สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบนำเสนอข้อมูลอัตโนมัติ

AUTOMATIC PRESENTATION SYSYEM

โดย

นายโกวิทย์ บุญวิจิตร

นายราชันย์ อันตะยา

วพ
ก๗๕๒ร
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 83304
วัน,เดือน,ปี 11 ส.ค. 2551

b 11978747X
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบนำเสนอข้อมูลอัตโนมัติ

AUTOMATIC PRESENTATION SYSYEM

โดย

นายโกวิทย์ บุญวิจิตร 48015047

นายราชันย์ อันตะยา 48015075

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. สุรพล บุญจันทร์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2550

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง **ระบบนำเสนอข้อมูลอัตโนมัติ**

AUTOMATIC PRESENTATION SYSTEM

ผู้จัดทำ

1. นายโกวิทย์ บุญวิจิตร **48015047**

2. นายราชันย์ อันตะยา **48015075**

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.สุรพล บุญจันทร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบนำเสนอข้อมูลอัตโนมัติ

AUTOMATIC PRESENTATION SYSTEM

โดย นายโกวิทย์ บุญวิจิตร 48015047
นายราชันย์ อันตะยา 48015075

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.สุรพล บุญจันทร์

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการนำเสนอข้อมูลของชิ้นงานที่นำมาจัดแสดงในงานนิทรรศการ ซึ่งจะนำเสนอข้อมูลในรูปแบบภาพและเสียงโดยอัตโนมัติแสดงผลผ่านทางคอมพิวเตอร์ โดยใช้ระบบเซ็นเซอร์ที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ตรวจจับผู้คนที่เข้ามาชมชิ้นงาน แล้วส่งสัญญาณให้กับคอมพิวเตอร์ทำการแสดงผลของข้อมูล นอกจากนี้ยังสามารถเลือกเป็นระบบเตือนภัยได้อีกด้วย ซึ่งจะเป็นประโยชน์แก่ผู้เข้าชมงานและผู้จัดงานให้ได้รับความสะดวกมากขึ้น

ABSTRACT

This project is presentation about information of works showing in exhibition that it will automatically present information in types of illustrate and sound. Then output are displayed through computer by using sensor system controlled by micro-controller that detect the spectators who visit, and signals to computer for display result of information. Moreover, it can also set as security system that it is useful for the spectators and the organizers who will get more convenient.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องมาจากการแนะนำให้คำปรึกษาและชี้แนะแนวทางต่างๆ จาก ผศ. สุรพล บุญจันทร์ ซึ่งคอยเอาใจใส่ดูแล และคอยให้คำปรึกษาเป็นอย่างดี ตลอดจนบุคคลที่มีส่วนร่วมในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ที่กรุณาประสิทธิประสาทวิชา ความรู้ รวมถึงแนวทางในการคิดและ แนะแนวปฏิบัติแก่คณะผู้จัดทำจนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จผลตามเป้าหมาย

สุดท้ายนี้ทางคณะผู้จัดทำขอให้คุณความดีใดๆ ที่เกิดจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มอบให้แก่ บิดา มารดา ผู้ให้ความอนุเคราะห์แก่คณะผู้จัดทำในทุกๆด้าน ครูบาอาจารย์ทุกท่านที่ได้มอบวิชาความรู้ให้ รวมถึงเพื่อนๆ ที่ทั้งให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่ทำให้คณะผู้จัดทำมีกำลังใจทำปริญญานิพนธ์นี้ให้สำเร็จตามเป้าหมาย ผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณในความอนุเคราะห์ของทุกท่านไว้ ณ ที่นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 หลักการและเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 พาสซีฟอินฟราเรดดีเท็กเตอร์ (Passive Infrared Detector: PIR)	3
2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	4
2.2.1 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส	4
2.2.2 รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของพอร์ทอนุกรมใน MCS-51	6
2.2.3 โหมดการทำงานของพอร์ทอนุกรมใน MCS-51	7
2.2.4 อัตราบอดของพอร์ทอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	11
2.2.5 การกำหนดค่าของไทเมอร์เพื่อเลือกอัตราบอด	13
2.2.6 โครงสร้างไทเมอร์ เคาน์เตอร์	15
2.2.7 การเขียนหรือส่งข้อมูลออกจากพอร์ทอนุกรม	26
2.2.8 การอ่านหรือรับข้อมูลจากพอร์ทอนุกรม	26
2.2.9 การเชื่อมต่อกับพอร์ทอนุกรมของคอมพิวเตอร์	26
2.3 พอร์ทอนุกรม	28
2.4 การสื่อสารแบบอนุกรม	28
2.4.1 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส	29
2.4.2 มาตรฐานพอร์ทอนุกรมแบบอาร์เอสสองสามสอง	31
2.4.3 ระดับแรงดันที่ใช้งานสำหรับพอร์ทอนุกรม อาร์เอสสองสามสอง	34
2.5 การออกแบบฐานข้อมูล	34
2.5.1 ระบบฐานข้อมูล (Database System)	34
2.5.2 การออกแบบฐานข้อมูลด้วยอี-อาร์โมเดล (Entity Relationship Model)	34
2.5.3 โครงสร้างของภาษาเอสคิวแอล (SQL)	35
2.5.4 ลักษณะการใช้งานของภาษา SQL	37
2.5.5 การบันทึกข้อมูล การปรับปรุงข้อมูล และการลบข้อมูล	38
2.5.6 การเรียกค้นข้อมูล (SELECT)	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 การออกแบบและสร้าง	42
3.1 หลักการทั่วไป	42
3.2 การออกแบบวงจรอินฟราเรดเซ็นเซอร์	43
3.3 การออกแบบวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์	44
3.3.1 ส่วนการออกแบบของฮาร์ดแวร์	44
3.3.2 ส่วนการออกแบบโปรแกรม	45
3.4 การออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์	46
3.4.1 ส่วนของโปรแกรมหน้าจอควบคุมหลัก	46
3.4.2 ส่วนของโปรแกรมแสดงผลของข้อมูล	47
3.4.3 ส่วนของโปรแกรมเตือนภัย	47
3.4.4 ส่วนของโปรแกรมจัดเก็บข้อมูลภายในฐานข้อมูล	48
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	51
4.1 วงจรอินฟราเรดเซ็นเซอร์	51
4.2 โปรแกรมคอมพิวเตอร์	52
บทที่ 5 บทวิจารณ์และบทสรุปผล	55
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. โปรแกรม	
ภาคผนวก ข. ภาพถ่ายชิ้นงาน	
ภาคผนวก ค. Datasheet	
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1 แสดงภาพรวมของชุดนำเสนอข้อมูลอัตโนมัติ 1

รูปที่ 2.1 รูปร่างของไพโรอิเล็กตริก 3

รูปที่ 2.2 โครงสร้างภายในของไพโรอิเล็กตริก 3

รูปที่ 2.3 เฟรสเนลเลนส์ 4

รูปที่ 2.4 รูปแบบข้อมูลแบบอะซิงโครนัส 5

รูปที่ 2.5 ไดอะแกรมการทำงานในโหมด 0 ของพอร์ทอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 10

รูปที่ 2.6 ไดอะแกรมการทำงานในโหมด 1 ของพอร์ทอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 12

รูปที่ 2.7 ไดอะแกรมการทำงานในโหมด 2 ของพอร์ทอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 13

รูปที่ 2.8 ไดอะแกรมการทำงานในโหมด 3 ของพอร์ทอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 14

รูปที่ 2.9 Timer0/Counter0 (Mode1) 16

รูปที่ 2.10 วงจรนับแบบนับขึ้น (Up Counter Register) ประกอบด้วย TH_1 , TL_1 ตัวละ 8 บิต 16

รูปที่ 2.11 พื้นฐานวงจรนับแบบนับขึ้น 4 บิต 17

รูปที่ 2.12 พื้นฐานวงจรนับแบบนับขึ้น 4 บิตเมื่อกำหนดค่านับเริ่มต้นเปลี่ยนไป 17

รูปที่ 2.13 พื้นฐานวงจรนับแบบนับขึ้น 8 บิตเมื่อกำหนดค่านับเริ่มต้นเปลี่ยนไป 18

รูปที่ 2.14 TMOD Timer/Counter Mode Control Register 19

รูปที่ 2.15 Timer/Counter Control register (TCON) 20

รูปที่ 2.16 ผังการทำงานเมื่อโปรแกรมในโหมดไทม์เมอร์ 22

รูปที่ 2.17 ผังการทำงาน Software start, (GATE ='0') 22

รูปที่ 2.18 ผังการทำงาน Hardware Start ,(GATE ='1') 23

รูปที่ 2.19 Timer 0 (Mode 0) 13-bit Timer 24

รูปที่ 2.20 Timer 0 (Mode 1) 16-bit timer 24

รูปที่ 2.21 Timer 0 (Mode 2) 8-bit Timer Auto Reload 25

รูปที่ 2.22 Timer 0 (Mode 3) 25

รูปที่ 2.23 ไอซีแปลงสัญญาณเพื่อช่วยเชื่อมต่อกับพอร์ทอนุกรมของคอมพิวเตอร์ 27

รูปที่ 2.24 วงจรเชื่อมต่อ MAX232 หรือ ICL232 เข้ากับพอร์ทอนุกรมของคอมพิวเตอร์และ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 27

รูปที่ 2.25 แสดงรูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรม 28

รูปที่ 2.26 แสดงรูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส 29

รูปที่ 2.27 แสดงการจัดขาของคอนเน็กเตอร์พอร์ทอนุกรมทั้งแบบ DB-9 และ DB-25 32

รูปที่ 2.28 แสดงการต่ออุปกรณ์ภายนอกกับพอร์ทอนุกรมของคอมพิวเตอร์ 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของชุดบริการข้อมูลอัตโนมัติ 42

รูปที่ 3.2 แสดงวงจรอินฟราเรดเซ็นเซอร์ 43

รูปที่ 3.3 แสดงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ 44

รูปที่ 3.4 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ 45

รูปที่ 3.5 แสดงส่วนของหน้าจอควบคุมหลัก 46

รูปที่ 3.6 แสดงส่วนของการแสดงข้อมูล 47

รูปที่ 3.7 แสดงส่วนของโปรแกรมเตือนภัย 47

รูปที่ 3.8 แสดงส่วนของการจัดเก็บข้อมูลภายในฐานข้อมูล 48

รูปที่ 3.9 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิชวลสตูดิโอ 2005 ในโหมดแสดงผล 49

รูปที่ 3.10 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิชวลสตูดิโอ 2005 ในโหมดเตือนภัย 50

รูปที่ 4.1 สัญญาณของ PIR ที่ผ่านการขยาย 51

รูปที่ 4.2 การเปรียบเทียบสัญญาณของ PIR และสัญญาณที่ผ่านวงจร comparator 51

รูปที่ 4.3 การเปรียบเทียบสัญญาณของ PIR และสัญญาณเอาท์พุตของวงจร 52

รูปที่ 4.4 แสดงผลการกดปุ่มเลือก 52

รูปที่ 4.5 แสดงผลการกดปุ่มสถิติ 53

รูปที่ 4.6 แสดงการเลือกปุ่มเริ่มการทำงานในโหมดแสดงผล 54

รูปที่ 4.7 แสดงการเลือกปุ่มเริ่มการทำงานในโหมดเตือนภัย 54

รูป (ก) วงจรอินฟราเรดเซ็นเซอร์

รูป (ข) ชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

รูป (ค) ชุดระบบนำเสนอข้อมูลอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 เลือกอัตราบอดของวงจรพอร์ทอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	15
ตารางที่ 2.2 จำนวนแมชีนไซเคิลและเวลาที่ใช้ไปเมื่อ RUN ที่ 12 MHz	23
ตารางที่ 2.3 จำนวนแมชีนไซเคิลและเวลาที่ใช้ไปเมื่อ RUN ที่ 11.059 MHz	23
ตารางที่ 2.4 แสดงบิตพาริตี้ของข้อมูล	30
ตารางที่ 2.5 แสดงตำแหน่งและชื่อขาของ DB-9 และ DB-25	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

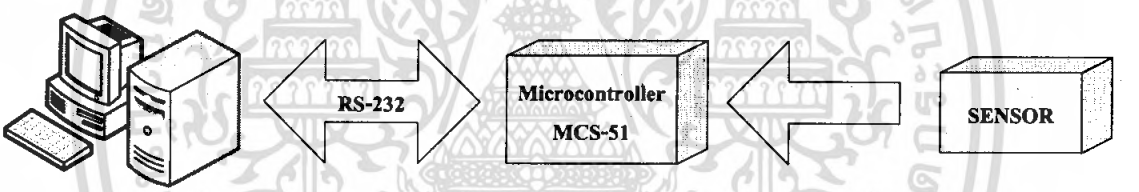
บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

การนำเสนอข้อมูลโดยทั่วไปมีหลากหลายวิธี เช่นใช้บุคลากรหรือเจ้าหน้าที่ในการนำเสนอข้อมูล การนำเสนอดังกล่าว เมื่อมีชิ้นงานจำนวนมากจะต้องใช้บุคลากรในการนำเสนอข้อมูลมากเช่นกัน และการนำเสนอแบบนี้ผู้เข้าชมงานจะได้รับฟังแต่เสียงไม่มีภาพประกอบ ซึ่งทำให้ผู้พิการทางหูที่เข้ามาชมงานไม่สามารถรับข้อมูลของชิ้นงานที่นำมาแสดงได้

ดังนั้นคณะผู้จัดทำ ได้เห็นปัญหาจึงมีแนวคิดที่จะออกแบบและสร้างระบบการนำเสนอข้อมูลอัตโนมัติ โดยจะนำคอมพิวเตอร์มาแสดงผลทั้งเสียงและภาพประกอบ และสามารถเลือกเป็นระบบเตือนภัยได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์แก่ผู้เข้าชมงานและผู้จัดงานให้ได้รับความสะดวกและปลอดภัยมากขึ้น

ในโครงงานนี้ได้ออกแบบให้คอมพิวเตอร์เป็นตัวแสดงผลโดยรับส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ทอนุกรมจากชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ใช้เป็นตัวควบคุมในการนำเสนอข้อมูล และมีระบบเซ็นเซอร์เป็นเหมือนสวิตซ์ในการเริ่มต้นการทำงาน



รูปที่ 1.1 แสดงภาพรวมของชุดนำเสนอข้อมูลอัตโนมัติ

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เรียนรู้ทำความเข้าใจและสามารถเลือกใช้เซ็นเซอร์ได้อย่างเหมาะสม ศึกษาการออกแบบและสร้างวงจรอินฟราเรดเซ็นเซอร์

1.2.2 ศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์และเขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี้ (Assembly Language Programming)

1.2.3 เรียนรู้ทำความเข้าใจและเขียนโปรแกรมด้วยวิชวลสตูดิโอ 2005 (Visual Studio 2005)

1.2.4 ออกแบบและสร้างชุดนำเสนอข้อมูลอัตโนมัติ ด้วยการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ และเขียนโปรแกรมวิชวลสตูดิโอ 2005 เพื่อแสดงผลทางจอมอนิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ใช้พาสซีฟอินฟราเรดดีเท็กเตอร์ (PIR) เป็นเซ็นเซอร์ในการตรวจจับ

1.3.2 ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในการควบคุมการทำงานโดยการเขียนโปรแกรมควบคุมผ่านทางพอร์ทอนุกรม

1.3.3 ใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวแสดงผล

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทำให้นักศึกษาเข้าใจหลักการการตรวจจับการแผ่รังสีอินฟราเรดของวงจรพาสซีฟ-อินฟราเรดดีเท็กเตอร์

1.4.2 ให้นักศึกษาได้ทบทวนความรู้เดิมในเรื่องการควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

1.4.3 ทำให้นักศึกษาได้นำความรู้เดิมมาใช้ในการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

1.4.4 สามารถนำเสนอข้อมูลทั้งเสียงและภาพได้

1.4.5 อำนวยความสะดวกแก่ผู้เข้าชมงานและผู้จัดงาน

1.4.6 ทำให้นักศึกษาเกิดความสามัคคี ความรับผิดชอบในหมู่คณะ รู้จักการวางแผนและการแก้ปัญหาในการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

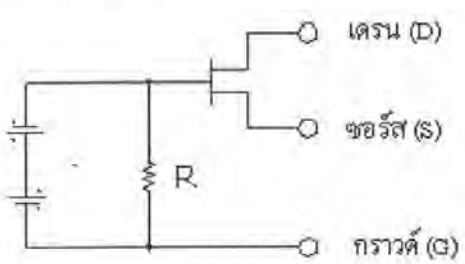
บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 พาสซีฟอินฟราเรดดีเท็กเตอร์ (Passive Infrared Detector : PIR)

PIR เป็นอุปกรณ์สำหรับตักจับความเคลื่อนไหวที่มีชื่อเต็มว่า ไพโรอิเล็กตริก (Pyroelectric) เป็นอุปกรณ์จำพวกพาสซีฟอินฟราเรดดีเท็กเตอร์ (Passive Infrared detector - PIR) หรือตัวตรวจจับรังสีอินฟราเรดแบบหนึ่ง โดยตัวมันจะทำงาน เมื่อมันตรวจจับพบความเปลี่ยนแปลงของรังสีอินฟราเรดที่แผ่ออกมาตัวคนหรือสัตว์ ในขณะที่มีการเคลื่อนไหว ในตัวคนหรือสัตว์จะมีรังสีความร้อนแผ่ออกมารอบๆตัวในปริมาณที่แน่นอนอยู่จำนวนหนึ่ง เมื่อเกิดการเคลื่อนไหวหรือเคลื่อนที่ก็จะทำให้อุณหภูมิในบริเวณนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้คลื่นรังสีความร้อนที่ว่านี้แผ่กระจายออกมา มีความยาวคลื่นประมาณ 0.74-300 ไมโครเมตร อันเป็นแถบความถี่ในย่านอินฟราเรดพอดี

รูปที่ 2.1 รูปร่างของไพโรอิเล็กตริก

ตัวตรวจจับ PIR มีโครงสร้างภายในที่สำคัญคือ ตัวเซนเซอร์ไวแสง ที่ทำจากผลึกของลิเทียมซัลเฟต 2 ชุด และเฟต 1 ตัวประกอบ เข้าด้วยกันในตัวถังแบบ TO-5 ชิ้นของผลึกแร่ขนาด 2x1 มิลลิเมตร ต่ออนุกรมแบบกลับขั้วกันอยู่ เมื่อสัญญาณรังสีสามารถผ่านกระจกมา ตกกระทบที่ชิ้นสารทั้งสอง ก็ทำให้เกิดความแตกต่างขึ้นตามสัญญาณที่ตกมาตกกระทบ จากนั้นต้องทำการขยายสัญญาณให้แรงขึ้น ก่อนนำไปประยุกต์ใช้งาน สัญญาณที่ตรวจจับได้ จะมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 1-15 ไมโครเมตร ความถี่จากผลของการตรวจจับความเคลื่อนไหวจะอยู่ในช่วง 0.3-3 เฮิรตซ์ มีความแรงเพียง 1 มิลลิโวลต์พีกทูพีก ดังนั้นจึงต้องมีการต่อวงจรขยายสัญญาณให้แรงขึ้น



รูปที่ 2.2 โครงสร้างภายในของไพโรอิเล็กตริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการใช้งาน PIR จะประกอบด้วยเลนส์ที่เรียกว่า เฟรสเนลเลนส์ (fresnel lenses) ซึ่งเป็นเลนส์ที่มีขนาดเล็กจำนวนมากเพื่อสร้างแพตเทิร์นการแทรกสอด (interfered) ของแสงย่านอินฟราเรด ขณะที่ยังไม่มีใครเข้ามาในรัศมีรูปแบบการแทรกสอดของแสงนั้นจะมีแพตเทิร์นหยุดนิ่งคงที่ แต่เมื่อวัตถุนั้นมีการเคลื่อนไหวเกิดขึ้น แพตเทิร์นการแทรกสอดของคลื่นแสงที่ปรากฏบนตัวเซนเซอร์ PIR ก็จะเปลี่ยนไปเป็นสัญญาณไฟฟ้า ตามการเคลื่อนไหวนั้นออกมาทางขาเอาต์พุต

รูปที่ 2.3 เฟรสเนลเลนส์ (fresnel lenses)

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์ 1 ชุด โดยใช้ขาสัญญาณของพอร์ท 3 คือ P3.0 เป็นขารับข้อมูลเข้าหรือ RxD และขา P3.1 เป็นขาส่งข้อมูลออกหรือ TxD โดยวงจรสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมของไมโครคอนโทลเลอร์ตระกูล MCS-51 แบบแฟลชเป็นแบบอะ-ซิงโครนัสปกติแล้วพอร์ทอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะใช้ในการติดต่อสื่อสารกับพอร์ทอนุกรมของคอมพิวเตอร์ โดยใช้มาตรฐาน RS-232 แต่ในปัจจุบันสามารถติดต่อกันในมาตรฐาน RS-422 หรือ RS-485 ได้แล้วโดยใช้ไอซีพิเศษที่ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนแปลงสัญญาณการสื่อสารดังกล่าว

2.2.1 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

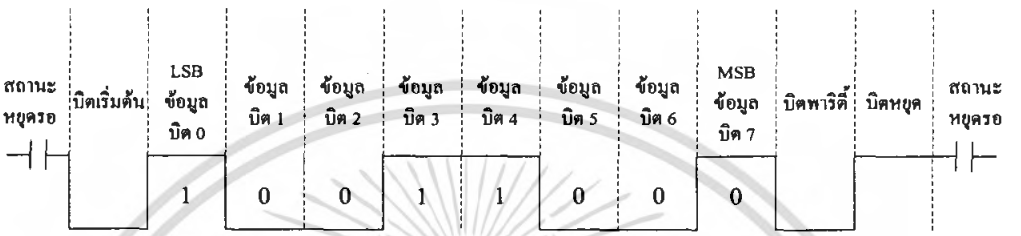
การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัสคือการรับส่งข้อมูลโดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิการ่วมด้วยแต่จะใช้การกำหนดค่าอัตราเร็วในการรับและส่งข้อมูลให้มีค่าเท่ากันซึ่งเรียกอัตราเร็วนี้ว่า อัตราบอด หรือ บอดเรต (baud rate) มีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที (bit per second : bps)

รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งแบบอะซิงโครนัสประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกันคือ

1. บิตเริ่มต้น (start bit) มีขนาด 1 บิต
2. บิตข้อมูลแบบอนุกรม มีขนาด 8 บิต
3. บิตตรวจสอบพาริตี้ (parity bit) มีขนาด 1 ไบต์หรือไม่มี
4. บิตสุดท้ายหรือบิตหยุด (stop bit) มีขนาด 1 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.4 แสดงรูปแบบของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส เมื่อไม่มีการส่งข้อมูล ขา DATA จะมีสถานะลอจิก "1" เรียกสถานะนี้ว่า สถานะหยุดรอ (waiting stage) การเริ่มต้นส่งข้อมูลจะเริ่มจากการให้ขา DATA มีลอจิก "0" ด้วยช่วงระยะเวลา 1 บิต เรียกบิตนี้ว่า บิตเริ่มต้น (start bit) จากนั้นบิตข้อมูลจะถูกส่งออกไป โดยเริ่มจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุดหรือบิต LSB ก่อน ซึ่งข้อมูลที่ต้องการส่งมีจำนวน 8 บิต จากนั้นตามด้วยบิตพาริตี้ (parity bit) ซึ่งใช้ในการตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการส่งข้อมูล บิตสุดท้ายที่จะส่งคือ บิตปิดท้าย หรือ บิตหยุด (stop bit) โดยจะเป็นการทำให้ขา DATA มีสถานะลอจิก "1" อีกครั้งด้วยระยะเวลาอย่างน้อย 1 บิต ,1.5 บิต หรือ 2 บิต เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดข้อมูลแล้ว



