROL LOGIC						
Operating Supply Voltage		MAX225	4.75		5.25	V
		MAX244–MAX249	4.5		5.5	
V_{CC} Supply Current (normal operation)	No load	MAX225		10	20	mA
		MAX244–MAX249		11	30	
	3kΩ loads on all outputs	MAX225		40		
		MAX244–MAX249		57		
Shutdown Supply Current	T_A = +25 °C			8	25	µA
	T_A = T_{MIN} to T_{MAX}				50	
Control Input	Leakage current				±1	µA
	Threshold low			1.4	0.8	V
	Threshold high		2.4	1.4		
AC CHARACTERISTICS						
Transition Slew Rate	C_L = 50pF to 2500pF, R_L = 3kΩ to 7kΩ, V_{CC} = 5V, T_A = +25 °C, measured from +3V to -3V or -3V to +3V		5	10	30	V/µs
Transmitter Propagation Delay TLL to RS-232 (normal operation), Figure 1	t_{PHLT}			1.3	3.5	µs
	t_{PLHT}			1.5	3.5	
Receiver Propagation Delay TLL to RS-232 (normal operation), Figure 2	t_{PHLR}			0.6	1.5	µs
	t_{PLHR}			0.6	1.5	
Receiver Propagation Delay TLL to RS-232 (low-power mode), Figure 2	t_{PHLS}			0.6	10	µs
	t_{PLHS}			3.0	10	
Transmitter + to - Propagation Delay Difference (normal operation)	t_{PHLT} - t_{PLHT}			350		ns
Receiver + to - Propagation Delay Difference (normal operation)	t_{PHLR} - t_{PLHR}			350		ns
Receiver-Output Enable Time, Figure 3	t_{ER}			100	500	ns
Receiver-Output Disable Time, Figure 3	t_{DR}			100	500	ns
Transmitter Enable Time	t_{ET}	MAX246–MAX249 (excludes charge-pump start-up)		5		µs
		MAX225/MAX245–MAX249 (includes charge-pump start-up)		10		ms
Transmitter Disable Time, Figure 4	t_{DT}			100		ns

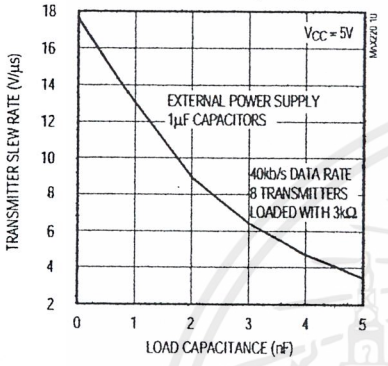
Note 4: The 300Ω minimum specification complies with EIA/TIA-232E, but the actual resistance when in shutdown mode or V_{CC} = 0V is 10MΩ as is implied by the leakage specification.

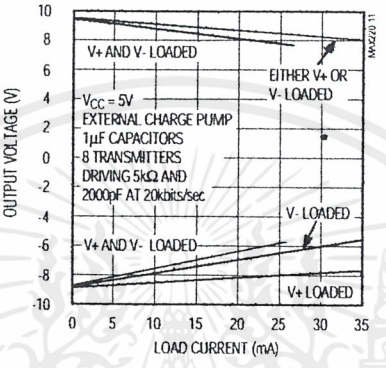
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

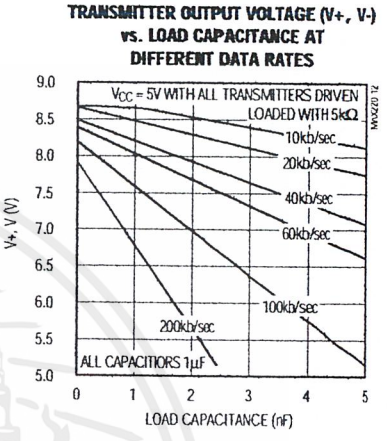
+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

Typical Operating Characteristics

MAX225/MAX244–MAX249







เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

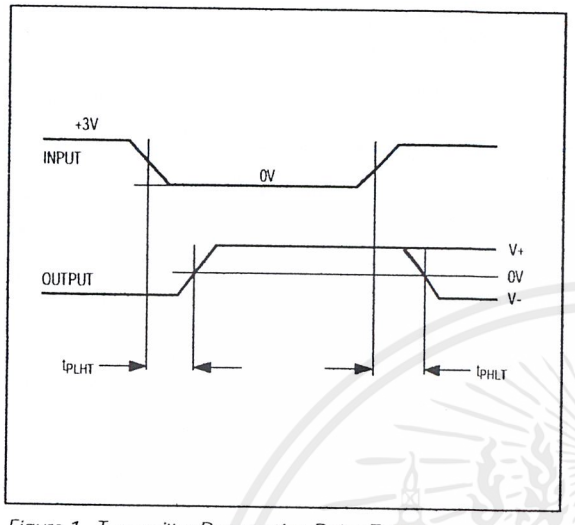


Figure 1. Transmitter Propagation-Delay Timing

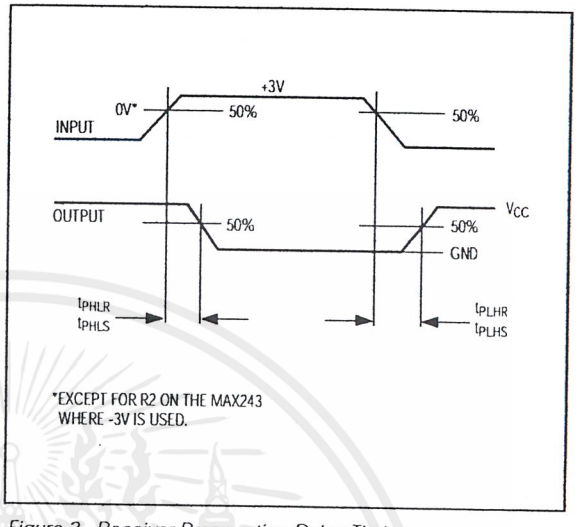


Figure 2. Receiver Propagation-Delay Timing

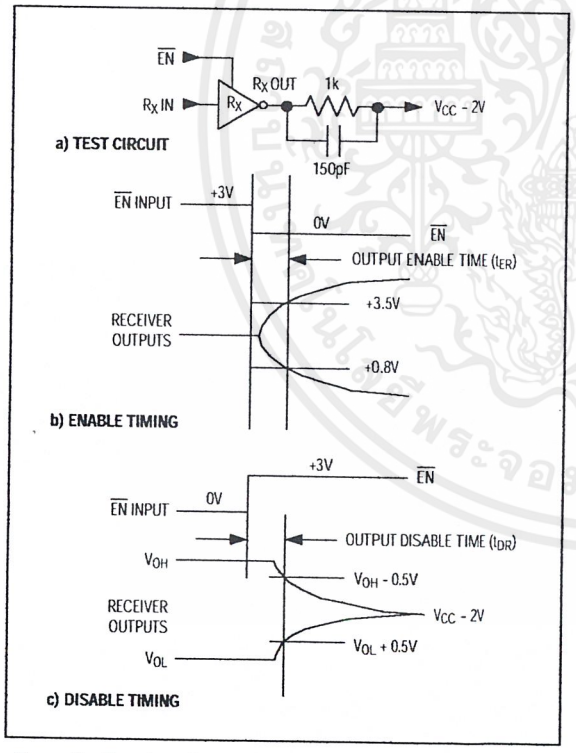


Figure 3. Receiver-Output Enable and Disable Timing

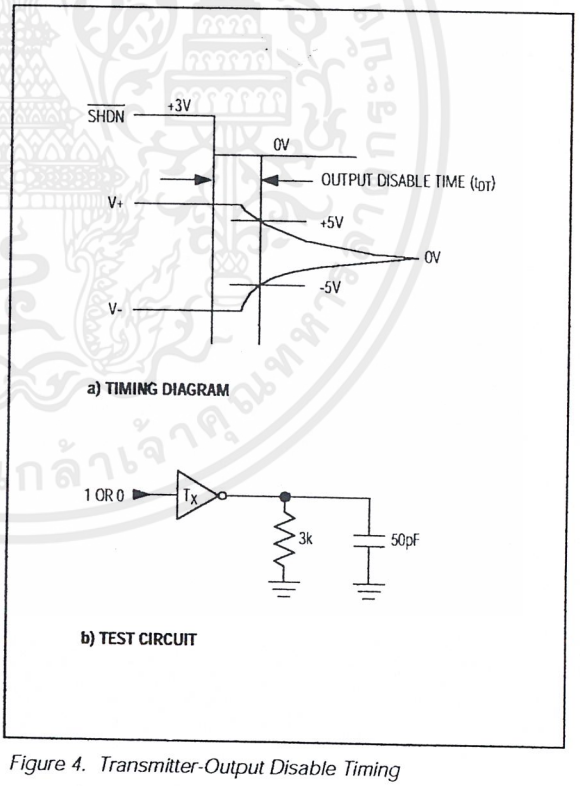


Figure 4. Transmitter-Output Disable Timing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