รูปที่ 2.4 รูปแบบข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

อัตราความเร็วในการรับและการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส หรืออัตราบอดหรือบอดเรตที่ใช้สำหรับพอร์ทอนุกรม RS-232 มีด้วยกันหลายค่า ตั้งแต่ 110 ถึง 19,200 บิตต่อวินาที โดยมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์เนื่องจากอัตราบอดคือค่าของจำนวนบิตที่สามารถส่งได้ใน 1 วินาทีสมมติว่าข้อมูลอนุกรมมีขนาด 8 บิต ไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ มีบิตเริ่มต้น 1 บิต ความยาวของข้อมูล 1 ไบต์จะมีความยาวเท่ากับ 10 บิต ถ้าใช้บอดเรตในการส่งข้อมูลเท่ากับ 9,600 บิตต่อวินาที ก็จะสามารถรับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 960 ไบต์ต่อวินาที

การตรวจสอบพาริตี้สามารถกำหนดให้เป็นเลขคี่ (odd),แบบคู่ (even) หรือไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ก็ได้ พาริตี้คี่หรือพาริตี้คู่แสดงถึงจำนวนลอจิก "1" ทั้งหมดภายในข้อมูลที่ส่งไป 1 ไบต์รวมบิตพาริตี้ว่ามีจำนวนเป็นเลขคู่หรือเลขคี่ ยกตัวอย่างข้อมูลที่จะทำการส่งมีขนาด 8 บิต มีค่าเท่ากับ 99H หรือ 10011001B จะเห็นว่าข้อมูลในไบต์นี้มีจำนวนลอจิก "1" จำนวน 4 ตัวซึ่งเป็นเลขคู่ ดังนั้นถ้ากำหนดค่าพาริตี้เป็นคู่ ค่าของบิตพาริตี้จะต้องมีลอจิกเป็น "0" แต่ถ้ากำหนดพาริตี้เป็นคี่ค่าของบิตพาริตี้จะต้องมีลอจิกเป็น "1" เพื่อให้ข้อมูล 1 ไบต์รวมทั้งบิตพาริตี้เป็นคี่

บิตพาริตี้ถูกสร้างขึ้นจากภาคส่งของ UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) ซึ่งทางภาครับจะต้องกำหนดการตรวจสอบพาริตี้ที่ตรงกันเอาไว้ว่าจะตรวจสอบพาริตี้คี่หรือคู่ จากนั้นภาครับของ UART จะทำการตรวจสอบค่าพาริตี้ที่เกิดขึ้นว่าเป็นเลขคี่หรือเลขคู่ โดยการนับจำนวนลอจิก "1" ทั้งหมดรวมทั้งบิตพาริตี้ด้วยถ้ากำหนดพาริตี้ไว้เป็นคู่แต่อ่านค่าตัวเลขในการนับออกมาได้ตัวเลขเป็นคี่ทางภาครับจะแสดงข้อผิดพลาดออกมาให้ผู้ใช้ทราบ แต่มันสามารถตรวจสอบได้เมื่อมีบิตข้อมูลที่ทำการรับส่งผิดพลาดเพียงบิตเดียวเท่านั้น ถ้าข้อมูลที่ทำการส่งมีบิตที่ผิดพลาดมากกว่า 1 บิต การตรวจสอบด้วยวิธีนี้จะไม่ได้ผลสำหรับการตั้งพาริตี้เป็น NONE นั้นทางภาครับและส่งจะไม่มีการตรวจสอบพาริตี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของพอร์ทอนุกรมใน MCS-51

ในการทำงานของพอร์ทอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีรีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องอยู่ 2 ตัวดังนี้

1. รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ของพอร์ทอนุกรมหรือ SBUF (Serial data buffer register)

มีแอดเดรสอยู่ที่ 99H ในพื้นที่ของรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษหรือ SFR มีขนาด 8 บิต แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูล (transmit buffer register) และการรับข้อมูล (receive buffer register) เมื่อมีการเขียนข้อมูลมายังรีจิสเตอร์ SBUF ข้อมูลนั้นจะถูกส่งต่อไปยังบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลเพื่อส่งออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ออกทางขา TxD หรือขา P3.1 ในกรณีที่มีการอ่านข้อมูลจากรีจิสเตอร์ SBUF ข้อมูลจะถูกส่งผ่านไปยังรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับรับข้อมูลเพื่อส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ต่อไป สำหรับการรับข้อมูลอนุกรมจากภายนอกนั้นจะผ่านมาทางขา RxD หรือ P3.0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช

2. รีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานของพอร์ทอนุกรมหรือ SCON (Serial port control Register)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิตมีแอดเดรสอยู่ที่ 98H ในพื้นที่ของรีจิสเตอร์ SER สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิตมีรายละเอียดการทำงานดังนี้

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

SMO-Sm1 (Serial port mode bit 0-1) : ใช้ในการเลือกโหมดการทำงานของพอร์ทอนุกรมภายในไมโครคอนโทรเลอร์ MCS 51 ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

SM2 : ใช้ในการเอื้นเอเบิลการสื่อสารในการสื่อสารในแบบมัลติโปรเซสเซอร์ (multiprocessor) ในการทำงานของโหมด 2 และ 3 ของพอร์ทอนุกรมในไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-51 ถ้าบิดนี้เป็น "1" บิต RI จะไม่แอกตีฟถ้าบิตที่ 9 ที่รับเข้ามาเป็น "0" (ข้อมูลบิตที่ 9 เก็บไว้ที่บิต RB8) ในการทำงานโหมด 1 ถ้าบิตเซตบิต RI จะไม่แอกตีฟถ้ายังไม่ได้บิตหยุด ส่วนในโหมด 0 บิตนี้ไม่มีการใช้งาน

REN (Enable serial reception) : ใช้ในการเอื้นเอเบิลการรับข้อมูลของพอร์ทอนุกรม ทำการเซตและเคลียร์ด้วยกระบวนการทางซอฟต์แวร์ ถ้าต้องการให้มีการรับข้อมูลต้องเซตบิตนี้ให้เป็น "1"

TB8 : ใช้สำหรับเก็บข้อมูลบิตที่ 9 ที่ต้องการส่งออกไปในการทำงานโหมด 2 และ 3 ของพอร์ทอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เซตและเคลียร์ด้วยกระบวนการทางซอฟแวร์

RB8 : ใช้สำหรับรับข้อมูลบิตที่ 9 ที่เข้ามาในการทำงานโหมด 2 และ 3 ของพอร์ทอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แต่ถ้าหากพอร์ทอนุกรมทำงานอยู่ในโหมด 1 และบิต SM2 เป็น "0" ข้อมูลที่บิต RB8 คือข้อมูลของบิตหยุด (STOP bit) สำหรับใช้ในการทำงานโหมด "0" ข้อมูลที่บิต RB8 คือข้อมูลของบิตหยุด (STOP bit) สำหรับใช้ในการทำงานโหมด 0 บิตนี้จะไม่ใช้งาน บิต RB8 นี้สามารถเซตและเคลียร์ด้วยกระบวนการทางซอฟแวร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TI (Transmit Interrupt flag) : ใช้ในการแสดงการเกิดอินเตอร์รัปต์ เมื่อมีการส่งข้อมูลออกจากพอร์ทอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถเซตได้ด้วยกระบวนการทางฮาร์ดแวร์ เมื่อทำการส่งข้อมูลที่ 8 ไปเรียบร้อยแล้วในการทำงานโหมด 0 ส่วนในการทำงานโหมดอื่น บิตนี้จะเซตเมื่อมีการเริ่มต้นส่งบิตหยุดออกไป การเคลียร์บิตนี้ต้องใช้กระบวนการทางซอฟแวร์เท่านั้น

RI (Receive Interrupt flag) : ใช้แสดงการเกิดอินเตอร์รัปต์เมื่อมีการรับข้อมูลเข้าสู่พอร์ทอนุกรม สามารถเซตได้ด้วยกระบวนการทางฮาร์ดแวร์ เมื่อทำการรับข้อมูลบิตที่ 8 เรียบร้อยแล้วในการทำงานโหมด 0 ส่วนในการทำงานโหมดอื่น บิตนี้จะเซตเมื่อสามารถรับบิตหยุดของข้อมูลอนุกรมไปได้ครึ่งทางแล้ว ยกเว้นในกรณีที่บิต SM2 มีการเซตบิตนี้จะเซตได้ก็ต่อเมื่อการรับบิตหยุดหรือบิตที่ 9 เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์แล้ว การเคลียร์บิตนี้ต้องใช้กระบวนการทางซอฟแวร์เท่านั้น

2.2.3 โหมดการทำงานของพอร์ทอนุกรมใน MCS-51

พอร์ทอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถเลือกการทำงานได้ถึง 4 โหมดคือ

1. โหมด 0 เป็นการกำหนดให้พอร์ทอนุกรมทำงานในลักษณะชิฟต์รีจิสเตอร์
2. โหมด 1 เป็นการกำหนดให้เป็น UART ขนาด 8 บิต สามารถเลือกอัตราบอดได้
3. โหมด 2 เป็นการกำหนดให้เป็น UART ขนาด 9 บิต โดยมีอัตราบอดคงที่
4. โหมด 3 เป็นการกำหนดให้เป็น UART ขนาด 9 บิต สามารถเลือกอัตราบอดได้

การเลือกโหมดทำได้ด้วยการกำหนดข้อมูลให้แก่บิต SMO และ SM1 ในรีจิสเตอร์ SCON

การทำงานในโหมด 0 ของวงจรพอร์ทอนุกรม

มีไดอะแกรมทำงานและไดอะแกรมเวลาแสดงในรูปที่ 2.5 ข้อมูลอนุกรมจะผ่านเข้าและออกทางขา RxD ส่วนขา TxD ทำหน้าที่เป็นสัญญาณนาฬิกาของการเลื่อนข้อมูล (shift clock) ในโหมดนี้มีจำนวนข้อมูล 8 บิต โดยทำการรับและส่งข้อมูลในบิต LSB ก่อน อัตราในการรับส่งข้อมูลหรืออัตราบอดถูกกำหนดไว้คงที่ที่ 1/12 ของความถี่สัญญาณนาฬิกา

เริ่มต้นการส่งข้อมูลด้วยการเขียนข้อมูลที่ต้องการส่งมายังรีจิสเตอร์ SBUF สัญญาณเขียนข้อมูล SBUF แอกตีฟเป็น "1" ที่สเตต 6 เฟส 2 (S6P2) ของแมชีนไซเกิล ส่งมายังวงจรควบคุมการส่ง (TX-control) ทำให้วงจรควบคุมเริ่มต้นส่งข้อมูล สัญญาณ SEND จะแอกตีฟเป็น "1" ตลอดการส่งข้อมูล

ข้อมูลจากรีจิสเตอร์ SBUF จะถูกเลื่อนออกที่ขา P3.0 หรือขา RxD ครั้งละบิต ตามจังหวะของสัญญาณนาฬิกา ที่ส่งออกมาทางขา P3.0 หรือขา TxD โดยสัญญาณนาฬิกาของการเลื่อนข้อมูลจะมีขอบขาลงของสัญญาณที่สเตต 3 เฟส และมีขอบขาขึ้นของสัญญาณที่สเตต 6 เฟส 1 ของแต่ละแมชีนไซเกิลในกระบวนการส่งข้อมูล จนกระทั่งเมื่อส่งข้อมูลครบ 8 บิตแล้ว บิต TI ในรีจิสเตอร์ SCON จะเกิดการเซตเป็นการแจ้งให้ทราบว่าส่งข้อมูลครบแล้ว หากเกิดอินเตอร์รัปต์จากพอร์ทอนุกรมได้รับการเอ็นเอเบิลไว้ ก็จะเกิดการอินเตอร์รัปต์ขึ้นในระบบ เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการรับข้อมูล สัญญาณ SEND จะกลายเป็น "0" จนกว่าจะเริ่มต้นกระบวนการรับข้อมูลใหม่

ในกระบวนการรับข้อมูล เริ่มต้นด้วยการเซต REN ให้เป็น "1" และเคลียร์บิต R1 ในรีจิสเตอร์ SCON ก่อนที่สเตต 6 เฟส 2 ของแมชีนไซเกิลถัดไป วงจรควบคุมการรับ (RX control) จะทำการเขียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูล 11111110 ไปยังชิฟต์รีจิสเตอร์สำหรับรับข้อมูลและทำการแอกตีฟสัญญาณ RECEIVE ให้เป็น "1" ในสัญญาณนาฬิกาลูกถัดไป

เมื่อสัญญาณ RECEIVE แอกติฟ ก็จะเกิดการส่งสัญญาณนาฬิกาของการเลื่อนข้อมูล (shift clock) ขึ้นผ่านทางขา P3.1 หรือ TxD เพื่อทำการกำหนดจังหวะการรับข้อมูลครั้งละบิต โดยสัญญาณนาฬิกานี้จะเกิดขึ้นในช่วงสเตต 3 เฟส 1 ถึงสเตต 6 เฟส 1 ของแต่ละแมชีนไซเกิลการรับข้อมูลเข้ามาทางขา P3.0 หรือ RxD จะเกิดขึ้นที่สเตต 5 เฟต 2 ในแมชีนไซเกิลเดียวกับสัญญาณนาฬิกาของการเลื่อนข้อมูล จนกระทั่งรับข้อมูลครบทั้ง 8 บิต บิต RI จะได้รับการเซตเพื่อแจ้งการเสร็จสิ้นกระบวนการรับข้อมูล หากการอินเตอร์รัปต์จากพอร์ทอนุกรมได้รับการเอ็นเอเบิลไว้ ก็จะเกิดการอินเตอร์รัปต์ขึ้นในระบบ เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการรับข้อมูล สัญญาณ RECEIVE จะกลายเป็น "0" จนกว่าจะเริ่มต้นกระบวนการรับข้อมูลใหม่

การทำงานในโหมดนี้ของพอร์ทอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะใช้ในการเชื่อมต่อกับไอซีรีจิสเตอร์ภายนอกเพื่อทำการขยายจำนวนพอร์ทอินพุตหรือเอาต์พุต แต่ไม่เป็นที่นิยมใช้งานมากนัก เนื่องจากในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เองมีพอร์ทอยู่ค่อนข้างมาก และติดต่อกับพอร์ทเหล่านั้นได้ง่ายและเร็วกว่ามาก

การทำงานในโหมด 1 ของวงจรพอร์ทอนุกรม

มีไดอะแกรมแสดงในรูปที่ 2.6 ในโหมดนี้ใช้การรับส่งข้อมูลรวม 10 บิต โดยส่งข้อมูลออกทางขาP3.1 หรือ TxD และรับข้อมูลเข้าทางขา P3.1 หรือ RxD ข้อมูลทั้ง 10 บิตประกอบด้วย บิตเริ่มต้น (มีค่าเป็น "0") 1 บิต บิตข้อมูล 8 บิต โดยรับหรือส่งข้อมูลในบิต LSB ก่อน และบิตหยุดหรือบิดปิดท้าย (มีค่าเป็น"1") ในการรับข้อมูลบิตหยุดจะถูกเก็บไว้ในบิต RB8 ในรีจิสเตอร์ SCON อัตราบอดในโหมดนี้ได้รับการกำหนดโดยอัตราการเกิดโอเวอร์โฟลวของไทเมอร์ 1 ใน AT89C51 ส่วนในไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C52 และในอนุกรม AT89Sxx สามารถเลือกใช้อัตราการเกิดโอเวอร์โฟลวของไทเมอร์ 1 หรือไทเมอร์ 2 ในการกำหนดอัตราบอดได้

กระบวนการส่งข้อมูลเริ่มต้นด้วยการแอกตีฟสัญญาณเขียนข้อมูลมายังรีจิสเตอร์ SBUF ส่งมายังวงจรควบคุมการส่ง (TX control) จากนั้นวงจรควบคุมจะทำการแอกทีฟสัญญาณ SEND ที่เสตต 1 เฟส 1 ของแมชีนไซเคิลต่อมา โดยสัญญาณ SEDN จะเป็น "0" ตลอดการส่งข้อมูลเมื่อสัญญาณ SEND แอกทีฟจะทำการส่งบิตเริ่มต้นก่อนเป็นบิตแรก โดยมีคาบเวลาของบิตเริ่มต้นเท่ากับ 1 แมชีนไซเคิล จากนั้นตามด้วยการส่งบิตข้อมูล 8 บิต เรียงลำดับจาก LSB โดยข้อมูลที่ทำการส่งถูกเรียงออกมาจากรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ สำหรับการส่งข้อมูลในทุกๆบิตข้อมูลที่จะทำการส่งออกไป จะเกิดสัญญาณพัลส์ SHIFT ขึ้น เพื่อให้เรียกข้อมูลในแต่ละบิตจากรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ การกำหนดจังหวะการส่งข้อมูลใช้สัญญาณนาฬิกาการส่ง (TX-clock) เป็นตัวกำหนด โดยสัญญาณนาฬิกานี้ได้มาจากการหารสัญญาณ TCLK จากไทเมอร์ 1 ด้วย 16 หลังจากการส่งบิตข้อมูลก็จะทำการส่งบิตหยุดหรือบิตปิดท้าย 1 บิต ดังนั้นการส่งข้อมูลจะใช้สัญญาณนาฬิกาทั้งหมด 10 ลูก เมื่อทำการส่งข้อมูลเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะทำการเซตบิต T1 ในรีจิสเตอร์ SCON หากการอินเตอร์รัปต์จากพอร์ทอนุกรมได้รับการเอ็นเอเบิลไว้ ก็จะเกิดการอินเตอร์รัปต์ขึ้นในระบบ หลังจากที่ทำการอินเตอร์รัปต์หรือส่งข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ต้องทำการเคลียร์บิต T1 ก่อนเป็นอันดับแรก เพื่อให้การรับส่งข้อมูลทางพอร์ทอนุกรมดำเนินต่อไปได้

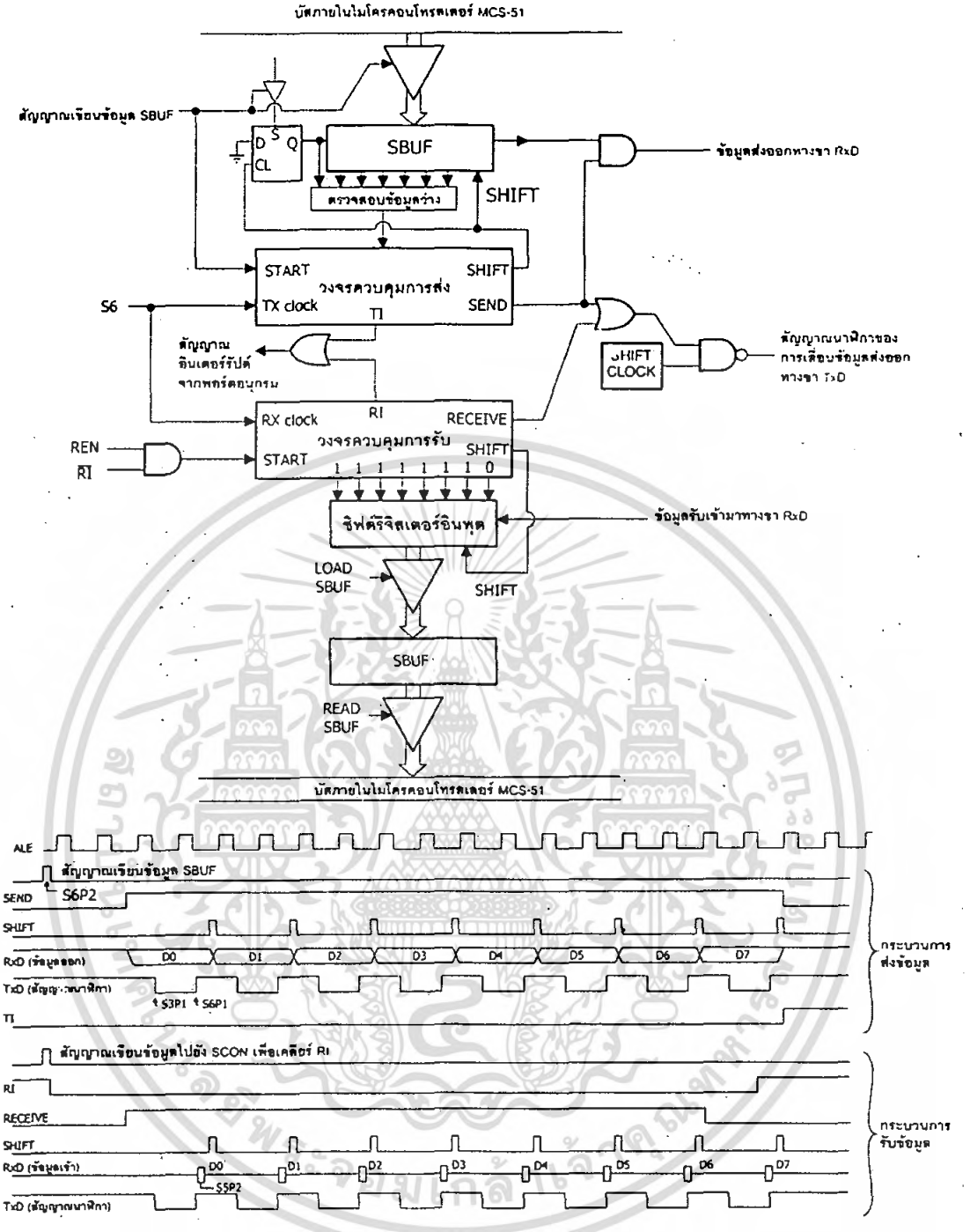
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านการรับข้อมูล จะทำการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงระดับลอจิกจาก “1” เป็น “0” ที่ขา RxD โดยใช้อัตราการสุ่มเท่ากับ 1/16 เท่าของอัตราบอด เมื่อตรวจจับพบ ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ที่ใช้ในการกำหนดอัตราบอดจะทำการเซตและทำการเขียนข้อมูล 1FFH ไปยังชิฟรีจิสเตอร์ ข้อมูลจะเริ่มเดินทางเข้าสู่พอร์ทอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางขา RxD ในการตีความว่าบิตที่เข้ามาเป็น”0” หรือ “1” จะใช้ผลการสุ่มข้างมาก โดยบิตของข้อมูลที่เข้ามาได้รับการแบ่งออกเป็น 16 สเตต การสุ่มข้อมูลจะทำการสุ่ม สเตตที่ 7,8 และ 9 หาก 2 ใน 3 ของการสุ่มพบว่าข้อมูลเป็นลอจิกใด จะตีความข้อมูลในบิตนั้นเป็นตามเสียงข้างมาก

ลำดับของการรับข้อมูลมีลักษณะเดียวกันกับการส่งข้อมูลคือ เริ่มด้วยบิตเริ่มต้นก่อน ตามด้วยบิตข้อมูล และบิตปิดท้าย ในทุกๆการรับข้อมูลได้ 1 บิต จะมีพัลส์ SHIFT เกิดขึ้น เพื่อทำการเลื่อนข้อมูลเข้าสู่รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ การรับข้อมูล การกำหนดจังหวะการรับข้อมูลใช้สัญญาณนาฬิกาการรับข้อมูล (RX- clock) หลังจากสัญญาณนาฬิกาลูกสุดท้าย อันหมายถึงสามารถรับข้อมูลได้ครบแล้ว วงจรควบคุมการรับข้อมูลจะทำการส่งข้อมูลจากรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ไปยังรีจิสเตอร์ SBUF และบิต RB8 ในรีจิสเตอร์ SCON โดยข้อมูลในบิต RB8 ก็คือข้อมูลของบิตหยุดนั่นเอง พร้อมกันนั้นยังทำการเซตบิต R1 ในรีจิสเตอร์ SCON ด้วย หากการอินเตอร์รัปต์จากพอร์ทอนุกรมได้รับการเอ็นเอเบิลไว้ก็จะเกิดการอินเตอร์-รัปต์ขึ้นในระบบหลังจากการบริการอินเตอร์รัปต์หรือรับข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ต้องทำการเคลียร์บิต R1 ก่อน เพื่อให้การรับส่งข้อมูลทางพอร์ทอนุกรมดำเนินต่อไปได้

การทำงานในโหมดนี้ได้รับการนิยมสูงสุด เนื่องจากมีกระบวนการที่ไม่ซับซ้อนและสามารถทำการรับส่งข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ไดอะแกรมการทำงานในโหมด 0 ของพอร์ทอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานในโหมด 2 และ 3 ของวงจรพอร์ทอนุกรม

ในโหมดทั้งสองนี้จะใช้รูปแบบข้อมูลรวม 11 บิต ประกอบด้วยบิตเริ่มต้น มีค่าเป็น "0" จำนวน 1 บิต, บิตข้อมูล 8 บิต โดยทำการรับและส่งบิต LSB ก่อน , บิตข้อมูลบิตที่ 9 และบิตปิดท้ายมีค่าเป็น "1" จำนวน 1 บิต ในการส่งข้อมูล ข้อมูลบิตที่ 9 จะได้รับการเก็บไว้ในบิต TB8 ในรีจิสเตอร์ SCON และในการรับข้อมูล ข้อมูลบิตที่ 9 จะนำไปเก็บไว้ในบิต RB8 ในรีจิสเตอร์ SCON สำหรับอัตราบอดในโหมด 2 จะคงที่โดยเลือกได้ 2 ค่าคือ 1/32 หรือ 1/64 ของสัญญาณนาฬิกา สำหรับในโหมด 3 อัตราบอดสามารถปรับได้เหมือนกับในโหมด 1

ในรูปที่ 2.7 และ 2.8 เป็นไดอะแกรมการทำงานและไดอะแกรมของการทำงานในโหมด 2 และ 3 ของพอร์ทอนุกรม การทำงานโดยรวมจะคล้ายกับการทำงานในโหมด 1 ส่วนที่แตกต่างกันคือจำนวนบิตของข้อมูลที่ในโหมด 2 และ 3 จะมีเพิ่มมาอีก 1 บิต โดยส่วนใหญ่จะใช้เป็นบิตตรวจสอบพาริตี้

2.2.4 อัตราบอดของพอร์ทอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

โหมด 0

อัตราของโหมดนี้มีค่าคงที่ โดยสามารถคำนวณได้จากสูตร

อัตราบอดในโหมด 0 = ความถี่ของสัญญาณนาฬิกา/12 หน่วยเป็น บิตต่อวินาที

โหมด 1 และ 3

เนื่องจากทั้งสองโหมดนี้สามารถเลือกแหล่งกำเนิดอัตราบอดได้ 2 แหล่งคือ จากอัตราโอเวอร์-โฟลวของไทเมอร์ 1 และ 2 สำหรับอัตราบอดเมื่อใช้การโอเวอร์โฟลวของไทเมอร์ 1 จะต้องใช้ค่าของบิต SMOD ในรีจิสเตอร์ PCON

อัตราบอด = $(2^{\text{ค่าของบิต SMOD}}/32)$ x อัตราโอเวอร์โฟลวของไทเมอร์ 1

ถ้าหากในไทเมอร์ 1 ไม่ได้เอ็นเอเบิลการอินเตอร์รัปต์ไว้ สามารถคำนวณค่าอัตราบอดได้จาก

อัตราบอด = $(2^{\text{ค่าของบิต SMOD}}/32)$ x (ความถี่สัญญาณนาฬิกา/(12x(256-TH1)))

ในตารางที่ 2.1 แสดงการกำหนดอัตราบอดโดยใช้ไทเมอร์ 1

ในกรณีที่ใช้ไทเมอร์ 2 ในการกำหนดอัตราบอดโดยกำหนดให้ไทเมอร์ 2 ทำงานในโหมดกำเนิดอัตราบอด (baud rate generator) สามารถคำนวณหาค่าอัตราบอดได้จาก

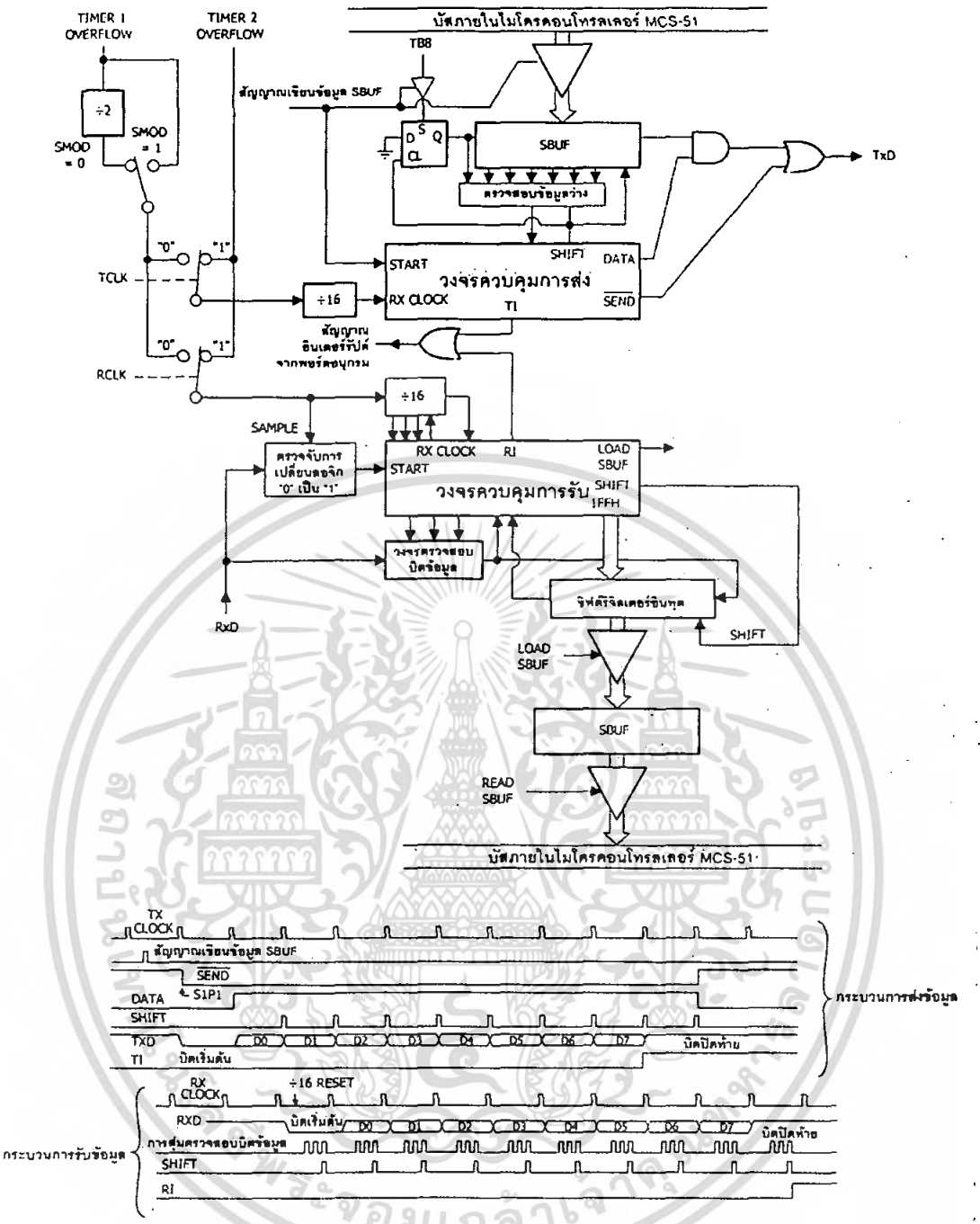
อัตราบอด = อัตราโอเวอร์โฟลวของไทเมอร์ 2/16 หน่วยเป็นบิตต่อวินาที

ถ้าหากกำหนดให้ไทเมอร์ 2 ทำงานในโหมดปกติ สามารถคำนวณหาค่าอัตราบอดได้จาก

อัตราบอด = ความถี่ของสัญญาณนาฬิกา/(32 x(65536-(RCAP2H,RCAP2L)))

โดยที่ (RCAP2H,RCAP2L) เป็นค่าของรีจิสเตอร์ RCAP2H และ RCAP2L มีขนาด 16 บิตไม่คิดเครื่องหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ไดอะแกรมการทำงานในโหมด 1 ของพอร์ทอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

โหมด 2

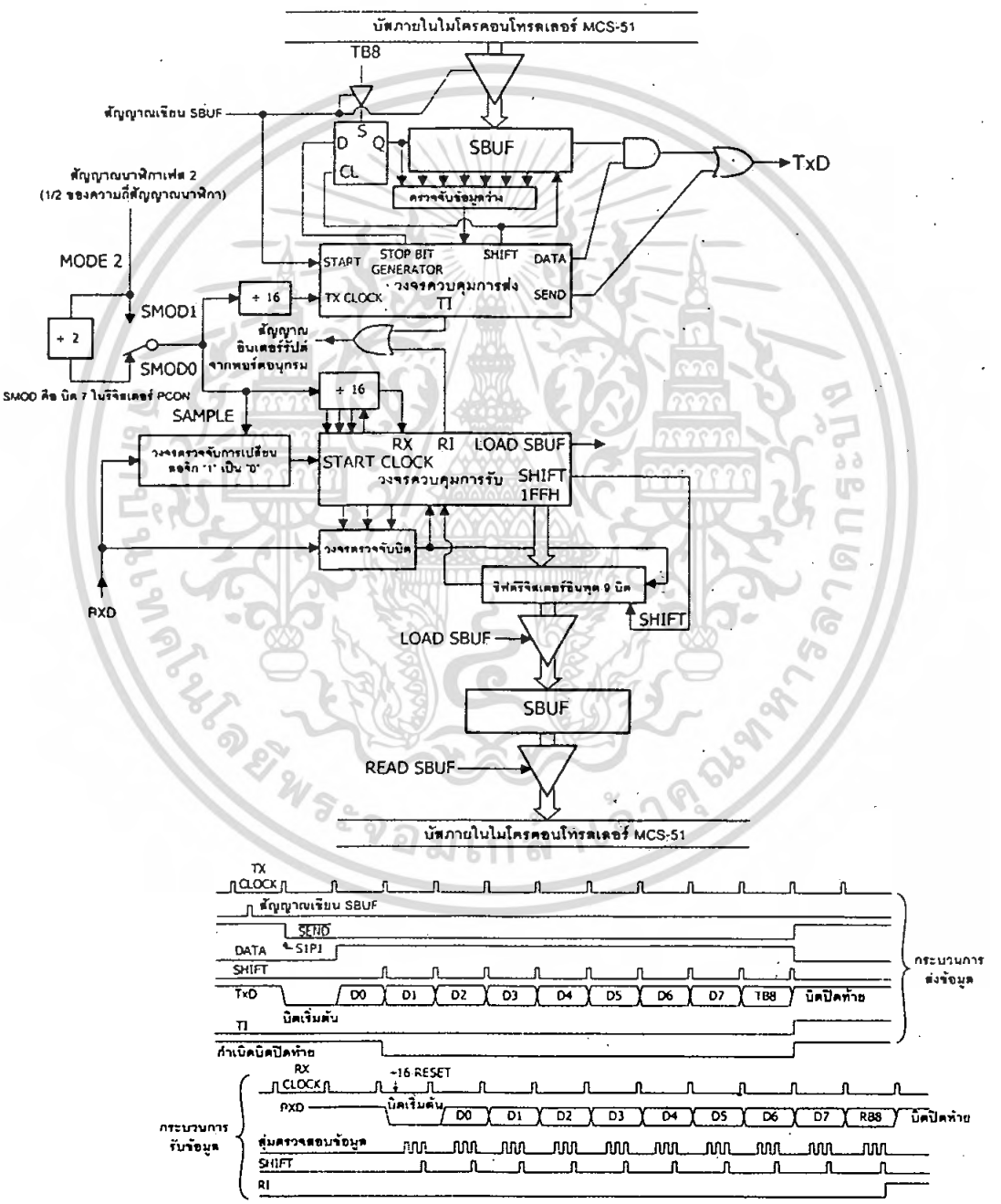
ในโหมดนี้อัตราบอดจะขึ้นอยู่กับค่าของบิต SMOD ในรีจิสเตอร์ PCON ถ้า SMOD เป็น "0" อัตราบอดจะเท่ากับ 1/64 ของความถี่สัญญาณนาฬิกา ในกรณีที่ SMOD เป็น "1" อัตราบอดจะเท่ากับ 1/32 ของความถี่สัญญาณนาฬิกา สามารถแสดงเป็นสูตรคำนวณทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

อัตราบอด = $(2^{\text{ค่าของบิต SMOD}} / 64)$ x ความถี่สัญญาณนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 การกำหนดค่าของไทเมอร์เพื่อเลือกอัตราบอด

ในการใช้งานพอร์ทอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สิ่งที่ต้องให้ความสนใจมากที่สุดประการหนึ่งคือ อัตราการถ่ายทอดข้อมูล หรือ อัตราบอด ซึ่งการกำหนดอัตราบอดนั้นจะขึ้นอยู่กับค่าความถี่ของสัญญาณนาฬิกาเป็นหลัก สำหรับโหมดการทำงานของพอร์ทอนุกรมที่สามารถเลือกอัตราบอดได้อย่างอิสระคือในโหมด 1 และ 3 โดยกำหนดได้จากอัตราการเกิดโอเวอร์โฟลวของไทเมอร์ 1 ถ้าหากไทเมอร์ 1 มีการเกิดโอเวอร์โฟลวในอัตราที่สูงมากเท่าใดอัตราบอดก็จะมีค่าสูงมากขึ้นตาม นั่นหมายความว่า อัตราในการถ่ายข้อมูลจะสูงมาก สามารถถ่ายทอดข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว



รูปที่ 2.7 ไดอะแกรมการทำงานในโหมด 2 ของพอร์ทอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

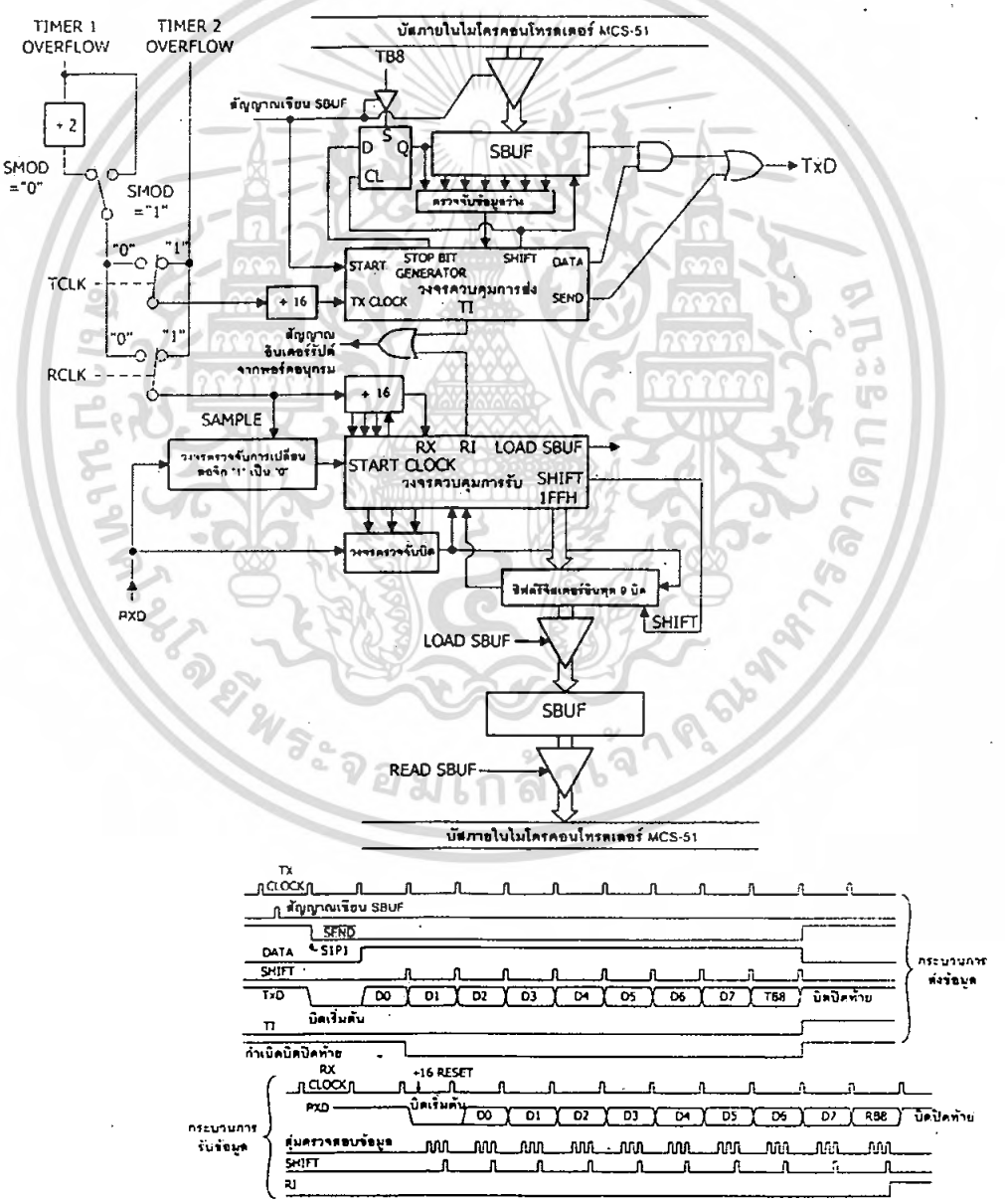
ในการใช้ไทเมอร์ 1 เพื่อกำหนดอัตราบอดในโหมด 1 และ 3 ของพอร์ทอนุกรมจะต้องกำหนดให้ไทเมอร์ 1 ทำงานในโหมด 2 หรือโหมด 8 บิตแบบตั้งค่าการนับอัตโนมัติ และการกำหนดค่ารีโหลดให้แก่รีจิสเตอร์ TH1 จึงเป็นตัวแปรหลักที่ใช้ในการกำหนดอัตราบอดให้แก่พอร์ทอนุกรมของไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-51

เริ่มต้นด้วยการเคลียร์บิต SMOD ซึ่งเป็นบิต 7 ของรีจิสเตอร์ PCON ให้เป็น "0" ค่าของการรีโหลดให้แก่ TH1 คำนวณได้จาก

TH1 = 256-((ค่าความถี่ของคริสตอล/384)/อัตราบอด)

แต่ถ้าบิต SMOD เกิดการเซตจะเป็นการเอ็นเอเบิลการทวีคูณของอัตราบอด ดังนั้นการกำหนดค่าให้แก่ TH1 จึงต้องคำนวณจาก

TH1 = 256-((ค่าความถี่ของคริสตอล/192)/อัตราบอด)



รูปที่ 2.8 ไดอะแกรมการทำงานในโหมด 3 ของพอร์ทอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถสรุปขั้นตอนในหาเลือกอัตราบอดโดยการกำหนดค่าของไทเมอร์ 1 ได้ดังนี้

อัตราบอล (บิตต่อวินาที:bps)	ความถี่สัญญาณนาฬิกา	SMOD	ไทเมอร์ 1		
			C/T	โหมด	ค่ารีโหลด
โหมด0 : สูงสุด 1 MHz	12 MHz	x	X	X	X
โหมด2 : สูงสุด 375K	12 MHz	1	X	X	X
โหมด 1,3 : 6.25K	12 MHz	1	0	2	FFH
19.2K(19,200)	11.0529 MHz	1	0	2	FDH
9.6K(9,600)	11.0529 MHz	0	0	2	FDH
4.8K(4,800)	11.0529 MHz	0	0	2	FAH
2.4K(2,400)	11.0529 MHz	0	0	2	F4H
1.2K(1,200)	11.0529 MHz	0	0	2	E8H
137.5	11.0529 MHz	0	0	2	1DH
110	11.0529 MHz	0	0	2	72H
110	12 MHz	0	0	1	FEEBH

ตารางที่ 2.1 การเลือกอัตราบอดของวงจรพอร์ทอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

1. กำหนดให้พอร์ทอนุกรมของไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-51 ทำงานในโหมด1 และ 3
2. กำหนดให้ไทเมอร์ 1 ทำงานในโหมด 2 หรือโหมด 8 บิตตั้งค่าอัตโนมัติ
3. กำหนดข้อมูลให้แก่ TH1 เท่ากับ 253 เพื่อให้สามารถกำเนิดอัตราบอดได้ 19,200 บิตต่อวินาที ตามที่ต้องการ
4. ทำการรีเซตบิต SMOD ซึ่งเป็นบิต 7 ของรีจิสเตอร์ PCON เพื่อเอ็นเอเบิลการทวีคูณอัตราบอด