Table 1a. MAX245 Control Pin Configurations

$\overline{ENT}$	$\overline{ENR}$	OPERATION STATUS	TRANSMITTERS	RECEIVERS
0	0	Normal Operation	All Active	All Active
0	1	Normal Operation	All Active	All 3-State
1	0	Shutdown	All 3-State	All Low-Power Receive Mode
1	1	Shutdown	All 3-State	All 3-State

Table 1b. MAX245 Control Pin Configurations

$\overline{ENT}$	$\overline{ENR}$	OPERATION STATUS	TRANSMITTERS		RECEIVERS	
			TA1–TA4	TB1–TB4	RA1–RA5	RB1–RB5
0	0	Normal Operation	All Active	All Active	All Active	All Active
0	1	Normal Operation	All Active	All Active	RA1–RA4 3-State, RA5 Active	RB1–RB4 3-State, RB5 Active
1	0	Shutdown	All 3-State	All 3-State	All Low-Power Receive Mode	All Low-Power Receive Mode
1	1	Shutdown	All 3-State	All 3-State	RA1–RA4 3-State, RA5 Low-Power Receive Mode	RB1–RB4 3-State, RB5 Low-Power Receive Mode

Table 1c. MAX246 Control Pin Configurations

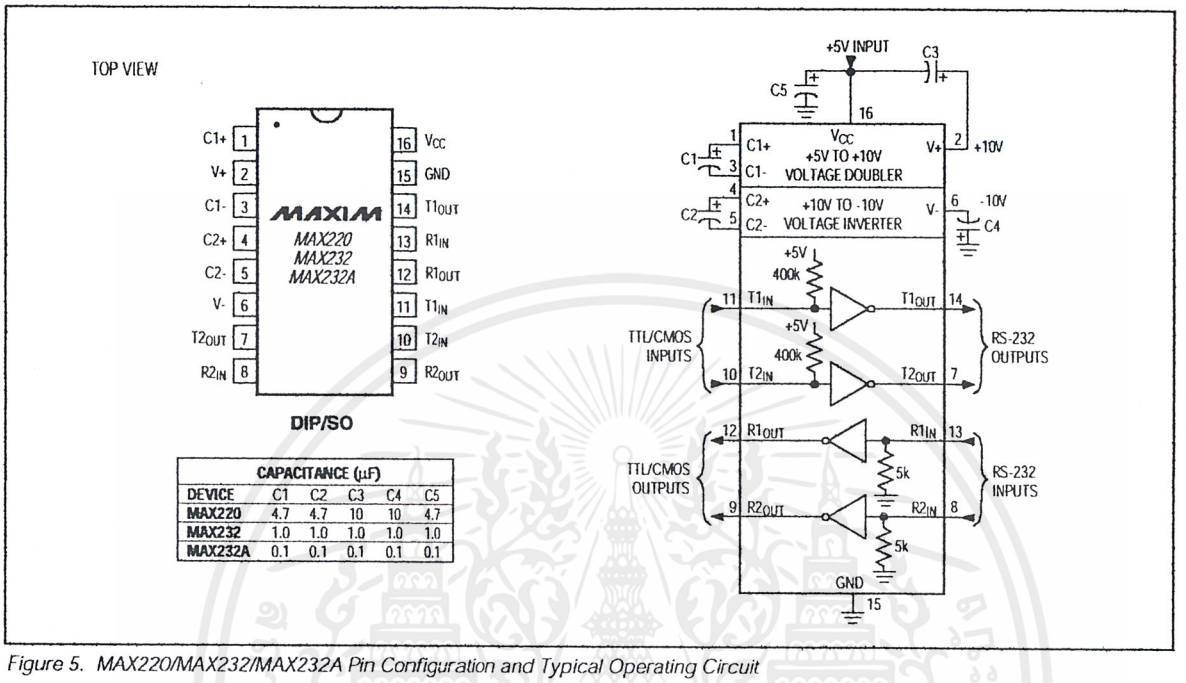
$\overline{ENA}$	$\overline{ENB}$	OPERATION STATUS	TRANSMITTERS		RECEIVERS	
			TA1–TA4	TB1–TB4	RA1–RA5	RB1–RB5
0	0	Normal Operation	All Active	All Active	All Active	All Active
0	1	Normal Operation	All Active	All 3-State	All Active	RB1–RB4 3-State, RB5 Active
1	0	Shutdown	All 3-State	All Active	RA1–RA4 3-State, RA5 Active	All Active
1	1	Shutdown	All 3-State	All 3-State	RA1–RA4 3-State, RA5 Low-Power Receive Mode	RB1–RB4 3-State, RA5 Low-Power Receive Mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1d. MAX247/MAX248/MAX249 Control Pin Configurations

$\overline{ENTA}$	$\overline{ENTB}$	$\overline{ENRA}$	$\overline{ENRB}$	OPERATION STATUS		TRANSMITTERS		RECEIVERS	
					MAX247	TA1–TA4	TB1–TB4	RA1–RA4	RB1–RB5
					MAX248	TA1–TA4	TB1–TB4	RA1–RA4	RB1–RB4
					MAX249	TA1–TA3	TB1–TB3	RA1–RA5	RB1–RB5
0	0	0	0	Normal Operation		All Active	All Active	All Active	All Active
0	0	0	1	Normal Operation		All Active	All Active	All Active	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
0	0	1	0	Normal Operation		All Active	All Active	All 3-State	All Active
0	0	1	1	Normal Operation		All Active	All Active	All 3-State	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
0	1	0	0	Normal Operation		All Active	All 3-State	All Active	All Active
0	1	0	1	Normal Operation		All Active	All 3-State	All Active	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
0	1	1	0	Normal Operation		All Active	All 3-State	All 3-State	All Active
0	1	1	1	Normal Operation		All Active	All 3-State	All 3-State	All 3-State, except B5 stays active on MAX247
1	0	0	0	Normal Operation		All 3-State	All Active	All Active	All Active
1	0	0	1	Normal Operation		All 3-State	All Active	All Active	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
1	0	1	0	Normal Operation		All 3-State	All Active	All 3-State	All Active
1	0	1	1	Normal Operation		All 3-State	All Active	All 3-State	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
1	1	0	0	Shutdown		All 3-State	All 3-State	Low-Power Receive Mode	Low-Power Receive Mode
1	1	0	1	Shutdown		All 3-State	All 3-State	Low-Power Receive Mode	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247
1	1	1	0	Shutdown		All 3-State	All 3-State	All 3-State	Low-Power Receive Mode
1	1	1	1	Shutdown		All 3-State	All 3-State	All 3-State	All 3-State, except RB5 stays active on MAX247

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



CAPACITANCE (µF)					
DEVICE	C1	C2	C3	C4	C5
MAX220	4.7	4.7	10	10	4.7
MAX232	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
MAX232A	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