2.2.6 โครงสร้างไทเมอร์ เคาน์เตอร์

มีโครงสร้างดังรูป 2.9 ประกอบด้วย 4 ส่วนใหญ่ๆดังนี้

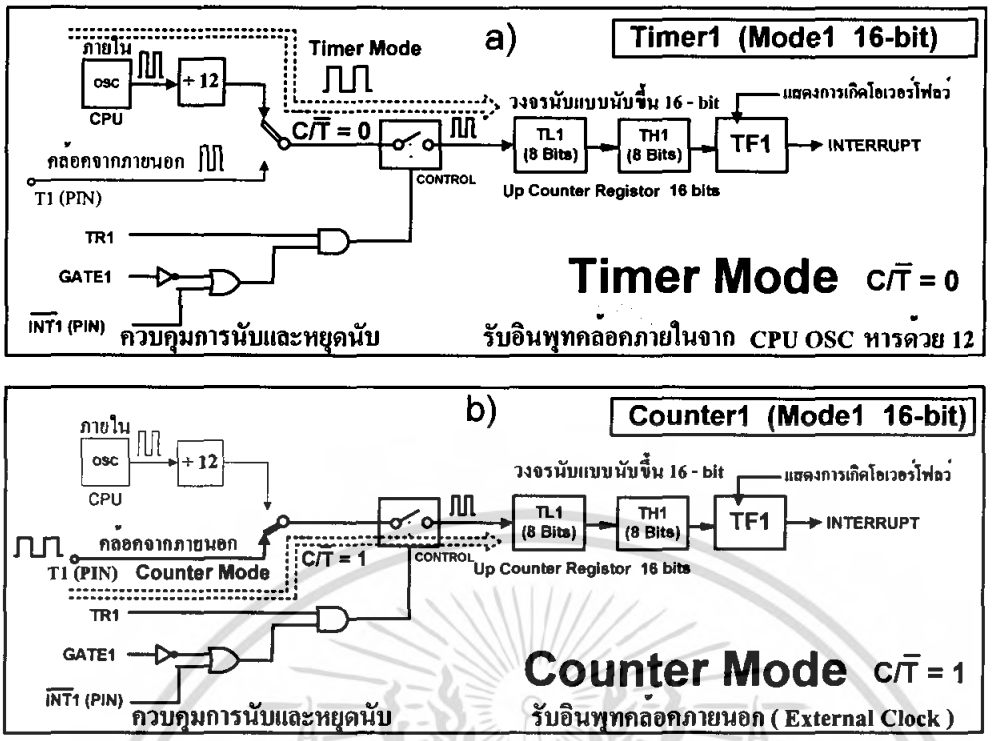
1 วงจรนับแบบนับขึ้น (Up Counter Register) ประกอบด้วย TH_x , TL_x ตัวละ 8 บิต

2 ชุดควบคุมการหยุดหรือไม่หยุดการนับ (Start/Stop)

3 Timer Input

4 Counter Input

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



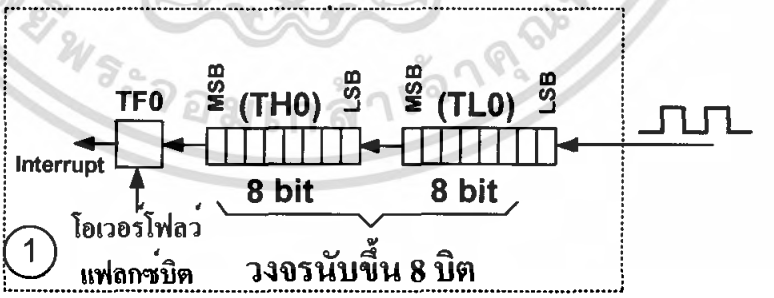
รูปที่ 2.9 Timer0/Counter0 (Mode1)

ข้อแตกต่างระหว่าง โหมดไมท์เมอร์และเคาน์เตอร์จะอยู่ที่อินพุทของวงจรนับ

- ถ้าอินพุทได้มาจาก CPU Oscillator ภายในหารด้วย 12 เรียกว่า โหมดไมท์เมอร์
- ถ้าอินพุทได้มาจากสัญญาณจากภายนอก เรียกว่า โหมดเคาน์เตอร์

วงจรนับแบบนับขึ้น (Up Counter Register)

ประกอบด้วย TH_X , TL_X ตัวละ 8 บิตซึ่งก็คือ TH_0 , TL_0 ,TH_1 , TL_1 ,TH_2 , TL_2 โดยเลข 0,1,2 หมายถึง Channel 0,1,2 ตามลำดับ



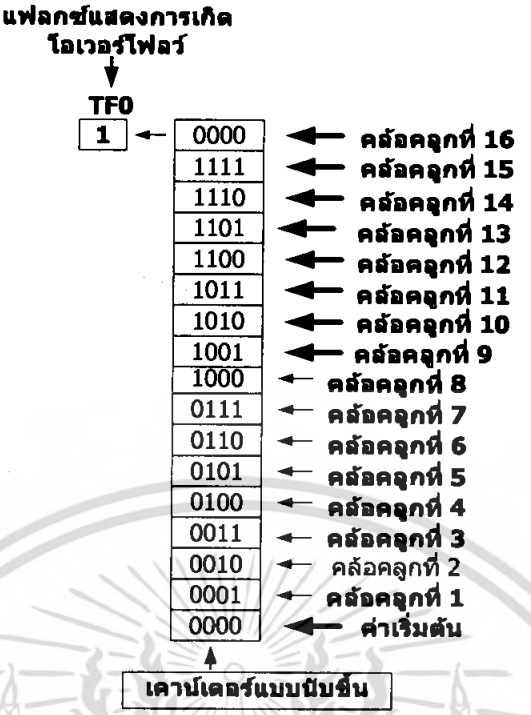
รูปที่ 2.10 วงจรนับแบบนับขึ้น (Up Counter Register) ประกอบด้วย TH_1 , TL_1 ตัวละ 8 บิต

พื้นฐานวงจรนับแบบนับขึ้น 4 บิต ถ้าโหลดค่าเริ่มต้นด้วยค่า 0000B เมื่อคล้อคเข้า 16 ลูกก็จะเกิดโอเวอร์โฟลว์และค่าในเคาน์เตอร์ก็จะมีค่าเป็น 0000B

ถ้าเปลี่ยนค่าเริ่มต้นเป็นค่า 0001B เมื่อคล้อคเข้า 15 ลูกก็จะเกิดโอเวอร์โฟลว์

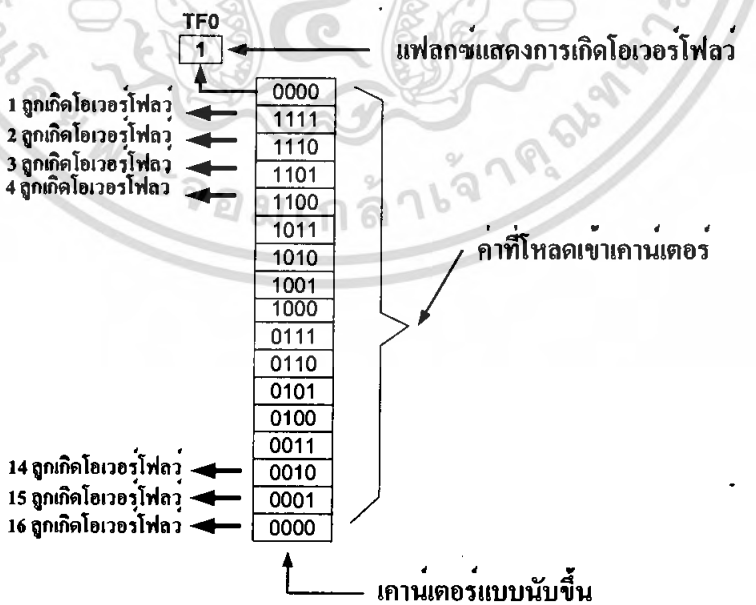
ถ้าเปลี่ยนค่าเริ่มต้นเป็นค่า 0010B เมื่อคล้อคเข้า 14 ลูกก็จะเกิดโอเวอร์โฟลว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 พื้นฐานวงจรนับแบบนับขึ้น 4 บิต

ถ้าโหลดค่านับเป็นค่า 0000B เมื่อคล้อคเข้ามา 16 ลูกก็จะเกิดโอเวอร์โฟลว์
ถ้าโหลดค่านับเป็นค่า 0001B เมื่อคล้อคเข้ามา 15 ลูกก็จะเกิดโอเวอร์โฟลว์
ถ้าโหลดค่านับเป็นค่า 0010B เมื่อคล้อคเข้ามา 14 ลูกก็จะเกิดโอเวอร์โฟลว์
ถ้าโหลดค่านับเป็นค่า 1110B เมื่อคล้อคเข้ามา 2 ลูกก็จะเกิดโอเวอร์โฟลว์
ถ้าโหลดค่านับเป็นค่า 1111B เมื่อคล้อคเข้ามา 1 ลูกก็จะเกิดโอเวอร์โฟลว์



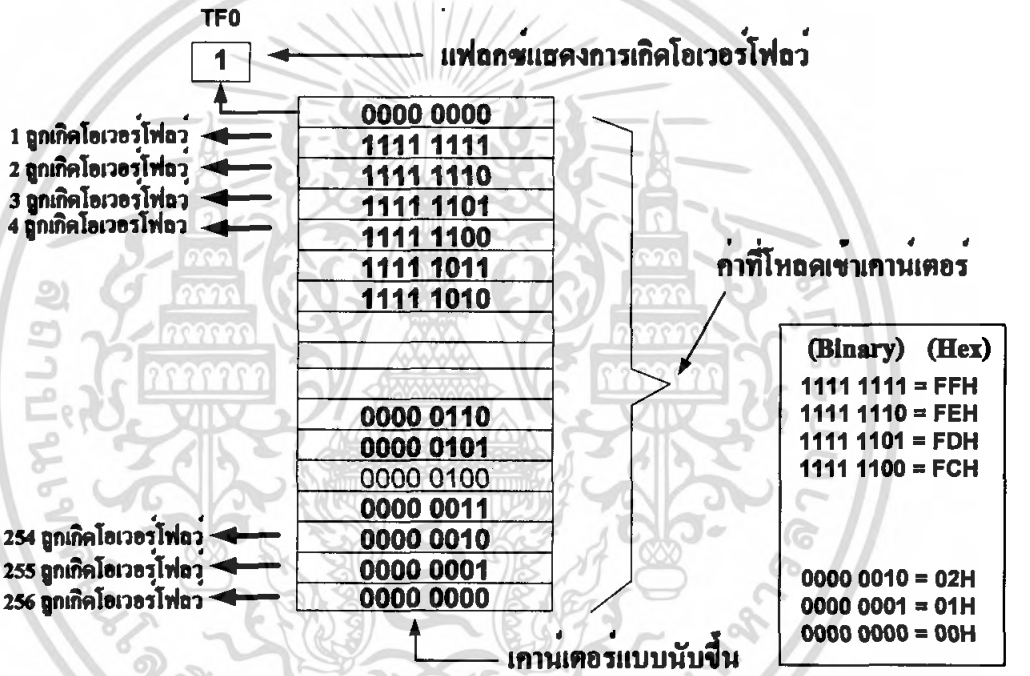
รูปที่ 2.12 พื้นฐานวงจรนับแบบนับขึ้น 4 บิตเมื่อกำหนดค่านับเริ่มต้นเปลี่ยนไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
83304

พื้นฐานวงจรนับแบบนับขึ้น 8 บิต

ถ้าโหลดค่าเริ่มต้นด้วยค่า 0000 0000B เมื่อคล้อคเข้ามา 256 ลูกก็จะเกิดโอเวอร์โฟลว์และค่าในเคาน์เตอร์ก็จะมีค่าเป็น 0000 0000B ค่านับสูงสุดคือ $2^8 = 256_{10}$

ถ้าโหลดค่านับเป็นค่า 0000 0000B	(00H)	เมื่อคล้อคเข้ามา 256	ลูกก็จะเกิดโอเวอร์โฟลว์
ถ้าโหลดค่านับเป็นค่า 0000 0001B	(01H)	เมื่อคล้อคเข้ามา 255	ลูกก็จะเกิดโอเวอร์โฟลว์
ถ้าโหลดค่านับเป็นค่า 0000 0010B	(02H)	เมื่อคล้อคเข้ามา 254	ลูกก็จะเกิดโอเวอร์โฟลว์
ถ้าโหลดค่านับเป็นค่า 0000 0011B	(03H)	เมื่อคล้อคเข้ามา 253	ลูกก็จะเกิดโอเวอร์โฟลว์
ถ้าโหลดค่านับเป็นค่า 1111 1100B	(FCH)	เมื่อคล้อคเข้ามา 4	ลูกก็จะเกิดโอเวอร์โฟลว์
ถ้าโหลดค่านับเป็นค่า 1111 1101B	(FDH)	เมื่อคล้อคเข้ามา 3	ลูกก็จะเกิดโอเวอร์โฟลว์
ถ้าโหลดค่านับเป็นค่า 1111 1110B	(FEH)	เมื่อคล้อคเข้ามา 2	ลูกก็จะเกิดโอเวอร์โฟลว์
ถ้าโหลดค่านับเป็นค่า 1111 1111B	(FFH)	เมื่อคล้อคเข้ามา 1	ลูกก็จะเกิดโอเวอร์โฟลว์



รูปที่ 2.13 พื้นฐานวงจรนับแบบนับขึ้น 8 บิตเมื่อกำหนดค่านับเริ่มต้นเปลี่ยนไป

2.2.6.1 ไทเมอร์ เคาน์เตอร์

โหมดไทเมอร์ Up Counter Register (TH_x , TL_x) จะถูกเพิ่มค่าทุกๆ 1 แมชชีนไซเคิล (12 คาบเวลาของ CPU OSC โหมดนี้ไม่ต้องป้อนสัญญานจากภายนอกเข้ามาแต่จะใช้สัญญาน (CPU OSC/12)

โหมดเคาน์เตอร์ Up Counter Register (TH_x ,TL_x) จะถูกเพิ่มค่าทีละหนึ่งเมื่อป้อนสัญญานคล้อคจากภายนอกเข้ามา 1 ลูกเข้ามาทางขา T0(pin) หรือ T1(pin) อยู่ที่ขา 14 และ 15 ตามลำดับโดยไม่สนใจค่า duty cycle การตรวจสอบสัญญาณที่เข้ามาทางขานี้จะตรวจสอบทุกๆ S5P2 ของแต่ละแมชชีนไซเคิ้ลดังนั้นการตรวจสอบคล้อค 1 ลูกจะต้องใช้ถึง 2 แมชีนไซเคิล (24 คาบเวลาของ CPU OSC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างของ ไทเมอร์ และ เคาน์เตอร์ ประกอบด้วย

เคาน์เตอร์ แบบนับขึ้น up Counter Register (TH_X ,TL_X)

ส่วนเลือกโหมดไทเมอร์ และ เคาน์เตอร์ เลือกที่บิต $C/\overline{T}$

ส่วนควบคุมการนับ และหยุดนับ ควบคุมที่บิต TR_X ,GATE และสัญญานจากภายนอกที่ ขา $\overline{INT1}$ (pin)

ขา $\overline{INT1}$ (pin) นี้ทำงาน 2 หน้าที่คือ

- เป็นอินพุท สำหรับสัญญาณอินเตอร์รัพต์จากภายนอก
- เป็นสัญญาณควบคุมการนับ และหยุดนับจากภายนอก ในโหมดไทเมอร์และ เคาน์เตอร์ (External Start/Stop) บางทีเรียกว่า Hardware Control

Timer/Counter Mode Control Register (TMOD) อยู่ใน SFR ตำแหน่งที่ (89H)

TMOD: TIMER/COUNTER MODE CONTROL REGISTER. NOT BIT ADDRESSABLE.

GATE	C/T	M1	M0	GATE	C/T	M1	M0
Timer 1				Timer 0			

GATE	When TRx (in TCON) is set and GATE = 1, TIMER/COUNTERx will run only while INTx pin is high (hardware control). When GATE = 0, TIMER/COUNTERx will run only while TRx = 1 (software control).
C/T	Timer or Counter selector. Cleared for Timer operation (input from internal system clock). Set for Counter operation (input from Tx input pin).
M1	Mode selector bit. (NOTE 1)
M0	Mode selector bit. (NOTE 1)

NOTE 1:

M1	M0	Operating Mode
0	0	0 13-bit Timer (8048 compatible)
0	1	1 16-bit Timer/Counter
1	0	2 8-bit Auto-Reload Timer/Counter
1	1	3 (Timer 0) TL0 is an 8-bit Timer/Counter controlled by the standart Timer 0 control bits. TH0 is an8-bit Timer and is controlled by Timer 1 control bits.
1	1	3 (Timer 1) Timer/Counter 1 stopped.

รูปที่ 2.14 TMOD Timer/Counter Mode Control Register

GATE - เป็นบิตเลือกการสตาร์ท แบบควบคุมโดย Stofware หรือ Hardware

'0' = Stofware Control

'1' = Hardware Control

Software Control

$\overline{INT_X}$ = X

$GATE_X$ = '0' การสตาร์ทไทเมอร์หรือ เคาน์เตอร์เริ่มเมื่อ TR_X = '1'

Hardware Control

TR_X = '1'

$GATE_X$ = '1' การสตาร์ทไทเมอร์หรือ เคาน์เตอร์เริ่มเมื่อกระตุ้นจากภายนอกที่ขา $\overline{INTx}$ = '1'

$C/\overline{T}$ - บิตเลือกการทำงานของไทเมอร์หรือเคาน์เตอร์โดยเลือกดังนี้

ถ้า $C/\overline{T}$ = '0' เป็นการเลือกโหมด ไทเมอร์ (นับจำนวนแมชีนไซเคิล)

ถ้า $C/\overline{T}$ = '1' เป็นการเลือกโหมด เคาน์เตอร์ (นับจำนวนพัลซ์จากภายนอก)

M0,M1 - เลือกโหมดการทำงานได้ 4 โหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

M1	M0	โหมด	การทำงาน
0	**0**	**0**	13 บิต ไทเมอร์หรือ เคาน์เตอร์
0	1	**1**	16 บิต ไทเมอร์หรือ เคาน์เตอร์
1	0	**2**	8 บิต ไทเมอร์หรือ เคาน์เตอร์แบบโหลดซ้ำอัตโนมัติ
1	1	**3**	8 บิต ไทเมอร์หรือ เคาน์เตอร์ โดยใช้ TL0
1	1	**3**	8 บิต ไทเมอร์ โดยใช้ TH0

ตัวอย่าง การเซ็ทค่าใน TMOD

Channel 1				**Channel 0**				**ความหมาย**
GATE	**C/T**	**M1**	**M0**	**GATE**	**C/T**	**M1**	**M0**	
0	**0**	0	0	X	X	X	X	**Timer 1 (Mode0) Software Control**
0	**0**	0	1	X	X	X	X	**Timer 1 (Mode1) Software Control**
0	**1**	**0**	**0**	X	X	X	X	**Counter 1 (Mode0) Software Control**
0	**1**	**0**	**1**	X	X	X	X	**Counter 1 (Mode1) Software Control**
1	1	1	0	X	X	X	X	**Counter 1 (Mode2) Hardware Control**
X	X	X	X	0	**0**	0	0	**Timer 0 (Mode0) Software Control**
X	X	X	X	0	**0**	0	1	**Timer 0 (Mode1) Software Control**
X	X	X	X	0	1	**0**	**0**	Counter 0 **(Mode0) Software Control**
X	X	X	X	0	1	**0**	**1**	Counter 0 **(Mode1) Software Control**
X	X	X	X	**1**	1	1	0	Counter 0 **(Mode2) Hardware Control**

หมายเหตุ

เมื่อต้องการโปรแกรม Channel 1 แต่ไม่ต้องการโปรแกรม Channel 0 ทำไม่ได้เพราะรีจีสเตอร์ TMOD ต้องโหลดข้อมูลทีละ 8 บิตเท่านั้นดังนั้นจึงต้องโปรแกรมทั้งสอง Channel Timer/Counter Control Register (TCON) อยู่ใน SFR ตำแหน่งที่ (088H)

TCON: TIMER/COUNTER CONTROL REGISTER. BIT ADDRESSABLE.

TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

TF1	TCON.7	Timer 1 overflow flag. Set by hardware when the Timer/Counter 1 overflows. Cleared by hardware as processor vectors to the interrupt service routine.
TR1	TCON.6	Timer 1 run control bit. Set/cleared by software to turn Timer/Counter 1 ON/OFF.
TF0	TCON.5	Timer 0 overflow flag. Set by hardware when the Timer/Counter 0 overflows. Cleared by hardware as processor vectors to the service routine.
TR0	TCON.4	Timer 0 run control bit. Set/cleared by software to turn Timer/Counter 0 ON/OFF.
IE1	TCON.3	External Interrupt 1 edge flag. Set by hardware when External Interrupt edge is detected. Cleared by hardware when interrupt is processed.
IT1	TCON.2	Interrupt 1 type control bit. Set/cleared by software to specify falling edge/low level triggered External Interrupt.
IE0	TCON.1	External Interrupt 0 edge flag. Set by hardware when External Interrupt edge detected. Cleared by hardware when interrupt is processed.
IT0	TCON.0	Interrupt 0 type control bit. Set/cleared by software to specify falling edge/low level triggered External Interrupt.