Figure 5. MAX220/MAX232/MAX232A Pin Configuration and Typical Operating Circuit

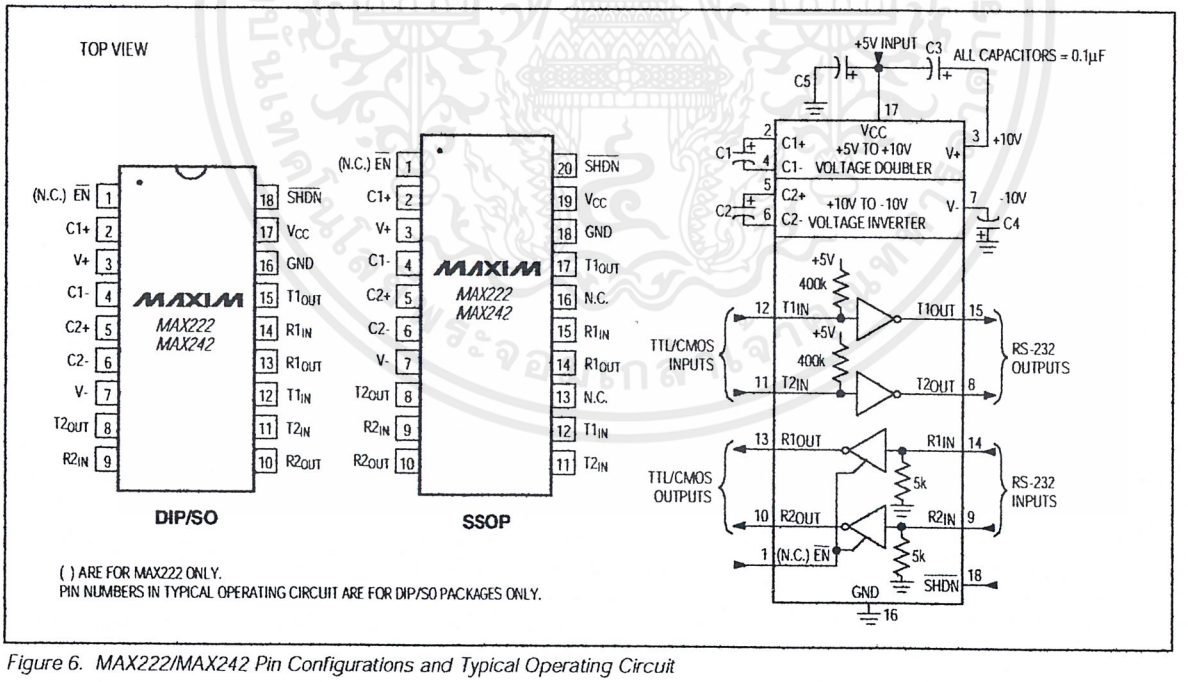


Figure 6. MAX222/MAX242 Pin Configurations and Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

- Compatible with MCS-51™ Products
- 4K Bytes of In-System Reprogrammable Flash Memory
  - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-Level Program Memory Lock
- 128 x 8-Bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Two 16-Bit Timer/Counters
- Six Interrupt Sources
- Programmable Serial Channel
- Low Power Idle and Power Down Modes

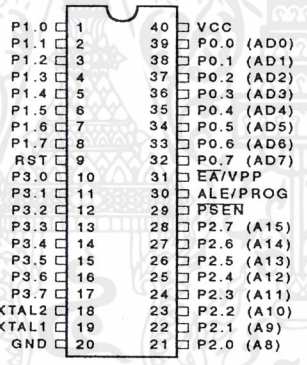
Description

The AT89C51 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 4K bytes of Flash Programmable and Erasable Read Only Memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry standard MCS-51™ instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C51 is a powerful microcomputer which provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

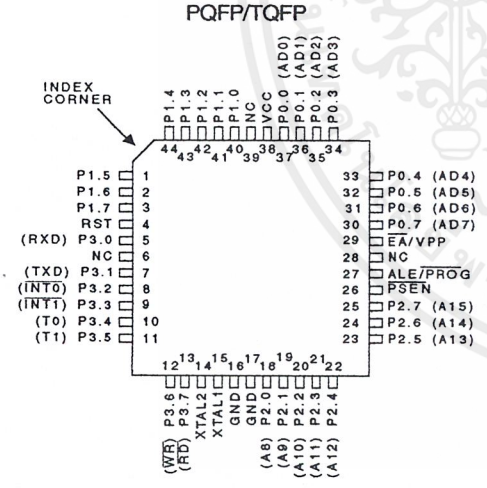
(continued)

Pin Configurations

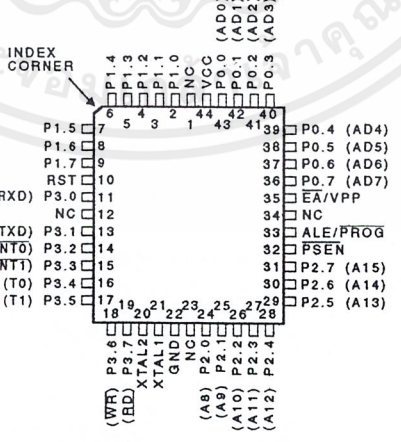
PDIP



PQFP/TQFP



PLCC



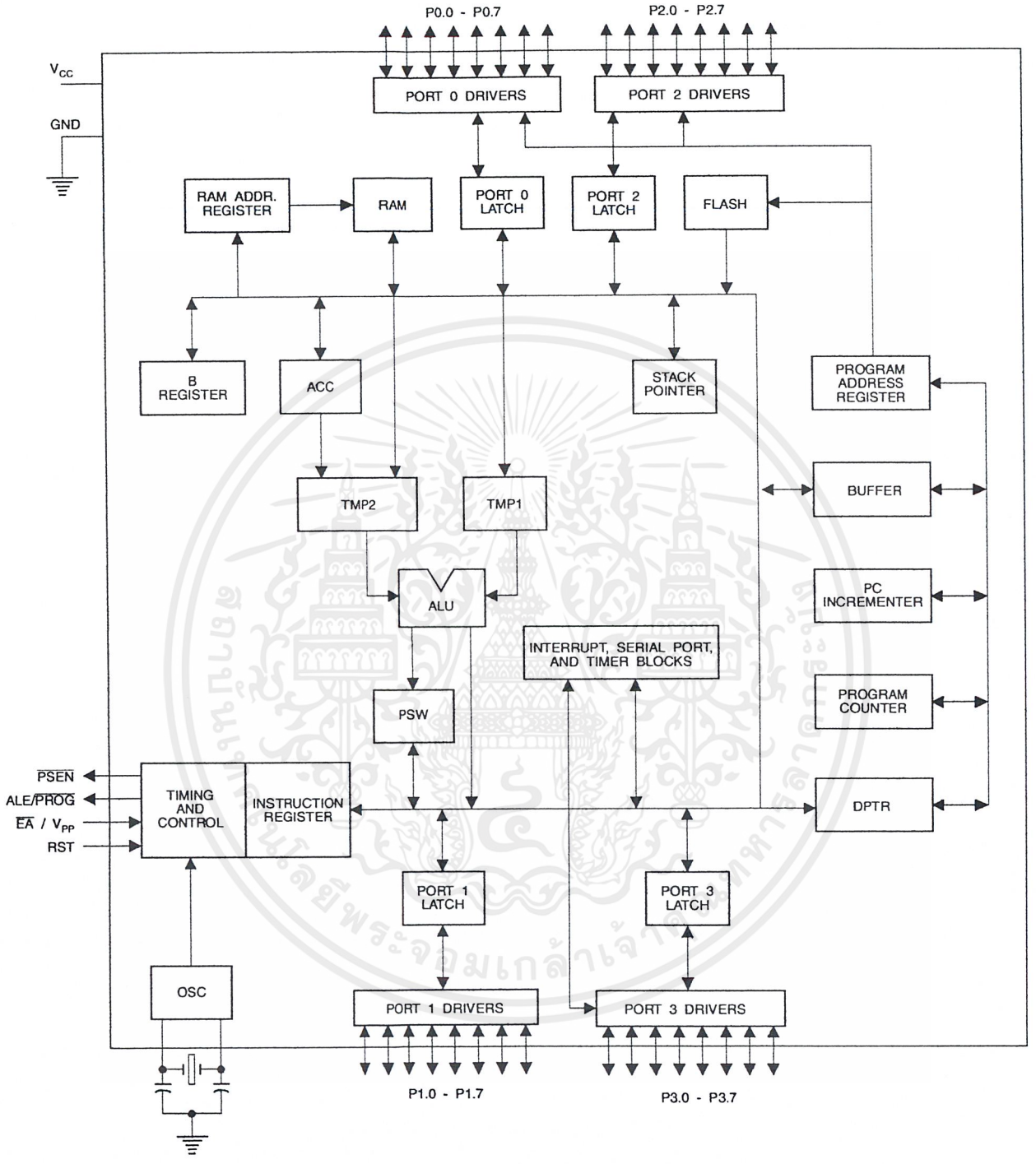
8-Bit Microcontroller with 4K Bytes Flash

AT89C51

0265F-A–12/97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The AT89C51 provides the following standard features: 4K bytes of Flash, 128 bytes of RAM, 32 I/O lines, two 16-bit timer/counters, a five vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator and clock circuitry. In addition, the AT89C51 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 oscillator disabling all other chip functions until the next hardware reset.