รูปที่ 2.15 Timer/Counter Control register (TCON)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต	การทำงาน
TF1	แฟลกซ์แสดงการเกิดโอเวอร์โฟลว์ของไทเมอร์ 1 จะเซ็ทเมื่อไทเมอร์1 เกิดโอเวอร์โฟลว์ และจะถูกเคลียร์เองเมื่อซีพียูย้ายการไปที่โปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์ หรือใช้คำสั่ง CLR TF1
TR1	บิตควบคุมการนับของไทเมอร์ 1 ควบคุมจากโปรแกรม ถ้าเป็น '1' ไทเมอร์ หรือ เคาน์เตอร์ 1 เริ่มทำงานต่อ ถ้าเป็น '0' ไทเมอร์ หรือ เคาน์เตอร์ 1 หยุดทำงาน (กรณีนี้ต้องเซ็ทหรือรีเซ็ทบิต GATE1 ใน TMOD ก่อน)
TF0	แฟลกซ์แสดงการเกิด โอเวอร์โฟลว์ ของไทเมอร์ 0 ถูกเซ็ทเมื่อไทเมอร์ 0 เกิดโอเวอร์โฟลว์ เช่นเดียวกับ TF1
TR0	เช่นเดียวกับ TR1 แต่ใช้ควบคุมไทเมอร์หรือ เคาน์เตอร์ Channel 0
IE1	แฟลกซ์แสดงการเกิดสัญญาณอันเตอร์รัปต์ภายนอกหมายเลข 1 เมื่อมีสัญญาณอินเตอร์รัปต์เข้ามาที่ขา $\overline{\text{INT 1}}$ และถูกเคลียร์เองโดยคำสั่ง RETI ในโปรแกรมส่วนบริการอินเตอร์รัปต์
IT1	บิตเลือกประเภทการตรวจสอบสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นที่ขา $\overline{\text{INT 1}}$ โดย '1' จะตรวจสอบการเปลี่ยนระดับแบบขอบขาลงที่ขา $\overline{\text{INT 1}}$ '0' จะตรวจสอบระดับศูนย์ของสัญญาณที่ขา $\overline{\text{INT 1}}$
IE0	บิตแสดงการเกิดสัญญาณอันเตอร์รัปต์ภายนอกหมายเลข 0 เมื่อมีสัญญาณอินเตอร์รัปต์เข้ามาที่ขา $\overline{INT0}$ และถูกเคลียร์เองโดยคำสั่ง RETI ที่อยู่ในโปรแกรมส่วนบริการอินเตอร์รัปต์
IT0	บิตเลือกประเภทการตรวจสอบสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นที่ขา $\overline{\text{INT 0}}$ โดย '1' จะตรวจสอบการเปลี่ยนระดับแบบขอบขาลงที่ขา $\overline{\text{INT 0}}$ '0' จะตรวจสอบระดับศูนย์ของสัญญาณที่ขา $\overline{\text{INT 0}}$

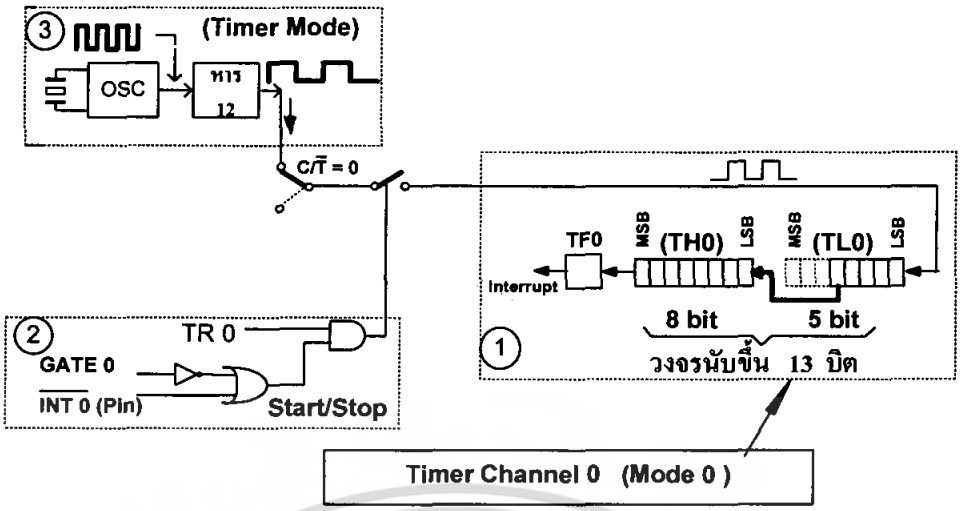
ข้อควรสังเกตุ

T หมายถึง Timer/Counter หรือ Type
R หมายถึง RUN
F หมายถึง Flag
E หมายถึง External
1,0 หมายถึง Channel 0 หรือ Channel 1 บางทีใช้คำว่า x เช่น TRx, TFx

2.2.6.2 Timer Mode

Up Counter Register (TH_x ,TL_x) จะเพิ่มค่าขึ้น 1 ครั้ง ทุก ๆ 1 MC (12 คาบเวลา CPU Osc) วิธีเลือกโหมดนี้ต้องโปรแกรม ให้โปรแกรมบิต $C/\overline{T}$ = '0' ส่วนการสั่งให้ Up Counter Register เริ่มนับจะควบคุมที่ TRx, GATE, $\overline{INTx}$ (Pin) โดย x คือ 0,1 ถ้าเป็นศูนย์หมายถึง channel 0
ถ้าเป็น '1' หมายถึง Channel 1 ดังรูป 2.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



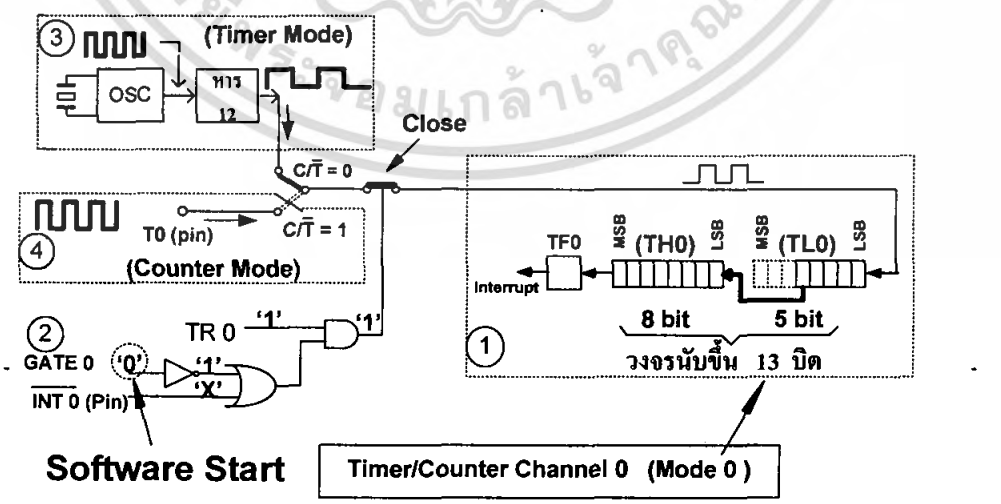
รูปที่ 2.16 ผังการทำงานเมื่อโปรแกรมในโหมดไทเมอร์

การควบคุมการทำงาน

จากรูป 16.8 OSC ของ CPU มีความถี่ 12 MHz ถูกหารด้วย 12 เหลือ 1 MHz ซึ่งตรงกับคาบเวลาใน 1 MC พอดี (1 MC จะใช้ 12 คาบเวลา CPU Oscillator) ดังนั้น จึงถือได้ว่าเป็นการนับ MC สัญญาณนี้จะผ่าน Switch ตัวแรกนี้และโปรแกรมบิต $C/\overline{T}$ = 0 เพื่อเลือกโหมดไทเมอร์ในรีจิสเตอร์ TCON ดังรูป 16.8 สัญญาณนี้ผ่านไปยัง Switch ตัวที่ 2 ที่ควบคุมจากเอาท์พุทของ AND Gate ถ้าเอาท์พุท AND Gate เป็นหนึ่ง Switch ก็จะ on ให้สัญญาณผ่านเข้าไปยัง Up Counter ได้ ดังนั้นถ้าเราโปรแกรมให้บิต GATE ใน TMOD เป็น "0" เอาท์พุทของ OR-Gate ก็จะเป็นหนึ่ง "1" ส่งเข้าอินพุทของ AND Gate ดังนั้น ในตอนนี้ถ้าบิต TRx เป็น "1" ก็จะทำให้ Switch ตัวที่ 2 on ได้ เราจึงเรียกการ Start แบบนี้ว่า Software Start

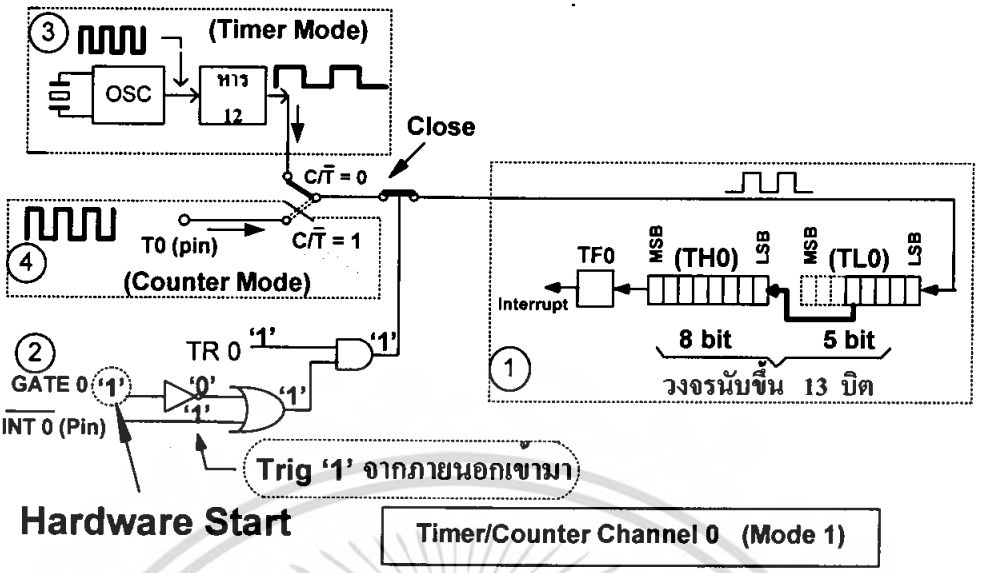
การ Start อีกแบบหนึ่งก็คือ Hardware Start โดยจะต้องกระตุ้นสัญญาณจากภายนอกเข้ามาที่ขา $\overline{INTx}$ (Pin) ขานี้มีอยู่ 2 ขาคือ $\overline{INT0}$ และ $\overline{\text{INT 1}}$ โดยอยู่ที่ P3.2 และ P3.3 สัญญาณที่จะมากระตุ้นต้องเป็น "1" โดยจะต้องเตรียมตัวก่อนหน้านี้ ดังนี้

TRx = '1' และ $GATE_x$ ต้องเป็น "1"



รูปที่ 2.17 ผังการทำงาน Software start, (GATE ='0')

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 ผังการทำงาน Hardware Start ,(GATE ='1')

การโหลดค่าเริ่มต้นให้ Up Counter Register

เนื่องจาก Up Counter Register จะนับขึ้นจนกระทั่งเกิดโอเวอร์โฟลว์แล้วจะทำให้ TF_x เปลี่ยนจากสถานะต่ำเป็นสถานะสูง ('0' ไป '1') ถ้าเราโหลดค่านับแบบ 16 บิตจะได้จำนวนแมชีนไซเคิลและเวลาที่ใช้ไปเมื่อ RUN ที่ 12 MHz ดังตารางที่ 2.2 และที่ 11.059 MHz ดังตารางที่ 2.3

ค่านับเริ่มต้น (TH0,Tl0)	จำนวนแมชีนไซเคิลที่ใช้ก่อนเกิดโอเวอร์โฟลว์	เวลาที่ใช้ (RUN ที่ 12 MHz)
FFFFH	1	(1)(1) = 1 μS
FFFEH	2	(2)(1) = 2 μS
FFFDH	3	(3)(1) = 3 μS
FFFCH	4	(4)(1) = 4 μS

ตารางที่ 2.2 จำนวนแมชีนไซเคิลและเวลาที่ใช้ไปเมื่อ RUN ที่ 12 MHz

ค่านับเริ่มต้น (TH0,Tl0)	จำนวนแมชีนไซเคิลที่ใช้ก่อนเกิดโอเวอร์โฟลว์	เวลาที่ใช้ (RUN ที่ 11.059 MHz)
FFFFH	1	(1)(1.085) = 1.085 μS
FFFEH	2	(2)(1.085) = 2.170 μS
FFFDH	3	(3)(1.085) = 3.255 μS
FFFCH	4	(4)(1.085) = 4.340 μS

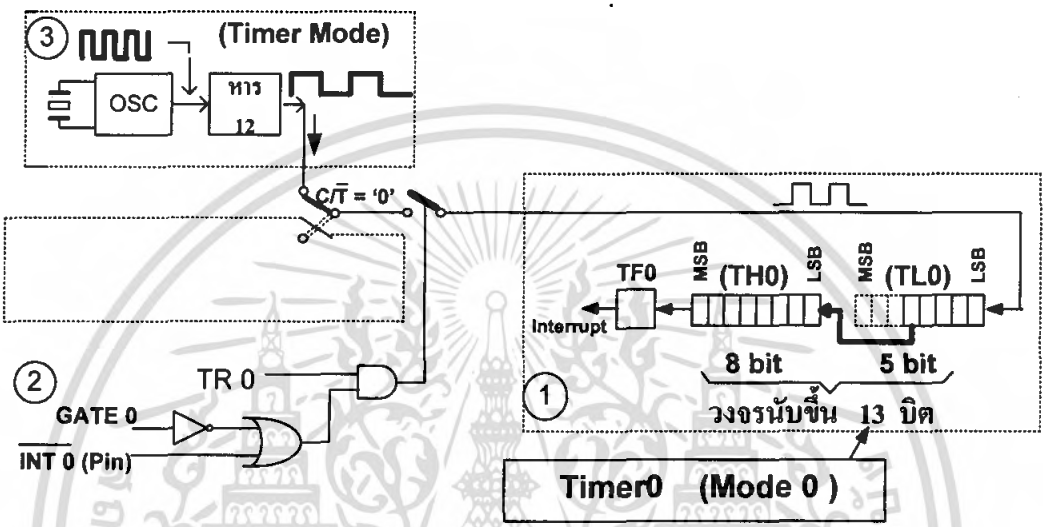
ตารางที่ 2.3 จำนวนแมชีนไซเคิลและเวลาที่ใช้ไปเมื่อ RUN ที่ 11.059 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Up Counter Register จะนับจนเกิดโอเวอร์โฟลว์ ก็จะเซ็ทบิต TFx (TF0,TF1) ให้เป็น '1' และจะอินเตอร์รัพต์ได้ก็ต่อเมื่อเราเซ็ทบิต $\overline{EA}$ และ ET0,ET1 ในรีจิสเตอร์ IE (Interupt Enable Register) ไว้ก่อนหน้านี้ เมื่อเกิดการอินเตอร์รัปต์ โปรแกรมจะกระโดดออกมาที่ตำแหน่ง 000BH เมื่อ TF0 โอเวอร์โฟลว์ และจะกระโดดมาที่ 001BH เมื่อ TF1 เกิดโอเวอร์โฟลว์ ถ้าไม่ใช้การอินเตอร์รัปต์จะใช้วิธีตรวจสอบบิต TF0, TF1 ก็ได้

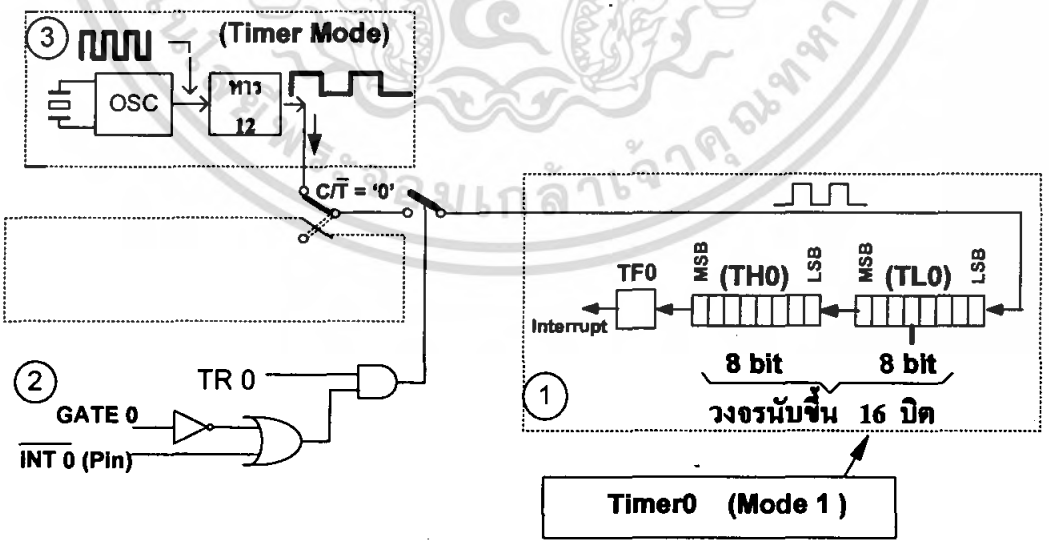
Timer mode โหมดการทำงานแบ่งได้เป็น 4 โหมด ดังนี้

Timer0 (Mode 0) 13-bit Timer โหมดนี้จะนับได้สูงสุดเท่ากับ 2^{13}



รูปที่ 2.19 Timer 0 (Mode 0) 13-bit Timer

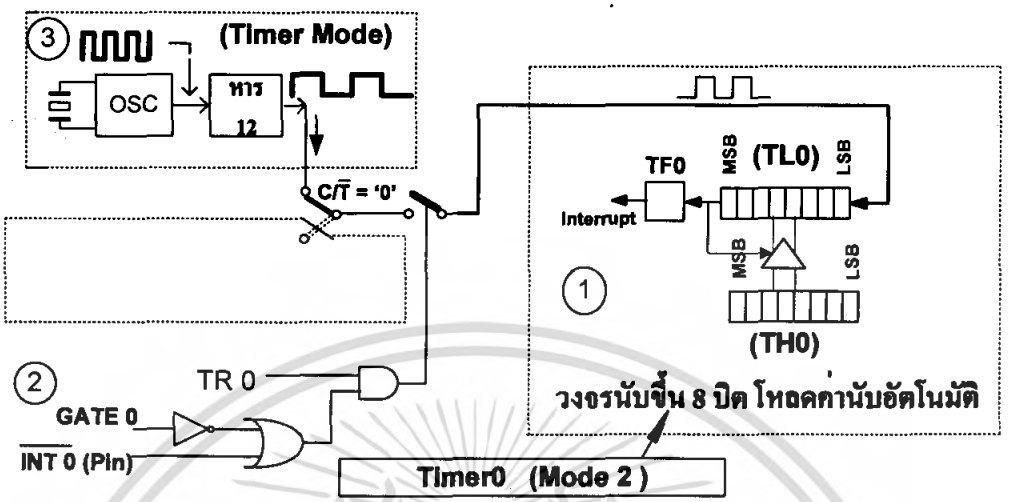
Timer0(Mode0)16-bitTimerโหมดนี้เหมือน(โหมด 0)ต่างกันที่รีจิสเตอร์เป็นแบบ 16 บิต



รูปที่ 2.20 Timer 0 (Mode 1) 16-bit timer

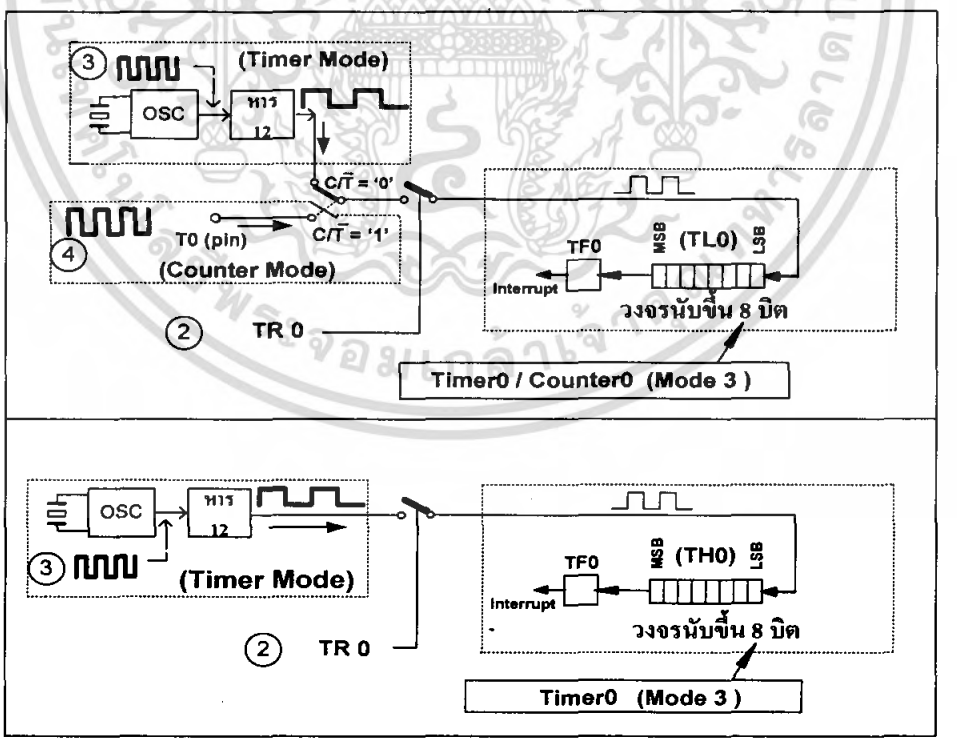
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Timer0 (Mode2) 8-bit Auto Reload โหมดนี้ใช้รีจิสเตอร์ TL1 เป็น Up Counter Register ส่วนค่าที่จะโหลดเข้ามาจะต้องเก็บไว้ก่อนใน TH1 ค่านี้จะถูกโหลดเข้า TL1 โดยอัตโนมัติเมื่อเกิดโอเวอร์โฟลว์ (นับได้สูงสุดคือ 256 MC ถ้า RUN ที่ 12 MHz จะสูญเสียเวลานับสูงสุดเพียง 256 μS เท่านั้น)



รูปที่ 2.21 Timer 0 (Mode 2) 8-bit Timer Auto Reload

Timer0 (Mode 3) 8 bit Timer and Counter โหมดนี้จะใช้ TL0 ทำงานได้ทั้งโหมดเคาน์เตอร์และโหมดไทเมอร์ เมื่อเกิดโอเวอร์โฟลว์ จะเซ็ทที่ TF0 ส่วน TH0 ทำงานโหมดไทเมอร์ เมื่อเกิดโอเวอร์โฟลว์ จะเซ็ทที่ TF1 ดูรูป 2.22 ประกอบ



รูปที่ 2.22 Timer 0 (Mode 3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.7 การเขียนหรือส่งข้อมูลออกจากพอร์ทอนุกรม

ข้อมูลที่ต้องการส่งออกทุกค่าต้องนำไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ของพอร์ทอนุกรม ซึ่งก็คือ รีจิสเตอร์ SBUF ดังตัวอย่าง

```
MOV  SBUF,#'A'
```

จากคำสั่งข้างต้นเป็นการส่งข้อมูลของตัวอักษร A ออกไปยังพอร์ทอนุกรมอย่างไรก็ตามก่อนทำการส่งข้อมูลทุกครั้ง ต้องแน่ใจว่าบิต TI เคลียร์หรือมีค่าเป็น "0" และเมื่อทำการส่งข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ก็จะเกิดการเซตบิต TI เพื่อแจ้งให้ทราบ ดังตัวอย่างโปรแกรมต่อไปนี้

```
CLR TI              : เคลียร์บิต TI เพื่อเตรียมการส่งข้อมูลออก
MOV SBUF, #' A'     : ส่งข้อมูลของตัวอักษร A ไปยังพอร์ทอนุกรม
JNB TI, $           : รอการเซตของบิต TI เพื่อแจ้งการส่งข้อมูลที่เสร็จสมบูรณ์
```

2.2.8 การอ่านหรือรับข้อมูลจากพอร์ทอนุกรม

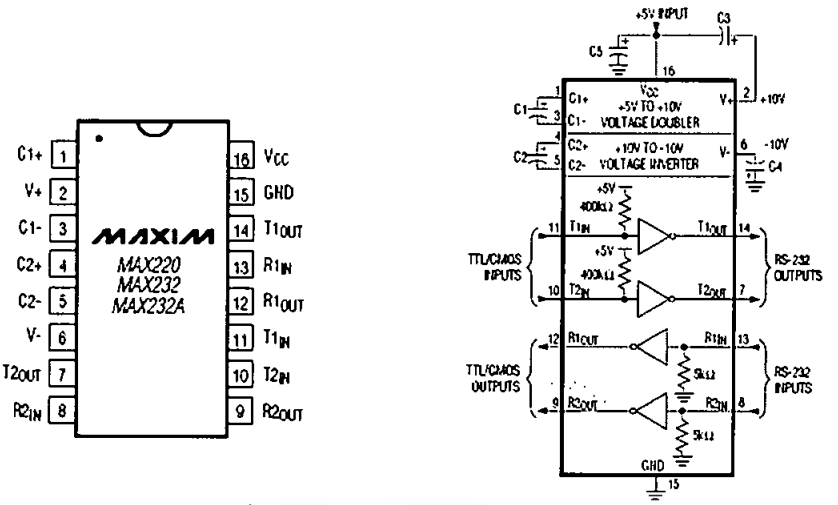
การรับข้อมูลจากพอร์ทอนุกรมสามารถกระทำได้ง่ายมาก เพียงทำการตรวจสอบว่าบิต RI เกิดการเซตขึ้นหรือไม่ ถ้าพบว่ามีการเซตเกิดขึ้นแล้วให้ทำการอ่านค่าจากรีจิสเตอร์ SBUF โดยต้องทำการโอนย้ายข้อมูลผ่านทางแอกคิวมูเลเตอร์หรือรีจิสเตอร์ A ดังตัวอย่าง

```
CLR RI      : เคลียร์บิต RI เพื่อเตรียมการส่งข้อมูลออก
JNB RI, $   : รอคอยการเซตของบิต RI อันเป็นการแจ้งให้ทราบว่า การรับข้อมูลเสร็จ
              สมบูรณ์และมีข้อมูลเกิดขึ้นที่รีจิสเตอร์ SBUF
MOV A, SBUF : อ่านค่าจากรีจิสเตอร์ โดยการโอนย้ายข้อมูลผ่านทางรีจิสเตอร์ A
CLR RI      : หลังจากทำการอ่านข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ต้องทำการเคลียร์บิต RI เสมอ
```