Pin Description

V_{CC}
Supply voltage.

GND
Ground.

Port 0
Port 0 is an 8-bit open drain bidirectional I/O port. As an output port each pin can sink eight TTL inputs. When 1s are written to port 0 pins, the pins can be used as high-impedance inputs.

Port 0 may also be configured to be the multiplexed low-order address/data bus during accesses to external program and data memory. In this mode P0 has internal pullups.

Port 0 also receives the code bytes during Flash programming, and outputs the code bytes during program verification. External pullups are required during program verification.

Port 1
Port 1 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 1 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 1 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 1 also receives the low-order address bytes during Flash programming and verification.

Port 2
Port 2 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that use 16-bit addresses (MOVX @ DPTR). In this application it uses strong internal pullups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOVX @ RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

Port 2 also receives the high-order address bits and some control signals during Flash programming and verification.

Port 3
Port 3 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 3 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 3 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89C51 as listed below:

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	$\overline{INT0}$ (external interrupt 0)
P3.3	$\overline{INT1}$ (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	$\overline{WR}$ (external data memory write strobe)
P3.7	$\overline{RD}$ (external data memory read strobe)

Port 3 also receives some control signals for Flash programming and verification.

RST
Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device.

ALE/$\overline{PROG}$
Address Latch Enable output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input ($\overline{PROG}$) during Flash programming.

In normal operation ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency, and may be used for external timing or clocking purposes. Note, however, that one ALE pulse is skipped during each access to external Data Memory.

If desired, ALE operation can be disabled by setting bit 0 of SFR location 8EH. With the bit set, ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction. Otherwise, the pin is weakly pulled high. Setting the ALE-disable bit has no effect if the microcontroller is in external execution mode.

$\overline{PSEN}$
Program Store Enable is the read strobe to external program memory.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

When the AT89C51 is executing code from external program memory, $\overline{PSEN}$ is activated twice each machine cycle, except that two $\overline{PSEN}$ activations are skipped during each access to external data memory.

$\overline{EA}$/V_{PP}
External Access Enable. $\overline{EA}$ must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external program memory locations starting at 0000H up to FFFFH. Note, however, that if lock bit 1 is programmed, $\overline{EA}$ will be internally latched on reset.

$\overline{EA}$ should be strapped to V_{CC} for internal program executions.

This pin also receives the 12-volt programming enable voltage (V_{PP}) during Flash programming, for parts that require 12-volt V_{PP}.

XTAL1
Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

XTAL2
Output from the inverting oscillator amplifier.

Oscillator Characteristics

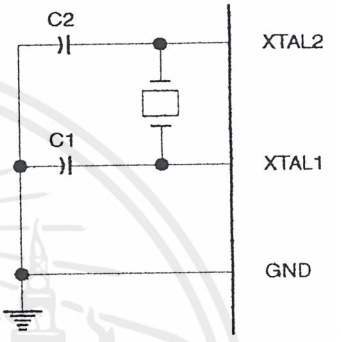
XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier which can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 1. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected while XTAL1 is driven as shown in Figure 2. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

Idle Mode

In idle mode, the CPU puts itself to sleep while all the on-chip peripherals remain active. The mode is invoked by software. The content of the on-chip RAM and all the special functions registers remain unchanged during this mode. The idle mode can be terminated by any enabled interrupt or by a hardware reset.

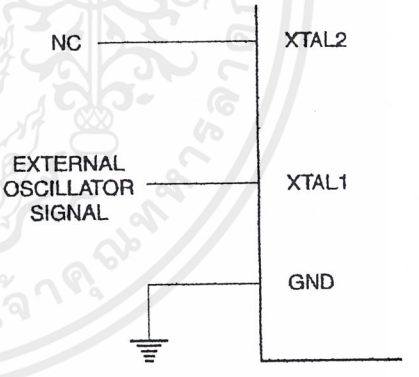
It should be noted that when idle is terminated by a hard ware reset, the device normally resumes program execution, from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port pins is not inhibited. To eliminate the possibility of an unexpected write to a port pin when Idle is terminated by reset, the instruction following the one that invokes Idle should not be one that writes to a port pin or to external memory.

Figure 1. Oscillator Connections



Note: C1, C2 = 30 pF ± 10 pF for Crystals
= 40 pF ± 10 pF for Ceramic Resonators

Figure 2. External Clock Drive Configuration



Status of External Pins During Idle and Power Down Modes

Mode	Program Memory	ALE	$\overline{PSEN}$	PORT0	PORT1	PORT2	PORT3
Idle	Internal	1	1	Data	Data	Data	Data
Idle	External	1	1	Float	Data	Address	Data
Power Down	Internal	0	0	Data	Data	Data	Data
Power Down	External	0	0	Float	Data	Data	Data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Power Down Mode

In the power down mode the oscillator is stopped, and the instruction that invokes power down is the last instruction executed. The on-chip RAM and Special Function Registers retain their values until the power down mode is terminated. The only exit from power down is a hardware reset. Reset redefines the SFRs but does not change the on-chip RAM. The reset should not be activated before V_{CC} is restored to its normal operating level and must be held active long enough to allow the oscillator to restart and stabilize.

Program Memory Lock Bits

On the chip are three lock bits which can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the additional features listed in the table below:

When lock bit 1 is programmed, the logic level at the $\overline{EA}$ pin is sampled and latched during reset. If the device is powered up without a reset, the latch initializes to a random value, and holds that value until reset is activated. It is necessary that the latched value of $\overline{EA}$ be in agreement with the current logic level at that pin in order for the device to function properly.

Lock Bit Protection Modes

Program Lock Bits				Protection Type
	LB1	LB2	LB3	
1	U	U	U	No program lock features.
2	P	U	U	MOVC instructions executed from external program memory are disabled from fetching code bytes from internal memory, $\overline{EA}$ is sampled and latched on reset, and further programming of the Flash is disabled.
3	P	P	U	Same as mode 2, also verify is disabled.
4	P	P	P	Same as mode 3, also external execution is disabled.

Programming the Flash

The AT89C51 is normally shipped with the on-chip Flash memory array in the erased state (that is, contents = FFH) and ready to be programmed. The programming interface accepts either a high-voltage (12-volt) or a low-voltage (V_{CC}) program enable signal. The low voltage programming mode provides a convenient way to program the AT89C51 inside the user's system, while the high-voltage programming mode is compatible with conventional third party Flash or EPROM programmers.

The AT89C51 is shipped with either the high-voltage or low-voltage programming mode enabled. The respective top-side marking and device signature codes are listed in the following table.

	V_{PP} = 12V	V_{PP} = 5V
Top-Side Mark	AT89C51 xxxx yyww	AT89C51 xxxx-5 yyww
Signature	(030H)=1EH (031H)=51H (032H)=FFH	(030H)=1EH (031H)=51H (032H)=05H

The AT89C51 code memory array is programmed byte-by-byte in either programming mode. *To program any non-blank byte in the on-chip Flash Memory, the entire memory must be erased using the Chip Erase Mode.*

Programming Algorithm: Before programming the AT89C51, the address, data and control signals should be set up according to the Flash programming mode table and Figures 3 and 4. To program the AT89C51, take the following steps.

1. Input the desired memory location on the address lines.
2. Input the appropriate data byte on the data lines.
3. Activate the correct combination of control signals.
4. Raise $\overline{EA}/V_{PP}$ to 12V for the high-voltage programming mode.
5. Pulse ALE/$\overline{PROG}$ once to program a byte in the Flash array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes no more than 1.5 ms. Repeat steps 1 through 5, changing the address and data for the entire array or until the end of the object file is reached.

$\overline{Data}$ Polling: The AT89C51 features $\overline{Data}$ Polling to indicate the end of a write cycle. During a write cycle, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written datum on PO.7. Once the write cycle has been completed, true data are valid on all outputs, and the next cycle may begin. $\overline{Data}$ Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.

Ready/$\overline{Busy}$: The progress of byte programming can also be monitored by the RDY/$\overline{BSY}$ output signal. P3.4 is pulled low after ALE goes high during programming to indicate BUSY. P3.4 is pulled high again when programming is done to indicate READY.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Program Verify: If lock bits LB1 and LB2 have not been programmed, the programmed code data can be read back via the address and data lines for verification. The lock bits cannot be verified directly. Verification of the lock bits is achieved by observing that their features are enabled.

Chip Erase: The entire Flash array is erased electrically by using the proper combination of control signals and by holding ALE/$\overline{PROG}$ low for 10 ms. The code array is written with all "1"s. The chip erase operation must be executed before the code memory can be re-programmed.

Reading the Signature Bytes: The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 030H,

031H, and 032H, except that P3.6 and P3.7 must be pulled to a logic low. The values returned are as follows.

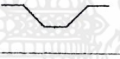
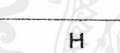
(030H) = 1EH indicates manufactured by Atmel
(031H) = 51H indicates 89C51
(032H) = FFH indicates 12V programming
(032H) = 05H indicates 5V programming

Programming Interface

Every code byte in the Flash array can be written and the entire array can be erased by using the appropriate combination of control signals. The write operation cycle is self-timed and once initiated, will automatically time itself to completion.

All major programming vendors offer worldwide support for the Atmel microcontroller series. Please contact your local programming vendor for the appropriate software revision.

Flash Programming Modes

Mode		RST	$\overline{PSEN}$	ALE/$\overline{PROG}$	$\overline{EA}$/V_{PP}	P2.6	P2.7	P3.6	P3.7
Write Code Data		H	L		H/12V	L	H	H	H
Read Code Data		H	L	H	H	L	L	H	H
Write Lock	Bit - 1	H	L		H/12V	H	H	H	H
	Bit - 2	H	L		H/12V	H	H	L	L
	Bit - 3	H	L		H/12V	H	L	H	L
Chip Erase		H	L	 (1)	H/12V	H	L	L	L
Read Signature Byte		H	L	H	H	L	L	L	L

Note: 1. Chip Erase requires a 10-ms PROG pulse.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 3. Programming the Flash

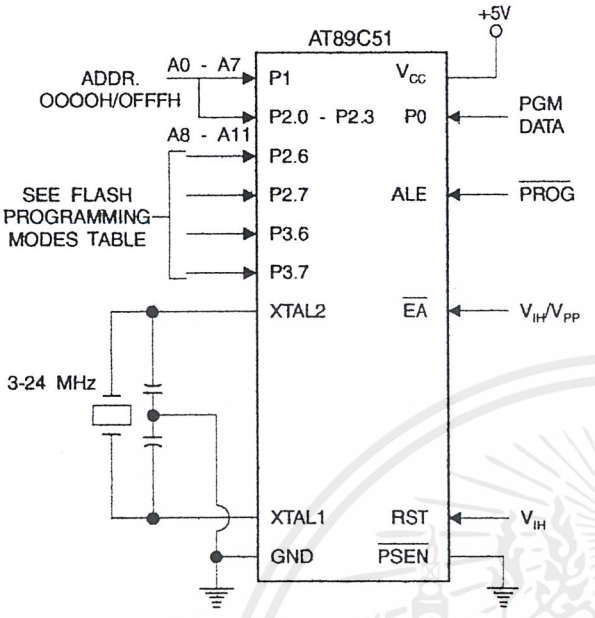
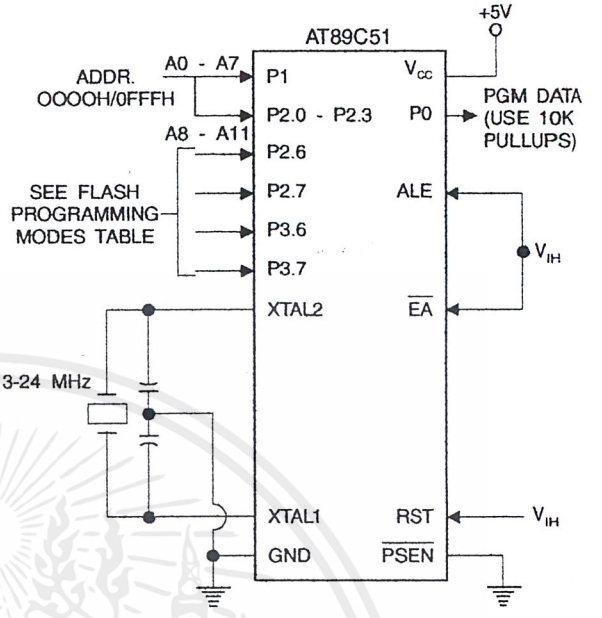


Figure 4. Verifying the Flash



Flash Programming and Verification Characteristics

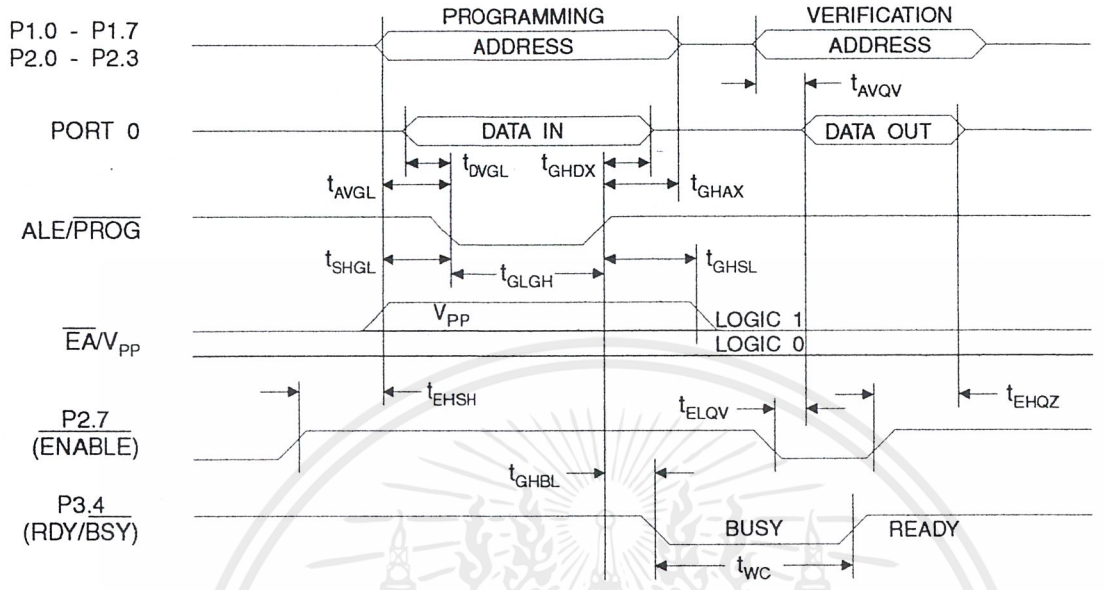
T_A = 0°C to 70°C, V_{CC} = 5.0 ± 10%

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
V_{PP}(1)	Programming Enable Voltage	11.5	12.5	V
I_{PP}(1)	Programming Enable Current		1.0	mA
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	3	24	MHz
t_{AVGL}	Address Setup to $\overline{PROG}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHAX}	Address Hold After $\overline{PROG}$	$48t_{CLCL}$		
t_{DVGL}	Data Setup to $\overline{PROG}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHDX}	Data Hold After $\overline{PROG}$	$48t_{CLCL}$		
t_{EHSH}	P2.7 ($\overline{ENABLE}$) High to V_{PP}	$48t_{CLCL}$		
t_{SHGL}	V_{PP} Setup to $\overline{PROG}$ Low	10		µs
t_{GHSL}(1)	V_{PP} Hold After $\overline{PROG}$	10		µs
t_{GLGH}	$\overline{PROG}$ Width	1	110	µs
t_{AVQV}	Address to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{ELQV}	$\overline{ENABLE}$ Low to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{EHQZ}	Data Float After $\overline{ENABLE}$	0	$48t_{CLCL}$	
t_{GHBL}	$\overline{PROG}$ High to $\overline{BUSY}$ Low		1.0	µs
t_{WC}	Byte Write Cycle Time		2.0	ms