2.2.9 การเชื่อมต่อกับพอร์ทอนุกรมของคอมพิวเตอร์

การใช้งานวงจรพอร์ทอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มักนิยมใช้ในการติดต่อเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ทอนุกรมในมาตรฐาน RS-232 เป็นส่วนใหญ่ แต่เนื่องจากระดับสัญญาณของพอร์ทอนุกรม RS-232 มีระดับตั้งแต่ ± 3 ถึง $\pm 12V$ ในขณะที่ระดับสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับพอร์ทอนุกรมของคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง จึงต้องอาศัยการเชื่อมต่อผ่านไอซีพิเศษที่ทำหน้าที่ในการแปลงระดับสัญญาณ

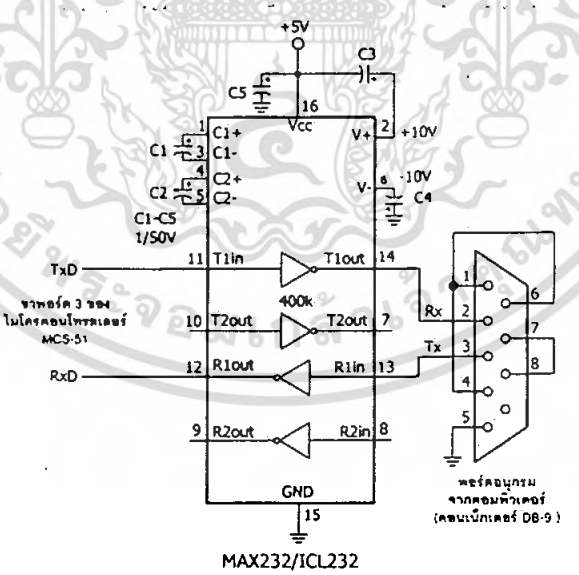
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

รูปที่ 2.23 (ก) ไอซีแปลงสัญญาณเพื่อช่วยเชื่อมต่อกับพอร์ทอนุกรมของคอมพิวเตอร์
(ข) โครงสร้างภายใน

ไอซีที่ทำหน้าที่ในการแปลงระดับสัญญาณนี้ต้องทำการแปลงข้อมูลส่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จากระดับทีทีแอลไปเป็นระดับของ RS-232 และทำการแปลงข้อมูลรับจากคอมพิวเตอร์จากระดับของ RS-232 เป็นระดับทีทีแอลเพื่อสามารถถ่ายทอดไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ได้อย่างสมบูรณ์ ไอซีดังกล่าวมีด้วยกันหลายเบอร์จากหลายผู้ผลิต อาทิ MAX232 จาก MAXIM หรือ ICL232 จาก HARRIS เป็นต้น ในรูปที่ 2.9 แสดงการจัดขาของไอซี ICL232 ซึ่งใช้ในการแปลงสัญญาณ RS-232 ส่วนวงจรของการต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.24 วงจรเชื่อมต่อ MAX232 หรือ ICL232 เข้ากับพอร์ทอนุกรมของคอมพิวเตอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

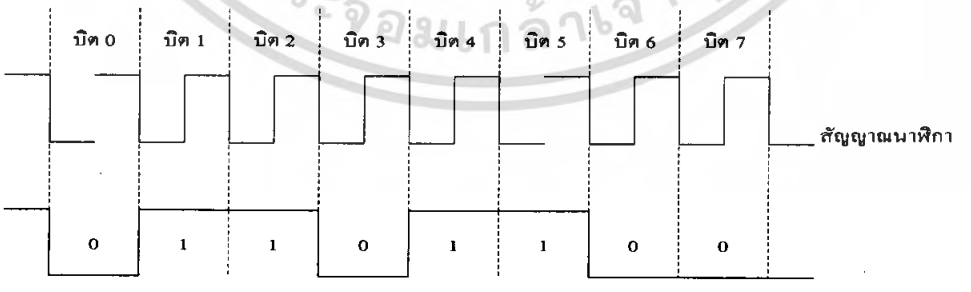
2.3 พอร์ทอนุกรม

มีทางเลือกอยู่ 2 ทางในการที่จะเคลื่อนย้ายข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์ต่อพ่วงอื่นๆหรือคอมพิวเตอร์ด้วยกัน นั่นคือการรับส่งข้อมูลแบบขนานและการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม การรับส่งข้อมูลแบบขนานจะเป็นการรับหรือส่งข้อมูลคราวละ 4 บิต หรือ 8 บิต ในเวลาเดียวกัน ซึ่งจะทำให้การรับและการส่งข้อมูลทำได้ที่ความเร็วสูง ซึ่งก็หมายความว่าจำนวนของสายที่ทำการส่งจะต้องมีมากเท่ากับจำนวนบิตของข้อมูลที่จะส่งด้วย นอกจากนี้ยังจะต้องรวมถึงสายที่ใช้สำหรับการควบคุมและการตรวจสอบการรับส่งข้อมูลด้วย ซึ่งอาจจะต้องใช้สายมากกว่า 2 เท่าของจำนวนบิตข้อมูลที่จะส่งได้ ซึ่งก็เป็นปัญหาในเรื่องราคาของสายที่ใช้ในการเชื่อมต่อแบบขนานมักจะมีราคาแพง

ในขณะที่ทำการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม เป็นการรับส่งข้อมูลครั้งละ 1 บิต แต่ก็สามารถรับส่งข้อมูลได้คราวละหลายๆบิตได้ หากแต่จะต้องมีการตกลงกันระหว่างตัวส่งและตัวรับว่าจะรับส่งข้อมูลคราวละกี่บิต ตัวรับจะต้องรอข้อมูลมาให้ครบทุกบิตเสียก่อนจึงทำการประมวลผล ส่งผลให้การสื่อสารข้อมูลอนุกรมอาจมีความเร็วต่ำกว่าแบบขนาน ในด้านจำนวนสายสัญญาณการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมจะใช้จำนวนสายน้อยกว่ามาก อย่างน้อยที่สุดใช้เพียง 2-3 เส้นเท่านั้น แต่อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลอาจต่ำกว่าแบบขนาน อย่างไรก็ตามการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมสามารถใช้สายสัญญาณที่มีความยาวมากกว่าแบบขนาน ทำให้ระยะทางในการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมสามารถทำได้มากกว่า

2.4 การสื่อสารแบบอนุกรม

การสื่อสารแบบอนุกรมนั้นจะแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือ การสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัส และการสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัส การสื่อสารแบบซิงโครนัสจะมีสัญญาณนาฬิการ่วมอยู่ด้วยกับการรับและส่งสัญญาณด้วย ตัวอย่างการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสก็คือคีย์บอร์ดของคอมพิวเตอร์ซึ่งสายเส้นหนึ่งจะเป็นสายของสัญญาณนาฬิกา ส่วนสายอีกเส้นจะเป็นสายของข้อมูล ดังนั้นการติดต่อกันแบบซิงโครนัสนี้จะต้องใช้สายในการเชื่อมต่ออย่าน้อยที่สุด 3 เส้น คือ สัญญาณนาฬิกา, ข้อมูล และกราวด์ รูปที่ 2.11 แสดงให้เห็นถึงไทมิ่งไดอะแกรมของการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส



รูปที่ 2.25 แสดงรูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

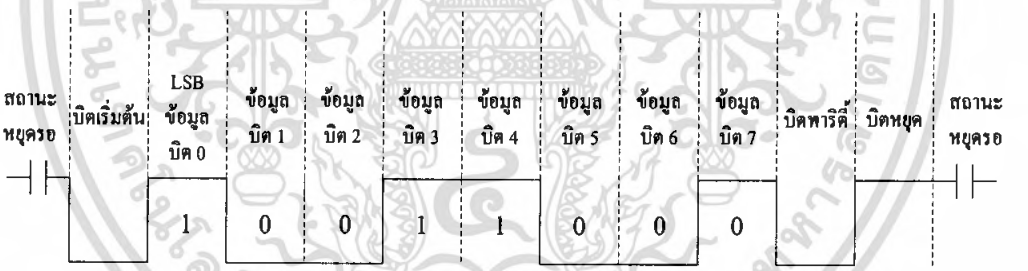
2.4.1 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส คือการรับข้อมูลและส่งข้อมูลไปในสายโดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิการ่วมด้วยเหมือนการรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส แต่จะใช้การากำหนดค่าสัญญาณนาฬิกาทั้งภาครับและภาคส่งให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งเรียกสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการกำหนดค่าให้ภาครับและภาคส่งนี้ว่า อัตราการถ่ายทอดข้อมูล หรือ บอดเรต (baudrate) มีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที (bps)

รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งแบบอะซิงโครนัสประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกันคือ

1. บิตเริ่มต้น (Start Bit) ซึ่งจะมีขนาด 1 บิต
2. บิตข้อมูลแบบอนุกรมจะมีขนาด 5 บิต, 6 บิต, 7 บิต หรือ 8 บิต
3. บิตตรวจสอบพาริตี้ (Parity Bit) จะมีขนาด 1 บิตหรือไม่มี
4. บิตปิดท้าย (Stop Bit) จะมีขนาด 1 บิต, 1.5 บิต หรือ2 บิต

รูปที่ 2.12 แสดงรูปแบบของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส ซึ่งเมื่อไม่มีข้อมูลที่จะส่ง ขา DATA จะมีสถานะลอจิก "1" ซึ่งจะเรียกสถานะนี้ว่าสถานะหยุดรอ (Waiting stage) การเริ่มต้นส่งข้อมูลจะเริ่มจากการให้ขา DATA มีลอจิก "0" ด้วยช่วงระยะเวลา 1 บิต ซึ่งจะเรียกบิตนี้ว่าบิตเริ่มต้นจากนั้นบิตข้อมูลจะถูกส่งออกไป โดยเริ่มจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (LSB) ก่อน ซึ่งใช้เพื่อตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการส่งข้อมูล บิตสุดท้ายที่จะส่งคือบิตปิดท้าย ซึ่งจะให้เพื่อตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการส่งข้อมูล บิตสุดท้ายที่จะส่งคือ บิตปิดท้าย ซึ่งจะให้ขาดาต้ามีสถานะลอจิก 1 อีกครั้งด้วยระยะเวลาอย่างน้อย 1 บิต, 1.5 บิต หรือ 2 บิต เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดข้อมูลแล้ว



รูปที่ 2.26 แสดงรูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส

อุปกรณ์พิเศษที่ได้รับการออกแบบมาสำหรับการรับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสเรียกว่า Universal Asynchronous Receiver / Transmitter หรือ UART อัตราความเร็วในการรับและส่งข้อมูลของการรับและส่งข้อมูลของการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสคือค่าบอดเรตซึ่งก็คือ ค่าจำนวนบิตต่อวินาทีที่ใช้ในการรับและส่งข้อมูลบอตเรตมาตรฐานที่ใช้สำหรับพอร์อตอนุกรม RS-232 ได้แก่ 110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200 บิตต่อวินาที และมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์ ซึ่งการรับและการส่งแบบอนุกรมโดยไม่ผ่านโมเด็มอาจจะสามารถกำหนดค่าบอดเรตได้สูงถึง 115200 บิตต่อวินาที เนื่องจากบอดเรต คือ จำนวนบิตของข้อมูลที่สามารถถ่ายทอดได้ใน 1 วินาที ยกตัวอย่างข้อมูลอนุกรมถูกส่งในลักษณะ 8 บิต ไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ มีบิตเริ่มต้น 1 บิต และบิตปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ท้าย 1 บิต ความยาวของข้อมูลที่รับส่งนี้เท่ากับ 10 บิต ถ้าใช้บอดเรตในการส่งข้อมูลเท่ากับ 9600 บิตต่อวินาที ก็จะรับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 960 ไบต์ต่อวินาที และถ้ามีการใช้พาริตี้ความเร็วในการรับส่งข้อมูลจะเหลือเป็น 872 ไบต์ต่อวินาที

การตรวจสอบพาริตี้สามารถกำหนดให้เป็นแบบคี่ (odd), แบบคู่ (even) หรือไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ก็ได้ การตรวจสอบพาริตี้เป็นการตรวจสอบจำนวนรวมของบิตลอจิก "1" ภายในข้อมูลที่ส่งไป 1 ไบต์ว่ามีจำนวนรวมเป็นเลขคู่หรือเลขคี่โดยต้องรวมบิตพาริตี้เข้าไปด้วย ยกตัวอย่างข้อมูลที่จะทำการส่งมีขนาด 8 บิตและมีค่าเท่ากับ 99 ฐานสิบหก หรือ 1001 1001 ฐานสอง จะเห็นว่าข้อมูลในไบต์มีจำนวนลอจิก "1" จำนวน 4 ตัวซึ่งเป็นเลขคู่ ดังนั้นถ้ากำหนดค่าพาริตี้เป็นคู่ค่าในบิตพาริตี้ จะต้องมีลอจิกเป็น "0" แต่ถ้าพาริตี้เป็นคี่ ค่าที่บิตพาริตี้จะต้องเป็น 1 เพื่อให้ข้อมูล 1 ไบต์รวมทั้งพาริตี้มีจำนวนบิตที่เป็นลอจิก "1" มีจำนวนรวมกันเป็นเลขคี่ ในตารางที่ 2.2 แสดงดังตัวอย่างของบิตพาริตี้ในการรับส่งข้อมูลอนุกรม

บิตพาริตี้ถูกสร้างขึ้นจากภาคส่งข้อมูล ของ UART ซึ่งทางภาครับจะต้องมีการกำหนดค่าของคุณณสมบัติการตรวจสอบพาริตี้ให้ตรงกันว่าจะตรวจสอบพาริตี้คี่หรือพาริตี้คู่ จากนั้นภาครับของ UART จะทำการตรวจสอบค่าพาริตี้ที่เกิดขึ้นว่าเป็นคู่หรือเป็นคี่ โดยการนับจำนวนลอจิก "1" ทั้งหมดรวมทั้งบิตพาริตี้ด้วย ถ้ากำหนดพาริตี้ไว้เป็นคู่แต่อ่านค่าในตัวเลขนั้นออกมาได้ตัวเลขเป็นคี่ ทางภาครับจะแสดงข้อผิดพลาดออกมาให้ผู้ใช้ทราบ นับเป็นการตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการถ่ายทอดข้อมูลที่ง่ายที่สุด แต่จะเชื่อถือได้เมื่อมีบิตข้อมูลที่ทำการส่งผิดพลาดเพียงบิตเดียวเท่านั้น ถ้าข้อมูลที่ทำการส่งมีบิตผิดพลาดมากกว่า 1 บิต การตรวจสอบด้วยวิธีนี้จะไม่ได้ผล สำหรับการตั้งพาริตี้บิตเป็นนัน (NONE) นั้นทั้งภาครับและภาคส่ง จะไม่มีการตรวจสอบพาริตี้

ข้อมูล	บิตพาริตี้คู่	บิตพาริตี้คี่
00000000	0	1
00000001	1	0
00000010	1	0
00000011	0	1
00000100	1	0
11111110	0	1
11111111	1	0

ตาราง 2.4 แสดงบิตพาริตี้ของข้อมูล

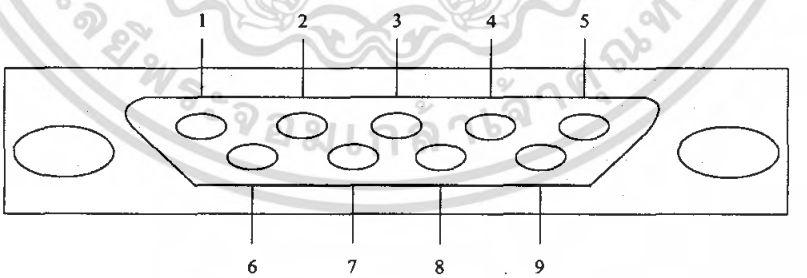
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 มาตรฐานพอร์ทอนุกรมแบบอาร์เอสสองสามสอง

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม อาร์เอสสองสามสอง เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลแบบอนุกรมอะซิงโครนัส 2 ทิศทางโดยมาตรฐาน อาร์เอสสองสามสอง ในอดีตนั้นถูกออกแบบมา เพื่อการส่งผ่านข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มเพียงอย่างเดียว เพื่อที่จะนำข้อมูลจากโมเด็มนี้สื่อสารผ่านสายโทรศัพท์ ไปยังคอมพิวเตอร์อีกชุดหนึ่งซึ่งอยู่ห่างไกลกัน โดยคณะกรรมการที่เรียกว่าสมาคมอุตสาหกรรมอิเล็กกทรอนิกส์ (Electronic Industries Association : EIA) ได้วางมาตรฐานที่มีชื่อเรียกกันว่า EIA RS-232 มาตรฐานนี้ในช่วงแรกจะใช้คอนเน็กเตอร์เป็นแบบ DB-25 โดยกำหนดความยาวของสายสัญญาณไว้ที่ 50 ฟุต มีระดับสัญญาณตั้งแต่ -3 ถึง -15 โวลล์ แสดงว่ามีข้อมูล (Mark) และ +3 ถึง +15 แสดงว่าเป็นช่องว่าง (Space)

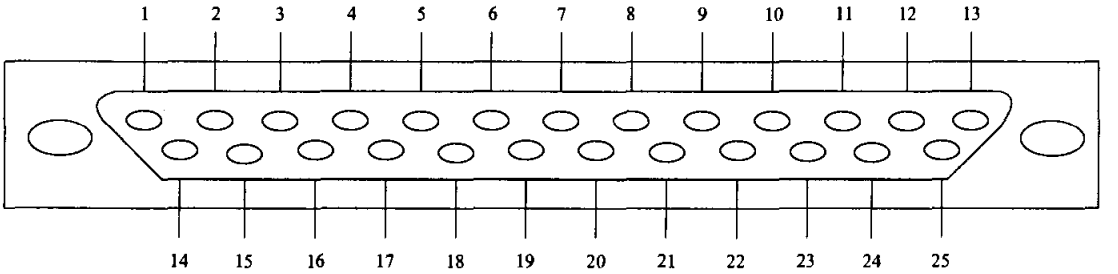
มาตรฐาน อาร์เอสสองสามสอง ได้กำหนดรูปแบบของอุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูลไว้ว่าอุปกรณ์ DTE จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีการประมวลผลในตัวเช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือ ไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความสามารถในการสร้างบิตข้อมูลอนุกรมได้ ส่วนอุปกรณ์ DCE จะทำหน้าที่เป็นเพียงตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจาก DTE เท่านั้น โดยการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองจะกระทำผ่านมาตรฐาน อาร์เอสสองสามสอง ข้อแตกต่างของอุปกรณ์ DTE และอุปกรณ์ DCE คือ คอนเน็กเตอร์ของ DTE จะเป็นตัวผู้ ส่วนคอนเน็กเตอร์ของ DCE จะเป็นตัวเมีย ซึ่งพอร์ทอนุกรมของคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปจะเป็นแบบ DTE ส่วนคอนเน็กเตอร์ที่อยู่กับโมเด็มจะเป็นแบบ DCE

สำหรับการใช้งานบนคอมพิวเตอร์ พอร์ทอนุกรม อาร์เอสสองสามสอง มักถูกใช้เชื่อมต่อกับโมเด็ม หรือเมาส์โดยสามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความยาวของสัญญาณสูงสุดถึง 20 เมตร คอนเน็กเตอร์สำหรับพอร์ทอนุกรม อาร์เอสสองสามสอง จะใช้คอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 ตัวผู้ หรือ DB-9 ตัวผู้ ซึ่งคอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 จะมีขาต่อใช้งานเพียง 9 เส้น เช่นเดียวกันคอนเน็กเตอร์แบบ DB-9 เนื่องจากขาอื่นๆ ที่เคยใช้งานในอดีต ปัจจุบันการใช้งานไม่มากนักจึงถูกยกเลิกไป โดยแสดงรูปร่างและตำแหน่งขา ดังรูปที่ 2.13



ก) การจัดขาคอนเน็กเตอร์พอร์ทอนุกรม 9 ขา หรือแบบ DB-9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



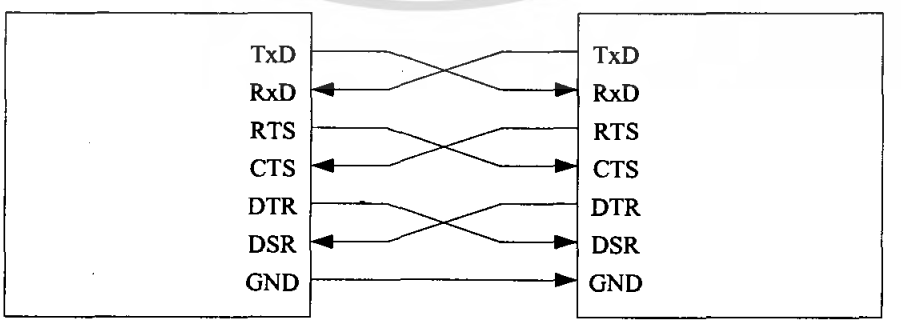
ข) การจัดขาคอนเน็กเตอร์พอร์ทอนุกรม 25 ขา หรือแบบ DB-25

รูปที่ 2.27 แสดงการจัดขาของคอนเน็กเตอร์พอร์ทอนุกรมทั้งแบบ DB-9 และ DB-25

คอนเน็กเตอร์ DB-9	คอนน็กเตอร์ DB-25	ชื่อของสายสัญญาณ	ชนิดของสายสัญญาณ
1	8	Data Carrier Direct : DCD	Input
2	3	Received Data : RxD	Input
3	2	Transmitted Data : TxD	Output
4	20	Data Terminal Ready : DTR	Output
5	7	Signal Ground : GND	
6	6	Data Set Ready : DSR	Input
7	4	Request To Send : RTS	Output
8	5	Clear To Send : CTS	Input
9	22	Ring Indicator : RI	Input

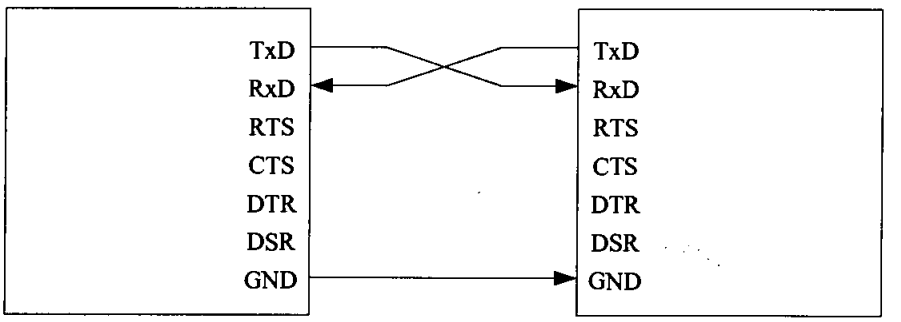
ตารางที่ 2.5 แสดงตำแหน่งและชื่อขาของ DB-9 และ DB-25

สำหรับการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกดังรูปที่ 2.14 ลูกศรในรูปแสดงถึงทิศทางของข้อมูล ในรูป 2.14(ก) เป็นการเชื่อมต่อแบบนัลโมเด็ม (Null modem) หรือการเชื่อมต่อโดยตรงไม่ต้องผ่านโมเด็ม โดยมีการตรวจสอบหรือแฮนด์เช็คเต็มรูปแบบ ส่วนในรูปที่ 2.14(ข) เป็นการเชื่อมต่อแบบนัลโมเด็ม ในลักษณะที่ใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้น



(ก) การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกกับพอร์ทอนุกรมของคอมพิวเตอร์แบบนัลโมเด็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกกับพอร์ทอนุกรมของคอมพิวเตอร์ โดยใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้น

รูปที่ 2.28 แสดงการต่ออุปกรณ์ภายนอกกับพอร์ทอนุกรมของคอมพิวเตอร์

โดยเส้นหนึ่งสำหรับส่งข้อมูลอีกเส้นสำหรับรับข้อมูล และเส้นสุดท้ายเป็นกราวด์ สำหรับรายละเอียดหน้าที่การทำงานในแต่ละขาของพอร์ทอนุกรม อาร์เอสสองสามสอง มีดังนี้

- Data Carrier Detect : DCD หรืออาจเรียกว่า Carrier Detect : CD ขานี้จะแอกทีฟเมื่อมีการส่งสัญญาณพาห์จากอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล เช่น โมเด็ม สำหรับการใช้งานปกติขานี้จะไม่ได้ถูกใช้งานมากนัก
- Received Data : RD หรือ RxD ขานี้ใช้เพื่อรับสัญญาณอนุกรมเข้ายังคอมพิวเตอร์ โดยนำข้อมูลที่อ่านได้เก็บไว้ในรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์
- Transmitted Data : TD หรือ TxD ขานี้ใช้เพื่อส่งข้อมูลออกจากคอมพิวเตอร์ โดยนำข้อมูลที่เก็บอยู่ในบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลส่งออกไป
- Data Terminal Ready : DTR เป็นขาสัญญาณที่ส่งออกจากคอมพิวเตอร์เพื่อให้อุปกรณ์ปลายทางรับรู้ว่า ต้องการติดต่อด้วยโดยขา DTR นี้จะต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของคอมพิวเตอร์ ถ้าใช้การเชื่อมต่อแบบนัลโมเด็มซึ่งใช้สายในการเชื่อมต่อเพียง 3 เส้น จะต้องต่อขา DTR และ DSR ของตัวมันเองเข้าด้วยกันและต้องต่อกับขา DCD ด้วยในกรณีที่โปรแกรมสื่อสารที่ใช้มีการตรวจจับสัญญาณพาห์
- Signal Ground : GND ขากราวด์ของระบบ
- Data Set Ready : DSR ขานี้จะใช้คู่กับขา DTR เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อกันระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ปลายทาง ซึ่งขา DSR นี้จะเป็นขาสำหรับข้อมูลจากภายนอกซึ่งถูกส่งมาจากขา DTR
- Request To Send : RTS เป็นขาสำหรับรับส่งสัญญาณร้องขอให้ทางอุปกรณ์ปลายทางส่งข้อมูลกลับมายังคอมพิวเตอร์ โดยขาที่รับสัญญาณ RTS ก็คือขา CTS ในกรณีที่ใช้การเชื่อมต่อแบบนัลโมเด็ม 3 สาย จะต้องเชื่อมต่อขา RTS และ CTS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 ระดับแรงดันที่ใช้งานสำหรับพอร์ทอนุกรม อาร์เอสสองสามสอง

มาตรฐานการสื่อสารข้อมูลของพอร์ทอนุกรมได้ระบุช่วงระดับแรงดันสำหรับการทำงานของพอร์ทอนุกรมไว้ว่า ที่ลอจิก "0" จะมีระดับสัญญาณ +3 ถึง +15 โวลต์ ส่วนลอจิก "1" จะมีระดับสัญญาณ -3 ถึง -15 โวลต์ ระดับสัญญาณนี้ทำให้ไม่สามารถที่จะนำขาเอาท์พุทใดๆ ต่อเข้ากับลอจิกเกตเพื่อใช้งานได้โดยตรง จะต้องผ่านวงจรเพื่อเปลี่ยนระดับแรงดันเสียก่อนนั่นก็คือวงจรขับ อุปกรณ์ขับแบบมาตรฐานอาร์เอสสองสามสองนั้น ในด้านภาคส่งต้องสามารถเปลี่ยนสัญญาณลอจิกให้ได้ระดับแรงดันตามค่าที่กำหนดไว้ได้ และสำหรับในส่วนของวงจรภาครับเองก็ต้องสามารถตรวจจับระดับแรงดันที่รับเข้ามาแล้วเปลี่ยนกลับให้เป็นสัญญาณลอจิกได้อย่างถูกต้องด้วยเช่นกัน โดยปกติจะใช้ไอซีจำพวก อาร์เอสสองสามสอง Transceiver ที่นิยมมากก็คือ MAX232 หรือ ICL232 ไอซีในกลุ่มนี้จะทำหน้าที่แปลงระดับแรงดันทีทีแอลให้เป็นสัญญาณในระดับแรงดันของอาร์เอสสองสามสอง และยังทำหน้าที่แปลงสัญญาณในระดับแรงดันของ อาร์เอสสองสามสอง ให้กลับมาอยู่ในระดับทีทีแอล โดยลอจิก "0" ซึ่งเดิมมีระดับสัญญาณ +3 ถึง +15 โวลต์ จะถูกแปลงเป็น 0 โวลต์ ส่วนลอจิก "1" จะมีระดับสัญญาณ -3 ถึง -15 โวลต์ ทั้งนี้เพื่อสามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ดิจิตอลอื่นที่ใช้ระดับแรงดันทีทีแอลได้

2.5 การออกแบบฐานข้อมูล

2.5.1 ระบบฐานข้อมูล (Database System)

ฐานข้อมูลถือได้ว่าเป็นแอปพลิเคชั่น (Application) หรือโปรแกรมตัวหนึ่งซึ่งทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลต่างๆ ด้วยวิธีการและรูปแบบที่เหมาะสม เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเก็บข้อมูล, ดูแลรักษาข้อมูล และนำข้อมูลมาใช้งานได้ง่ายกว่าการเก็บข้อมูลในรูปแบบไฟล์

ในความเป็นจริงคำว่า "ระบบฐานข้อมูล" มีความหมายแตกต่างกับคำว่า "ฐานข้อมูล" โดยระบบฐานข้อมูล (Database System) จะประกอบไปด้วย 4 ส่วนหลักคือ ฐานข้อมูล (Database), ซอฟต์แวร์จัดการระบบฐานข้อมูล (DBMS), โปรแกรมใช้งานฐานข้อมูล (Application Programs) และผู้ใช้งาน (USER)

2.5.2 การออกแบบฐานข้อมูลด้วยอี-อาร์โมเดล (Entity Relationship Model)

ในการออกแบบฐานข้อมูลจำเป็นต้องทำการศึกษาถึงคุณสมบัติ และความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่มีอยู่ในระบบเพื่อให้ได้มาซึ่งโครงสร้างพื้นฐานของฐานข้อมูลซึ่งโดยทั่วไปมักดำเนินการโดยการใช้แบบจำลองข้อมูล

อี-อาร์โมเดลเป็นแบบจำลองข้อมูลที่ได้รับความนิยมมากในการใช้เป็นเครื่องมือสำหรับงานออกแบบฐานข้อมูลด้วยอี-อาร์โมเดล จะเสนอโครงสร้างของฐานข้อมูลในระดับแนวคิดออกมาในรูปแบบของแผนภาพที่มีโครงสร้างง่ายต่อการทำความเข้าใจ ทำให้เห็นภาพรวมของเอนทิตีทั้งหมด และความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตีในระบบฐานข้อมูล

ขั้นตอนการออกแบบฐานข้อมูลด้วยอี-อาร์โมเดล ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้คือ

- การศึกษารายละเอียดและลักษณะหน้าที่งานของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษารายละเอียด และลักษณะหน้าที่งานของระบบเป็นการศึกษา และรวบรวมเอารายละเอียดที่เกี่ยวกับลักษณะหน้าที่งานของระบบข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนในการทำงาน ตลอดจนข้อกำหนดและสมมติฐานต่างๆ ซึ่งอาจทำได้ด้วยการสัมภาษณ์ หรือ ศึกษาจากแบบฟอร์มต่าง ๆ ที่มีการใช้งานอยู่ในระบบงานขณะนั้น

- การกำหนดเอนทิตีที่ควรมีในระบบฐานข้อมูล

เนื่องจากฐานข้อมูลหนึ่งๆ อาจประกอบด้วยเอนทิตีต่างๆ ได้จำนวนมากดังนั้นในขั้นตอนนี้จึงเป็นการนำรายละเอียดในข้อก่อนหน้านี้มาทำการกำหนดเอนทิตี ที่จำเป็น ต้องมีอยู่ในระบบฐานข้อมูล โดยคำนึงถึงการเป็นเอนทิตีประเภทอ่อนแอ ตลอดจน Supertype หรือ Subtype ด้วย

- การกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี

การกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี จะเป็นการกำหนดประเภทของความ สัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี โดยพิจารณาจากข้อกำหนดและสมมติฐานต่างๆ

- การกำหนดคุณลักษณะของเอนทิตี

การกำหนดคุณลักษณะของเอนทิตีเป็นการกำหนดว่าในแต่ละเอนทิตี ควรจะประกอบ ด้วย Property ใดบ้าง Property ใดที่มีคุณสมบัติเป็น Key Property หรือ Composite Property หรือ Derived Property

- การกำหนดคีย์หลักของแต่ละเอนทิตี

การกำหนดคีย์หลักของแต่ละเอนทิตีนั้น เป็นการกำหนด Key Property ของแต่ละเอนทิ-ตีเพื่อให้แต่ละสมาชิกในเอนทิตีสามารถมีคุณสมบัติเป็นที่เป็นเอก - ลักษณ์ เฉพาะได้

- การนำสัญลักษณ์ที่ใช้ใน อี-อาร์โมเดล มาอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล

การนำสัญลักษณ์ที่ใช้ใน อี-อาร์โมเดล มาอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเป็นการนำรายละเอียดในขั้นตอนต่างๆ มาพิจารณาทบทวนเพื่อเพิ่ม หรือลดเอนทิตี Property และความสัมพันธ์ต่างๆ จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนทั้งหมด มาเขียนเป็นแบบจำลองเพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลด้วยสัญลักษณ์ต่างๆ หรือ อี-อาร์ไดอะแกรม ดังนั้น แบบจำลองข้อมูลที่เกิดขึ้นจึงมีความชัดเจน สอดคล้อง ถูกต้องและเหมาะสมกับองค์ประกอบของงานที่กำลังศึกษา ทำให้เป็นที่ยอมรับของทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง

2.5.3 โครงสร้างของภาษาเอสคิวแอล (SQL)

ภาษา SQL (สามารถอ่านออกเสียงได้ 2 แบบ คือ "เอสคิวแอล : SQL" หรือ "ซีเควล" (Sequel)) ย่อมาจาก Structured Query Language หรือภาษาในการสอบถามข้อมูล เป็นภาษาทางด้านฐานข้อมูล ที่สามารถสร้างและ ปฏิบัติการกับฐานข้อมูลแบบสัมพันธ์ (relational database) โดยเฉพาะ และ เป็นภาษาที่มีลักษณะคล้ายกับภาษาอังกฤษ ภาษา SQL ถูกพัฒนาขึ้นจากแนวคิดของ relational calculus และ relational algebra เป็นหลักภาษา SQL เริ่มพัฒนาครั้งแรกโดย Almaden Research Center ของบริษัท IBM โดยมีชื่อเริ่มแรกว่า "ซีเควล" (Sequel) ต่อมาได้เปลี่ยนชื่อเป็น "เอสคิวแอล" (SQL) หลังจากนั้นภาษา SQLได้ถูกนำมาพัฒนาโดยผู้ผลิตซอฟแวร์ด้านระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์จนเป็นที่นิยมกันอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แพร่หลายในปัจจุบัน โดยผู้ผลิตแต่ละรายก็พยายามที่จะพัฒนาระบบจัดการฐานข้อมูลของตนให้มีลักษณะเด่นเฉพาะขึ้นมา ทำให้รูปแบบการใช้คำสั่ง SQL มีรูปแบบที่แตกต่างกันไปบ้าง เช่น ORACLE ACCESS SQL Base ของ Sybase INGRES หรือ SQL Server ของ Microsoft เป็นต้น ดังนั้นในปี ค.ศ. 1986 ทางด้าน American National Standards Institute (ANSI) จึงได้กำหนดมาตรฐานของ SQL ขึ้น อย่างไรก็ดี โปรแกรมฐานข้อมูลที่ขายในท้องตลาด ได้ขยาย SQL ออกไปจนเกินข้อกำหนดของ ANSI โดยเพิ่มคุณสมบัติอื่นๆ ที่คิดว่าเป็นประโยชน์เข้าไปอีกแต่โดยหลักทั่วไปแล้วก็ยังปฏิบัติตามมาตรฐานของ ANSI ในการอธิบายคำสั่งต่างๆของภาษา SQL ในหนังสือเล่มนี้จะอธิบายคำสั่งที่เป็นรูปแบบคำสั่งมาตรฐานของภาษา SQLโดยทั่วไป

2.5.3.1 ประเภทของคำสั่งของภาษา SQL

ภาษา SQL เป็นภาษาที่ใช้งานได้ตั้งแต่ระดับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลไปจนถึงระดับเมนเฟรม ประเภทของคำสั่งในภาษา SQL (The subdivision of SQL) แบ่งออก เป็น 3 ประเภท คือ

- ภาษาสำหรับการนิยามข้อมูล (Data Definition Language: DDL)

ประกอบด้วยคำสั่งที่ใช้ในการกำหนดโครงสร้างข้อมูลว่ามีคอลัมน์อะไร แต่ละคอลัมน์เก็บข้อมูลประเภทใด รวมถึงการเพิ่มคอลัมน์ การกำหนดดัชนี การกำหนดวิวหรือตารางเสมือนของผู้ใช้ เป็นต้น

- ภาษาสำหรับการจัดการข้อมูล (Data Manipulation Language: DML)

ประกอบด้วยคำสั่งที่ใช้ในการเรียกใช้ข้อมูล การเปลี่ยนแปลงข้อมูล การเพิ่มหรือลบข้อมูล เป็นต้น

- ภาษาควบคุม (Data Control Language: DCL) ประกอบด้วยคำสั่งที่ใช้

ในการควบคุม การเกิดภาวะพร้อมกัน หรือการป้องกันการเกิดเหตุการณ์ที่ผู้ใช้หลาย คนเรียกใช้ข้อมูลพร้อมกัน และคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมความปลอด ภัยของข้อมูลด้วยการกำหนดสิทธิของผู้ใช้ที่แตกต่างกัน เป็นต้น

2.5.3.2 ชนิดของข้อมูลที่ใช้ในภาษา SQL

ในภาษา SQL การบรรจุข้อมูลลงในคอลัมน์ต่างๆ ของตารางจะต้องกำหนดชนิดของข้อมูล (data type) ให้แต่ละคอลัมน์ ชนิดของข้อมูลนี้จะแสดงชนิดของค่าที่อยู่ในคอลัมน์ ค่าทุกค่าในคอลัมน์ที่กำหนดจะต้องเป็นชนิดเดียวกัน เช่น ในตารางลูกค้าคอลัมน์ที่เป็นรายชื่อลูกค้า จะต้องเป็นตัวหนังสือ ในขณะที่คอลัมน์จำนวนเงินที่ลูกค้าซื้อสินค้าเป็นตัวเลข

ชนิดของข้อมูลของแต่ละคอลัมน์จะขึ้นกับลักษณะของข้อมูลแต่ละคอลัมน์ ซึ่งแบ่งได้ดังนี้ชนิดข้อมูลพื้นฐานในภาษา SQL ดังนี้

ตัวหนังสือ (character) ในภาษา SQL จะใช้

- ตัวหนังสือแบบความยาวคงที่ (fixed-length character) จะใช้ char (n) หรือ character (n) แทนประเภทของข้อมูลที่เป็นตัวหนังสือใดๆที่มีความยาวของข้อมูลคงที่โดยมีความยาวเป็น n ตัว หนังสือประเภทนี้จะมีการจองเนื้อที่ตามความยาวที่คงที่ตามที่กำหนดไว้ชนิดของข้อมูลประเภทนี้จะเก็บความยาวของข้อมูลได้มากที่สุดได้ 255 ตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ตัวหนังสือแบบความยาวไม่คงที่ (variable-length character) จะใช้ varchar (n) แทนประเภทของข้อมูลที่เป็นตัวหนังสือใดๆที่มีความยาวของข้อมูลไม่คงที่โดยมีความยาว n ตัวหนังสือประเภทนี้จะมีการจองเนื้อที่ตามความยาวของข้อมูล ชนิดของข้อมูลประเภทนี้จะเก็บความยาวของข้อมูลได้มากที่สุดได้ 4000 ตัวอักษร

จำนวนเลข (numeric)

- จำนวนเลขที่มีจุดทศนิยม (decimal) ในภาษา SQL จะใช้ dec (m, n) หรือ decimal (m, n) เป็นประเภทข้อมูลที่เป็นจำนวนเลขที่มีจุดทศนิยมโดย m คือจำนวนตัวเลขทั้งหมด (รวมจุดทศนิยม) และ n คือจำนวนตัวเลขหลังจุดทศนิยม

- จำนวนเลขที่ไม่มีจุดทศนิยมในภาษา SQL จะใช้ int หรือ integer เป็นเลขจำนวนเต็มบวกหรือลบขนาดใหญ่ เป็นตัวเลข 10 หลัก และในภาษา SQL จะใช้ smallint เป็นประเภทข้อมูลที่เป็นเลขจำนวนเต็มบวกหรือลบขนาดเล็ก เป็นตัวเลข 5 หลัก ที่มีค่าตั้งแต่ –32,768 ถึง +32,767 ตัวเลขจำนวนเต็มประเภทนี้จะมีการจองเนื้อที่น้อยกว่าแบบ integer

- เลขจำนวนจริง ในภาษา SQL อาจใช้ number (n) แทนจำนวนเลขที่ไม่มีจุดทศนิยมและจำนวนเลขที่มีจุดทศนิยม

ข้อมูลในลักษณะอื่นๆ

- วันที่และเวลา (Date/Time) เป็นชนิดวันที่หรือเวลาในภาษา SQL จะใช้ data เป็นข้อมูลวันที่ ซึ่งจะมีหลายรูปแบบให้เลือกใช้ เช่น yyyy-mm-dd (1999-10-31) dd.mm.yyyy (31. 10.1999) หรือ dd/mm/yyyy (31/10/1999)

2.5.4 ลักษณะการใช้งานของภาษา SQL

ภาษา SQL เป็นส่วนประกอบหนึ่งของ DBMS มักพบใน DBMS เชิงสัมพันธ์หลายตัวและเป็นที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ภาษา SQL ง่ายต่อการเรียนรู้ การใช้งานในภาษา SQL แบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ ภาษา SQL ที่โต้ตอบได้ (interactive SQL) และภาษา SQL ที่ฝังในโปรแกรม (embedded SQL)

2.5.4.1 ภาษา SQL ที่โต้ตอบได้ ใช้เพื่อปฏิบัติงานกับฐานข้อมูลโดยตรง เป็นการใช้คำสั่งภาษา SQLสั่งงานบนจอภาพ โดยเรียกดูข้อมูลได้โดยตรงในขณะที่ทำงาน เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่นำไปใช้ได้ ตัวอย่างเช่น ต้องการเรียกดูข้อมูลในคอลัมน์ SALENAME และ SALECOM จากตาราง SALESTAB จะใช้คำสั่งของภาษา SQL ดังนี้

```
SELECT SALENAME, SALECOM
FROM SALESTAB;
```

2.5.4.2 ภาษา SQL ที่ฝังในโปรแกรม เป็นภาษา SQL ที่ประกอบด้วยคำสั่งต่าง ๆ ของ ภาษา SQL ที่ใส่ไว้ในโปรแกรมที่ส่วนมากแล้วเขียนด้วยภาษาอื่น เช่น โคบอล ปาสคาล ภาษาซี ลักษณะของคำสั่ง SQL จะแตกต่างจากภาษาอื่นๆ ในแง่ที่ว่า SQL ไม่มีคำสั่งที่เกี่ยว กับการควบคุม (control statement)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมือนภาษาอื่น เช่น if..then...else for...do หรือ loop หรือ while ทำให้มีข้อจำกัดในการเขียนชุดคำสั่งงาน การใช้ภาษา SQL ฝังในโปรแกรมอื่นจะทำให้ภาษา SQL มีความ สามารถ และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ผลลัพธ์ของคำสั่งที่เกิดจากภาษา SQL ที่ฝังในโปรแกรมจะถูกส่งผ่านไปให้กับตัวแปรหรือพารามิเตอร์ที่ใช้ โดยโปรแกรมที่ภาษา SQL ไปฝังตัวอยู่ เช่น

```
while not end-of-file(input) do
begin
readin(id-num, salesperson,loc,comm);
EXEC SQL INSERT INTO SALESTAB
VALUES (:id-num,:salesperson,:loc,:comm);
end;
```

ทั้งภาษา SQL ที่โต้ตอบได้และภาษา SQL ที่ฝังในโปรแกรมจะมีลักษณะของคำ สั่งที่ใช้งานเหมือนกัน จะต่างกันแต่เพียงภาษา SQL ที่ฝังในโปรแกรมจะมีวิธีการเชื่อมโยงกับภาษาอื่น ๆ

2.5.5 การบันทึกข้อมูล การปรับปรุงข้อมูล และการลบข้อมูล

ในระบบฐานข้อมูล การบันทึกข้อมูล การปรับปรุงข้อมูลและการลบข้อมูลถือเป็นสิ่งสำคัญ ในภาษา SQL มีภาษาสำหรับการจัดการข้อมูล (Data manipulation Language : DML) ซึ่งเป็นภาษาที่ใช้ในการบันทึกข้อมูล การปรับปรุงข้อมูลและการลบข้อมูล ภาษาสำหรับการจัดการข้อมูล เป็นส่วนประกอบหนึ่งในภาษา SQL โดยภาษาสำหรับการจัดการข้อมูลใช้สำหรับจัดการข้อมูลภายในตารางของฐานข้อมูล ในการใช้คำสั่งที่เป็นภาษาสำหรับนิยามข้อมูลของภาษา SQL เช่น CREATE TABLE จะทำให้ได้โครงสร้างตารางว่างๆ ที่ยังไม่มีข้อมูลใดๆเก็บอยู่ คำสั่งในภาษาสำหรับการจัดการข้อมูลจะเป็นคำสั่งที่ช่วยในการจัดการข้อมูลภายในโครงสร้างตารางที่สร้างขึ้น ตัวอย่างของคำสั่งในภาษาสำหรับการจัดการข้อมูล จะเป็นคำสั่งการปรับปรุงข้อมูล ได้แก่ การเพิ่มข้อมูล (INSERT) การปรับปรุง (UPDATE) และการลบข้อมูล (DELETE) และคำสั่งการเรียกค้นข้อมูลได้แก่คำสั่ง (SELECT)