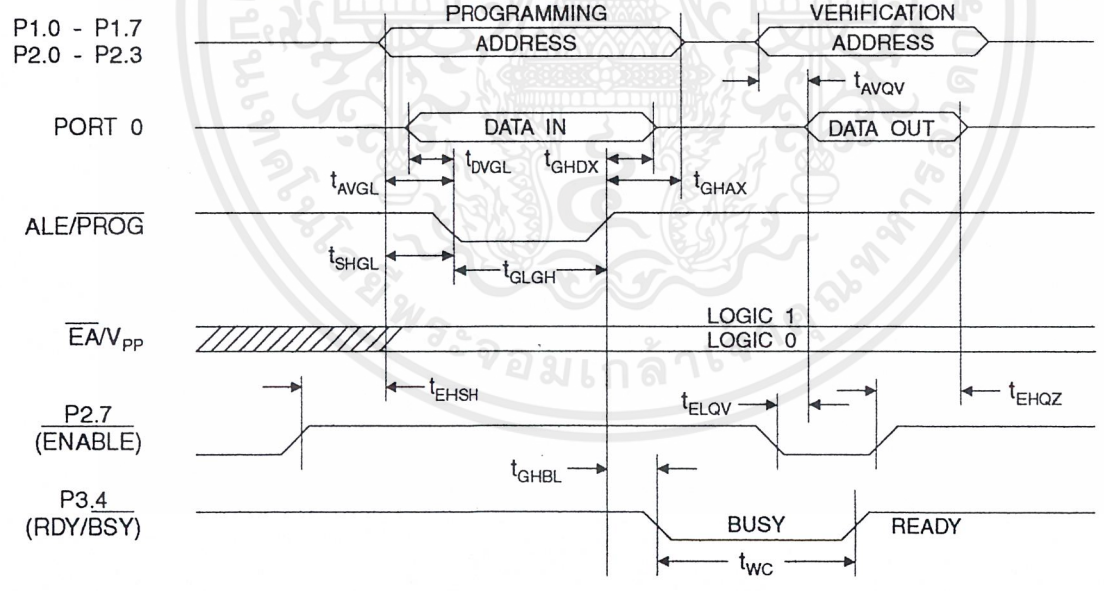
Note: 1. Only used in 12-volt programming mode.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flash Programming and Verification Waveforms - High Voltage Mode (V_{PP} = 12V)



Flash Programming and Verification Waveforms - Low Voltage Mode (V_{PP} = 5V)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings*

Operating Temperature	-55°C to +125°C
Storage Temperature	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin with Respect to Ground	-1.0V to +7.0V
Maximum Operating Voltage	6.6V
DC Output Current	15.0 mA

*NOTICE: Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

DC Characteristics

T_A = -40°C to 85°C, V_{CC} = 5.0V ± 20% (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
V_{IL}	Input Low Voltage	(Except $\overline{EA}$)	-0.5	0.2 V_{CC} - 0.1	V
V_{IL1}	Input Low Voltage ($\overline{EA}$)		-0.5	0.2 V_{CC} - 0.3	V
V_{IH}	Input High Voltage	(Except XTAL1, RST)	0.2 V_{CC} + 0.9	V_{CC} + 0.5	V
V_{IH1}	Input High Voltage	(XTAL1, RST)	0.7 V_{CC}	V_{CC} + 0.5	V
V_{OL}	Output Low Voltage(1) (Ports 1,2,3)	I_{OL} = 1.6 mA		0.45	V
V_{OL1}	Output Low Voltage(1) (Port 0, ALE, $\overline{PSEN}$)	I_{OL} = 3.2 mA		0.45	V
V_{OH}	Output High Voltage (Ports 1,2,3, ALE, $\overline{PSEN}$)	I_{OH} = -60 µA, V_{CC} = 5V ± 10%	2.4		V
		I_{OH} = -25 µA	0.75 V_{CC}		V
		I_{OH} = -10 µA	0.9 V_{CC}		V
V_{OH1}	Output High Voltage (Port 0 in External Bus Mode)	I_{OH} = -800 µA, V_{CC} = 5V ± 10%	2.4		V
		I_{OH} = -300 µA	0.75 V_{CC}		V
		I_{OH} = -80 µA	0.9 V_{CC}		V
I_{IL}	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	V_{IN} = 0.45V		-50	µA
I_{TL}	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	V_{IN} = 2V, VCC = 5V ± 10%		-650	µA
I_{LI}	Input Leakage Current (Port 0, $\overline{EA}$)	0.45 < V_{IN} < V_{CC}		±10	µA
RRST	Reset Pulldown Resistor		50	300	KΩ
C_{IO}	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, T_A = 25°C		10	pF
I_{CC}	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		20	mA
		Idle Mode, 12 MHz		5	mA
	Power Down Mode(2)	V_{CC} = 6V		100	µA
		V_{CC} = 3V		40	µA

Notes: 1. Under steady state (non-transient) conditions, I_{OL} must be externally limited as follows:
Maximum I_{OL} per port pin: 10 mA
Maximum I_{OL} per 8-bit port: Port 0: 26 mA
Ports 1, 2, 3: 15 mA
Maximum total I_{OL} for all output pins: 71 mA
If I_{OL} exceeds the test condition, V_{OL} may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.

2. Minimum V_{CC} for Power Down is 2V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Characteristics

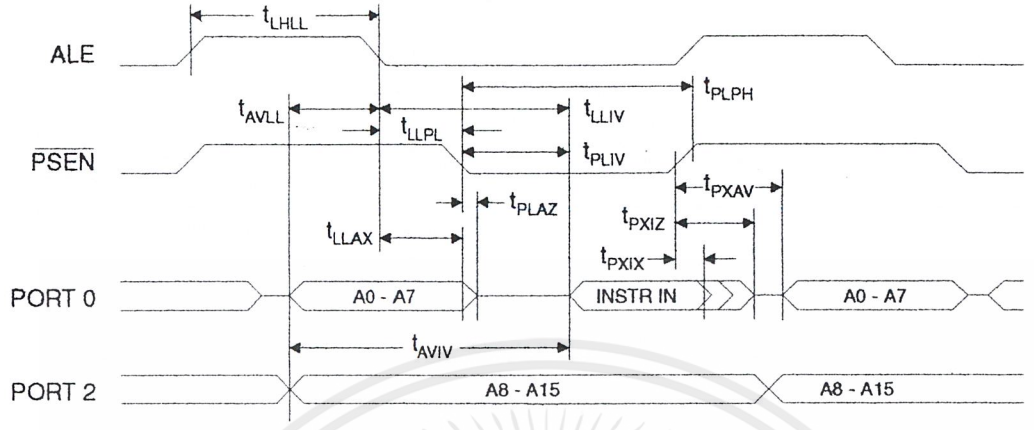
(Under Operating Conditions; Load Capacitance for Port 0, ALE/$\overline{PROG}$, and $\overline{PSEN}$ = 100 pF; Load Capacitance for all other outputs = 80 pF)

External Program and Data Memory Characteristics

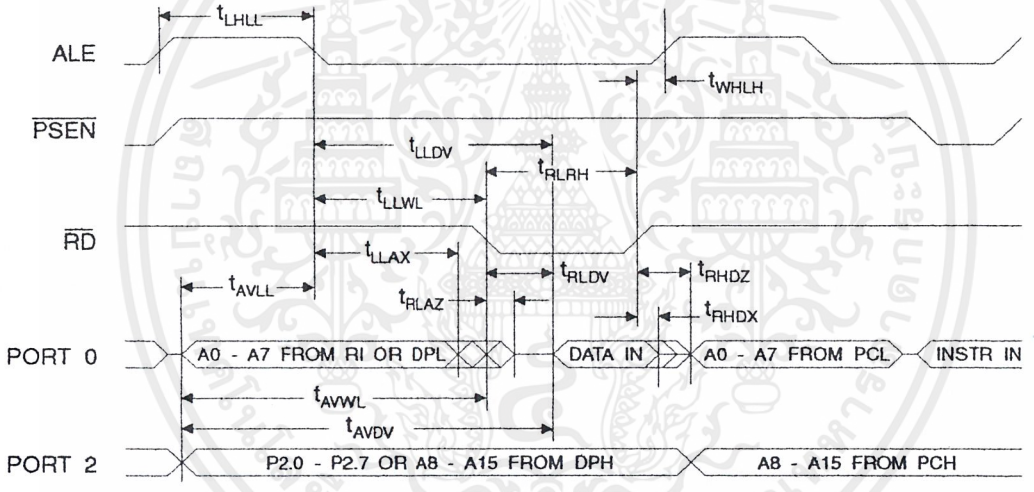
Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		16 to 24 MHz Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency			0	24	MHz
t_{LHLL}	ALE Pulse Width	127		$2t_{CLCL}-40$		ns
t_{AVLL}	Address Valid to ALE Low	43		$t_{CLCL}-13$		ns
t_{LLAX}	Address Hold After ALE Low	48		$t_{CLCL}-20$		ns
t_{LLIV}	ALE Low to Valid Instruction In		233		$4t_{CLCL}-65$	ns
t_{LLPL}	ALE Low to $\overline{PSEN}$ Low	43		$t_{CLCL}-13$		ns
t_{PLPH}	$\overline{PSEN}$ Pulse Width	205		$3t_{CLCL}-20$		ns
t_{PLIV}	$\overline{PSEN}$ Low to Valid Instruction In		145		$3t_{CLCL}-45$	ns
t_{PXIX}	Input Instruction Hold After $\overline{PSEN}$	0		0		ns
t_{PXIZ}	Input Instruction Float After $\overline{PSEN}$		59		$t_{CLCL}-10$	ns
t_{PXAV}	$\overline{PSEN}$ to Address Valid	75		$t_{CLCL}-8$		ns
t_{AVIV}	Address to Valid Instruction In		312		$5t_{CLCL}-55$	ns
t_{PLAZ}	$\overline{PSEN}$ Low to Address Float		10		10	ns
t_{RLRH}	$\overline{RD}$ Pulse Width	400		$6t_{CLCL}-100$		ns
t_{WLWH}	$\overline{WR}$ Pulse Width	400		$6t_{CLCL}-100$		ns
t_{RLDV}	$\overline{RD}$ Low to Valid Data In		252		$5t_{CLCL}-90$	ns
t_{RHDX}	Data Hold After $\overline{RD}$	0		0		ns
t_{RHDZ}	Data Float After $\overline{RD}$		97		$2t_{CLCL}-28$	ns
t_{LLDV}	ALE Low to Valid Data In		517		$8t_{CLCL}-150$	ns
t_{AVDV}	Address to Valid Data In		585		$9t_{CLCL}-165$	ns
t_{LLWL}	ALE Low to $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ Low	200	300	$3t_{CLCL}-50$	$3t_{CLCL}+50$	ns
t_{AVWL}	Address to $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ Low	203		$4t_{CLCL}-75$		ns
t_{QVWX}	Data Valid to $\overline{WR}$ Transition	23		$t_{CLCL}-20$		ns
t_{QVWH}	Data Valid to $\overline{WR}$ High	433		$7t_{CLCL}-120$		ns
t_{WHQX}	Data Hold After $\overline{WR}$	33		$t_{CLCL}-20$		ns
t_{RLAZ}	$\overline{RD}$ Low to Address Float		0		0	ns
t_{WHLH}	$\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ High to ALE High	43	123	$t_{CLCL}-20$	$t_{CLCL}+25$	ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

External Program Memory Read Cycle

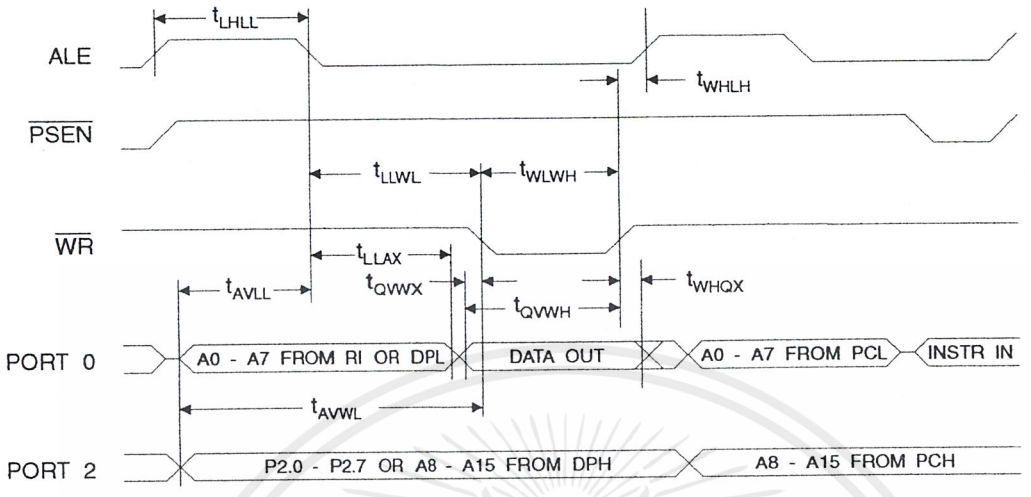


External Data Memory Read Cycle

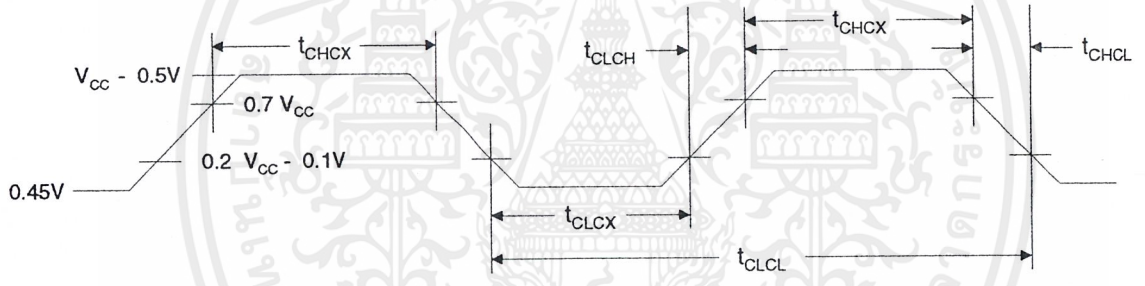


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

External Data Memory Write Cycle



External Clock Drive Waveforms



External Clock Drive

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0	24	MHz
t_{CLCL}	Clock Period	41.6		ns
t_{CHCX}	High Time	15		ns
t_{CLCX}	Low Time	15		ns
t_{CLCH}	Rise Time		20	ns
t_{CHCL}	Fall Time		20	ns

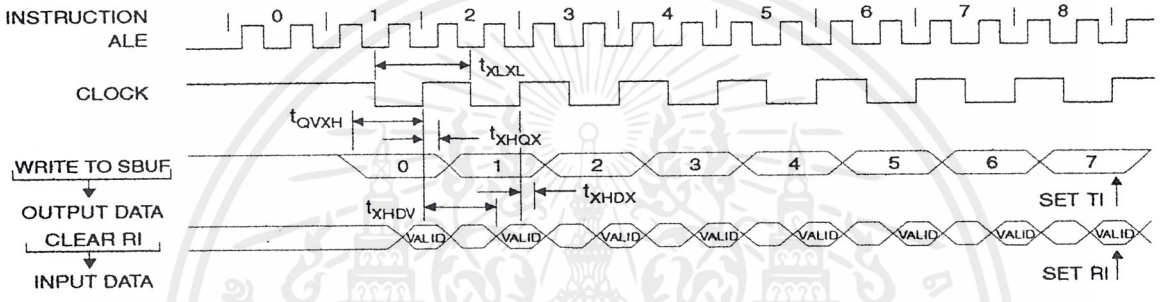
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

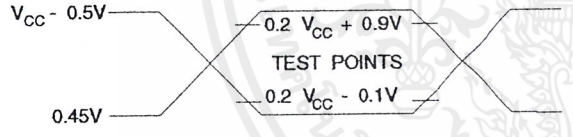
(V_{CC} = 5.0 V ± 20%; Load Capacitance = 80 pF)

Symbol	Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
t_{XLXL}	Serial Port Clock Cycle Time	1.0		$12t_{CLCL}$		µs
t_{QVXH}	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		$10t_{CLCL}$-133		ns
t_{XHQX}	Output Data Hold After Clock Rising Edge	50		$2t_{CLCL}$-117		ns
t_{XHDX}	Input Data Hold After Clock Rising Edge	0		0		ns
t_{XHDV}	Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		$10t_{CLCL}$-133	ns

Shift Register Mode Timing Waveforms

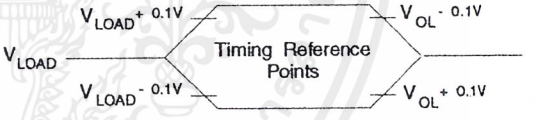


AC Testing Input/Output Waveforms(1)



Note: 1. AC Inputs during testing are driven at V_{CC} - 0.5V for a logic 1 and 0.45V for a logic 0. Timing measurements are made at V_{IH} min. for a logic 1 and V_{IL} max. for a logic 0.

Float Waveforms(1)



Note: 1. For timing purposes, a port pin is no longer floating when a 100 mV change from load voltage occurs. A port pin begins to float when 100 mV change from the loaded V_{OH}/V_{OL} level occurs.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
12	5V ± 20%	AT89C51-12AC	44A	Commercial
		AT89C51-12JC	44J	(0°C to 70°C)
		AT89C51-12PC	40P6	
		AT89C51-12QC	44Q	
		AT89C51-12AI	44A	Industrial
		AT89C51-12JI	44J	(-40°C to 85°C)
		AT89C51-12PI	40P6	
		AT89C51-12QI	44Q	
		AT89C51-12AA	44A	Automotive
		AT89C51-12JA	44J	(-40°C to 105°C)
		AT89C51-12PA	40P6	
		AT89C51-12QA	44Q	
16	5V ± 20%	AT89C51-16AC	44A	Commercial
		AT89C51-16JC	44J	(0°C to 70°C)
		AT89C51-16PC	40P6	
		AT89C51-16QC	44Q	
		AT89C51-16AI	44A	Industrial
		AT89C51-16JI	44J	(-40°C to 85°C)
		AT89C51-16PI	40P6	
		AT89C51-16QI	44Q	
		AT89C51-16AA	44A	Automotive
		AT89C51-16JA	44J	(-40°C to 105°C)
		AT89C51-16PA	40P6	
		AT89C51-16QA	44Q	
20	5V ± 20%	AT89C51-20AC	44A	Commercial
		AT89C51-20JC	44J	(0°C to 70°C)
		AT89C51-20PC	40P6	
		AT89C51-20QC	44Q	
		AT89C51-20AI	44A	Industrial
		AT89C51-20JI	44J	(-40°C to 85°C)
		AT89C51-20PI	40P6	
		AT89C51-20QI	44Q	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
24	5V ± 20%	AT89C51-24AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C51-24JC	44J	
		AT89C51-24PC	44P6	
		AT89C51-24QC	44Q	
		AT89C51-24AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C51-24JI	44J	
		AT89C51-24PI	44P6	
		AT89C51-24QI	44Q	

Package Type	
44A	44 Lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
44J	44 Lead, Plastic J-Leaded Chip Carrier (PLCC)
40P6	40 Lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
44Q	44 Lead, Plastic Gull Wing Quad Flatpack (PQFP)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

74LS245
Transceiver

Octal Transceiver (3-State)
Product Specification

Logic Products

FEATURES

- **Octal bidirectional bus interface**
- **3-State buffer outputs**
- **PNP inputs for reduced loading**
- **Hysteresis on all Data inputs**

DESCRIPTION

The 'LS245 is an octal transceiver featuring non-inverting 3-State bus compatible outputs in both send and receive directions. The outputs are all capable of sinking 24mA and sourcing up to 15mA, producing very good capacitive drive characteristics. The device features a Chip Enable (CE) input for easy cascading and a Send/Receive (S/R) input for direction control. All data inputs have hysteresis built in to minimize AC noise effects.

TYPE	TYPICAL PROPAGATION DELAY	TYPICAL SUPPLY CURRENT (TOTAL)
74LS245	8ns	58mA

ORDERING CODE

PACKAGES	COMMERCIAL RANGE V_{CC} = 5V ±5%; T_A = 0°C to +70°C
Plastic DIP	N74LS245N
Plastic SOL-20	N74LS245D

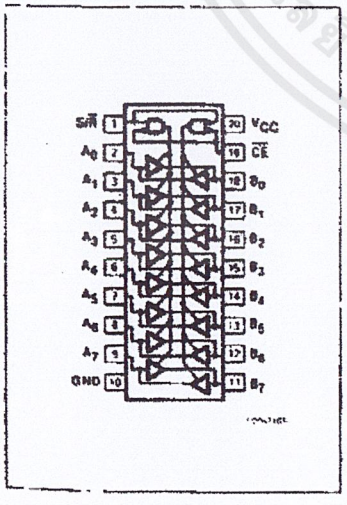
NOTE:
For information regarding devices processed to Military Specifications, see the Signetics Military Products Data Manual.

INPUT AND OUTPUT LOADING AND FAN-OUT TABLE

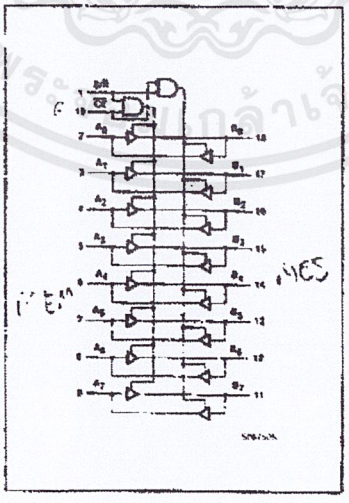
PINS	DESCRIPTION	74LS
All	Inputs	1LSul
All	Outputs	30LSul

NOTE:
Where a 74LS unit load (LSul) is 20μA I_{IH} and −0.4mA I_{IL}.

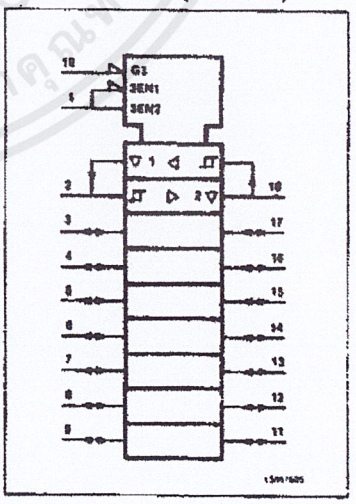
PIN CONFIGURATION



LOGIC SYMBOL



LOGIC SYMBOL (IEEE/IEC)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้