คำสั่งที่ใช้ในการปรับปรุงข้อมูลของภาษา SQL คือ การเพิ่มข้อมูล (INSERT) การปรับปรุงข้อมูล (UPDATE) และ การลบข้อมูล (DELETE) เป็นคำสั่งในภาษาการจัดการข้อมูล เมื่อโครงสร้างหลักของตารางได้ถูกกำหนดขึ้นเรียบร้อยแล้ว ก็จะทำการบันทึกข้อมูลลงในตารางหลักหรืออาจทำการปรับปรุงหรือลบข้อมูลในภายหลัง คำสั่งทั้ง 3 นี้ เมื่อดำเนินการในภาษา SQL จะไม่แสดงผลลัพธ์ออกมาทางหน้าจอ แต่ผลของคำสั่งจะมีผลต่อข้อมูล ผู้ใช้สามารถดูผลของการใช้คำสั่งในการเพิ่มข้อมูล การปรับปรุงและการลบข้อมูล โดยใช้คำสั่งการเรียกค้นข้อมูล (SELECT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่งการเพิ่มข้อมูล (INSERT)

คำสั่งการเพิ่มข้อมูลในตารางจะใช้คำสั่ง INSERT จะมีอยู่ 2 รูปแบบคือ การเพิ่มข้อมูลเข้าไปทีละแถว และ การเพิ่มข้อมูลโดยการดึงกลุ่มข้อมูลด้วยคำสั่งค้นหาข้อมูล

- คำสั่งการเพิ่มข้อมูลทีละแถวโดยระบุข้อมูลที่จะ INSERT เข้าไปโดยตรง รูปแบบของคำสั่งเป็นดังนี้

INSERT INTO <Table_ name> [(column 1, column 2,…)]
VALUE (<value1, value2 ,…>);

INSERT INTO เป็นคำสั่งที่ต้องมีทุกครั้งที่ต้องการเพิ่มข้อมูล
Table_ name ชื่อตารางที่จะเพิ่มข้อมูล
column 1, column 2,…คอลัมน์ที่ต้องการเพิ่มข้อมูล
value1,value2, ค่าข้อมูลของแต่ละคอลัมน์ที่ต้องการเพิ่ม

- คำสั่งการเพิ่มข้อมูลโดยการดึงกลุ่มข้อมูลด้วยคำสั่งค้นหาข้อมูล ในภาษา SQL สามารถใช้คำสั่ง INSERT ในการนำค่าหรือหาค่าจากตารางหนึ่งแล้วไปใส่ไว้ในอีกตาราหนึ่งได้ โดยได้ค่านั้นมาจากการสอบถามข้อมูล รูปแบบเป็นดังนี้

INSERT INTO <Table_name>[(column 1, column 2,…)]
SELECT statement;

INSERT INTO เป็นคำสั่งที่ต้องมีทุกครั้งที่ต้องการเพิ่มข้อมูล
Table_name ชื่อตารางที่จะเพิ่มข้อมูล
SELECT statement เป็นคำสั่ง SELECT ที่ต้องการข้อมูลอีกตารางหนึ่ง

คำสั่งปรับปรุงแถวข้อมูล (UPDATE)

หลังจากที่ป้อนข้อมูลเข้าไปเก็บไว้ในตารางแล้ว ในกรณีที่ต้องการจะปรับปรุงแก้ไขข้อมูลสามารถทำได้ด้วยภาษา SQL การปรับปรุงแถวข้อมูลเป็นการปรับปรุงหรือแก้ไขค่าคอลัมน์ ซึ่งในคำสั่งปรับปรุงข้อมูลอาจมีมากกว่า 1 คอลัมน์ในแถวทุกแถวที่มีเงื่อนไขสอดคล้องกับที่ระบุไว้หลังคำว่า WHERE

รูปแบบของคำสั่งปรับปรุงแถวข้อมูลมีดังนี้

UPDATE <table name> SET <column 1>[, column 2,…] = <expression
|sunquery>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[WHERE<condition>];

UPDATE เป็นคำสั่งที่ต้องมีทุกครั้งที่ต้องการปรับปรุงข้อมูล
Table_ name ชื่อตารางที่ต้องการปรับปรุง
SET <column > ชื่อคอลัมน์ที่ต้องการปรับปรุง
expression ค่าข้อมูลที่ต้องการปรับปรุง
WHERE<condition> เงื่อนไขในการปรับปรุง

คำสั่งการลบข้อมูลทั้งแถว (DELETE)

คำสั่งในการลบแถวข้อมูลเป็นคำสั่งที่ใช้ในการลบแถวข้อมูลทุกแถวที่มีเงื่อนไขสอดคล้องกับที่ระบุไว้หลัง WHERE คำสั่งการลบข้อมูลมีรูปแบบทั่วไปดังนี้

DELETE FROM <Table_name>
[WHERE<condition>];
DELETE FROM เป็นคำสั่งที่ต้องมีทุกครั้งที่ต้องการลบข้อมูล
Table_name ชื่อตารางที่ต้องการลบข้อมูล
WHERE<condition> เงื่อนไขในการลบข้อมูล

2.5.6 การเรียกค้นข้อมูล (SELECT)

การจัดทำฐานข้อมูลในรูปแบบตารางนั้น เกิดจากการที่ข้อมูลได้ออกแบบมาเพื่อลดความซ้ำซ้อน (Normalization) ดังนั้นข้อมูลที่มีรายละเอียดของข้อมูลมากอาจจะถูกเก็บไว้ในหลายๆตารางแยกออกมาต่างหาก เช่น ตารางข้อมูลที่เป็นตารางหลัก (master table) และตารางข้อมูลที่เป็นตารางเชิงรายการ (transaction table) และตารางข้อมูลที่เป็นตารางที่อยู่ (address table) เป็นต้น การแยกออกเป็นตารางข้อมูลย่อยๆ นี้ นอกจากลดความซ้ำซ้อน แล้วยังช่วยในการประหยัดเนื้อที่ และยังเพิ่มประสิทธิภาพของฐานข้อมูล

- การเรียกค้นข้อมูลจากหลายตารางในภาษา SQL เป็นการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตารางทั้งหลาย โดยที่จะสามารถเอาข้อมูลในตารางกี่ตารางก็ได้ให้มาสัมพันธ์กันดังนั้นจึงสามารถเชื่อมต่อข้อมูลที่แตกต่างกันได้โดยการใช้คำสั่ง WHERE คำสั่ง WHERE เป็นคำสั่งในการกำหนดเงื่อนไขในการเรียกดูข้อมูลใช้คู่กับคำสั่ง SELECT และ FROM

SELECT * FROM TABLE1, TABLES2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การเรียกดูข้อมูลแบบซ้อนกัน (subqueies) เป็นการสร้างคำสั่ง SELECT ซ้อนกันการเรียกดูข้อมูลแบบซ้อนกัน มีจุดประสงค์ก็เพื่อลดภาระในการเชื่อมตารางที่ต้องใช้ในหน่วย ความจำเป็นจำนวนมาก คำสั่งย่อยนี้สามารถสร้างหลังคำสั่ง WHERE มีรูปแบบดังนี้

SELECT [*] <column 1, column 2,...>
FROM <table name>
[WHERE<column list = <Select Statement>]

SELECT คำสั่งที่ต้องมีทุกครั้งที่ต้องการเรียกค้นข้อมูล
column 1, column 2,... คอลัมน์ที่ต้องการเรียกค้น
FROM การกำหนดว่าให้เรียกดูข้อมูล ได้จากตารางใดบ้าง
table name ชื่อตารางที่ต้องการเรียกค้นข้อมูล
WHERE<condition> ส่วนของคำสั่งที่บอกเงื่อนไขที่จะใช้ในการค้นหาข้อมูล
Select Statement ส่วนของคำสั่งที่เรียกค้นข้อมูลตามเงื่อนไข

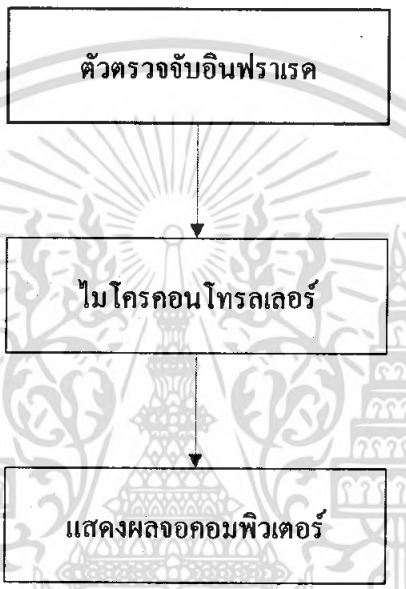
การทำงานของคำสั่งย่อยที่ใช้ในการระบุเงื่อนไขหรือเรียกข้อมูลจะทำจากคำถามย่อยด้านในสุด ผลที่ได้จะเป็นค่ากลับมาให้กับค่าที่อยู่หน้าเครื่องหมายเท่ากับ (=) เพื่อเรียกค้นข้อมูลตามที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและสร้าง

3.1 หลักการทั่วไป

จากบทนำในบทที่ 1 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบนำเสนอข้อมูลอัตโนมัติได้ดังนี้

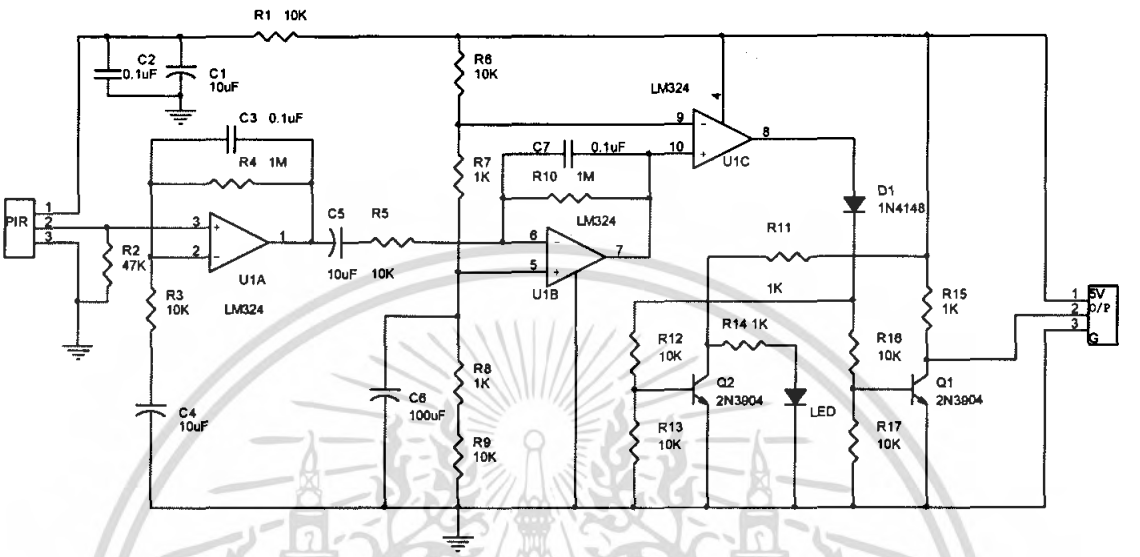


รูปที่ 3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบนำเสนอข้อมูลอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบวงจรอินฟราเรดเซ็นเซอร์

อาศัยหลักการการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของรังสีอินฟราเรดที่ถูกส่งออกมาหรือ ที่เรียกว่า "พาสซีฟ อินฟราเรด ดีเทคเตอร์ (passive infrared detector)" คือ การตรวจจับการเปลี่ยนแปลงความร้อนจากการเปลี่ยนแปลงของรังสีอินฟราเรดที่แผ่ออกมาจากตัวคนหรือสัตว์ ในขณะที่มีการเคลื่อนไหว



รูปที่ 3.2 แสดงวงจรอินฟาเรดเซ็นเซอร์

หลักการทำงานของวงจร

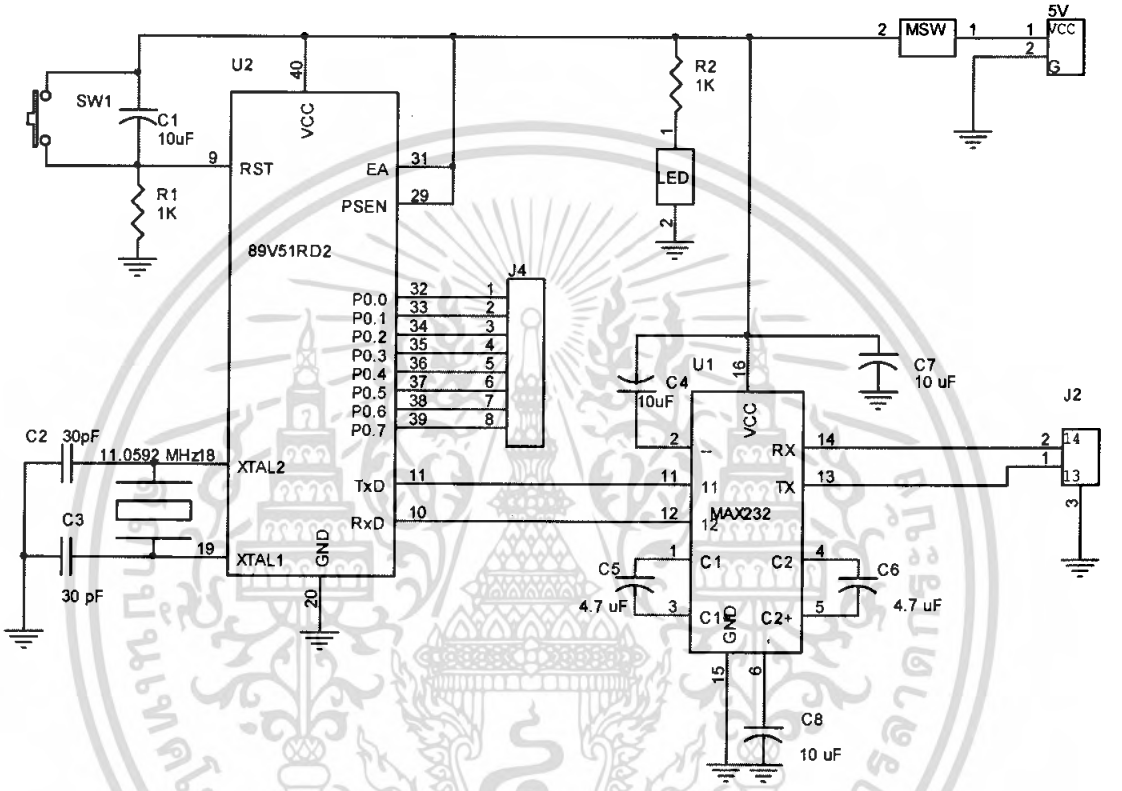
เมื่อมีคนเดินผ่านหน้า PIR จะทำให้ที่ขา sorce (ขา2) ของ PIR มีสัญญาณลูกเล็กๆเกิดขึ้น และจะถูกขยายด้วย IC1/A ซึ่งทำหน้าที่เป็นวงจรปรีแอมป์ 100 เท่า สัญญาณที่ได้จะถูกส่งไปขยายอีก 100 เท่าด้วย IC1/B ก่อนส่งเข้า IC1/C ซึ่งเป็นวงจรเปรียบเทียบสัญญาณ (comparator) โดยจะทำหน้าที่เปรียบเทียบสัญญาณที่เข้ามากับสัญญาณอ้างอิง ซึ่งจะตอบสนองเมื่อมีสัญญาณเกินกว่าสัญญาณอ้างอิงประมาณ 230 mV จากแรงดันที่ตกคร่อม R7 จะได้สัญญาณที่เป็นพัลซ์ขนาดประมาณ 3.8V เพื่อไปทริกให้ทรานซิสเตอร์ทำงานเป็นสวิตช์ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

3.3.1 ส่วนการออกแบบของฮาร์ดแวร์

วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์จะควบคุมการรับสัญญาณจากวงจรอินฟาเรดเซ็นเซอร์ รวมไปถึงการรับและส่งข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรมในมาตรฐาน RS-232 โดยใช้ไอซี MAX232 ทำหน้าที่ในการแปลงระดับสัญญาณให้สามารถส่งและรับข้อมูลผ่านทางพอร์ตอนุกรมได้ วงจรแสดงได้ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แสดงชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

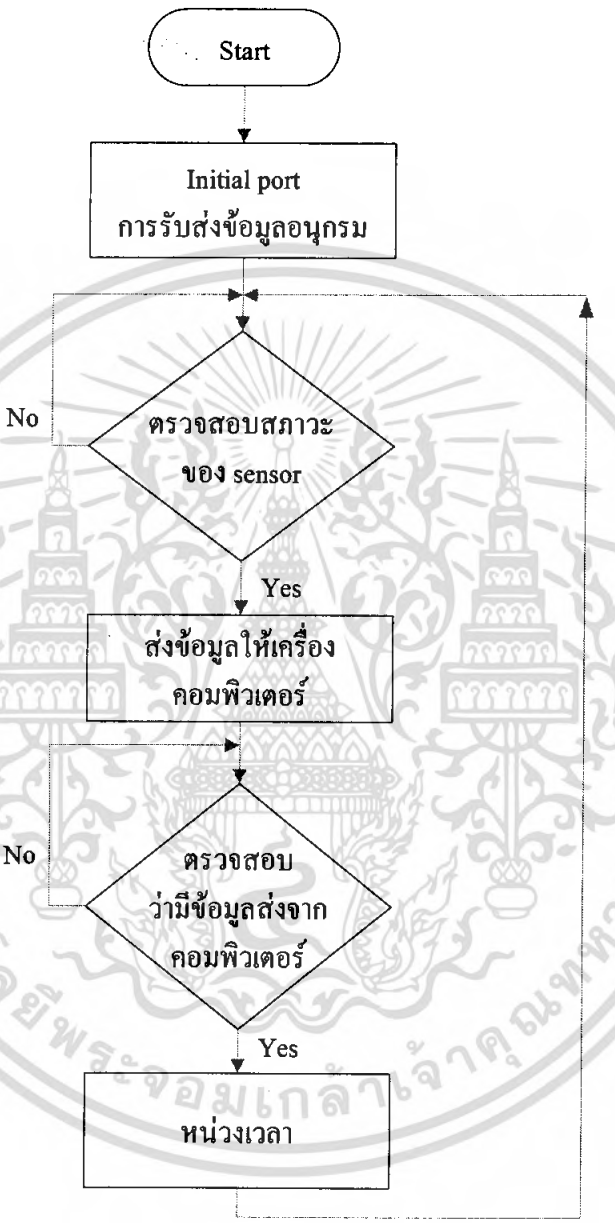
หน้าที่และการต่อขากับอุปกรณ์ภายนอกของไมโครคอนโทรลเลอร์

- ขา 32 (P0.0) บิตนี้ทำหน้าที่เป็นอินพุตรับคำสั่งจากวงจรอินฟาเรดเซ็นเซอร์
- ขา 9 (RESET) เป็นขารีเซ็ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะต่อตัวต้านทานลงกราวด์และตัวเก็บประจุคร่อมสวิตซ์ที่ต่อกับไฟ 5 โวลต์
- ขา 10 (RxD) ใช้ทำหน้าที่เป็นตัวรับข้อมูลอนุกรม เพื่อรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์
- ขา 11 (TxD) ใช้ทำหน้าที่เป็นตัวส่งข้อมูลอนุกรม เพื่อส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์
- ขา 18 และขา 19 (XTAL1 และ XTAL2) เป็นขาที่ต่อกับชุดออสซิลเลเตอร์ โดยใช้คริสตอล 11.0592 MHz และต่อตัวเก็บประจุ 33 pF ลงกราวด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 ส่วนการออกแบบโปรแกรม

การออกแบบโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะใช้ภาษาแอสเซมบลีในการเขียนโปรแกรม ซึ่งจะส่งข้อมูลและรับข้อมูลไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์โดยผ่านทางพอร์ทอนุกรม RS-232 โดยมีการทำงานของโปรแกรมดังนี้



รูปที่ 3.4 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์

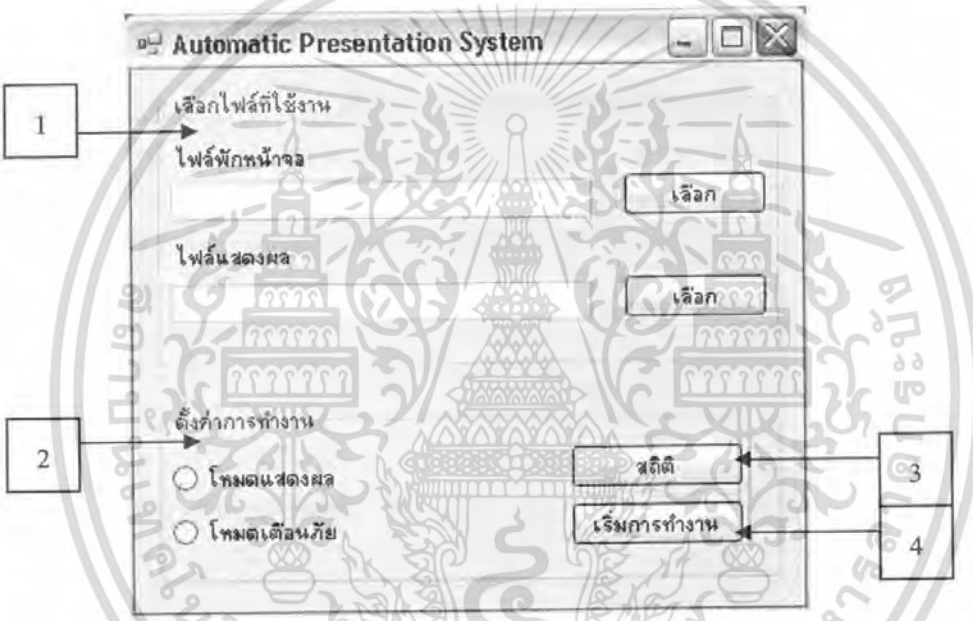
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ในส่วนของการออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะใช้โปรแกรมวิชวลสตูดิโอ 2005 ที่เป็นตัวแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ รับข้อมูลและส่งข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยส่วนของการออกแบบโปรแกรมจะประกอบด้วยฟอร์ม (Form) ต่างๆ ที่เป็นพื้นที่ที่ใช้สำหรับการออกแบบ โดยการนำเอาคอนโทรลต่างๆ มาวางในฟอร์ม

3.4.1 ส่วนของโปรแกรมหน้าจอควบคุมหลัก

ในส่วนของโปรแกรมหน้าจอควบคุมหลักจะมีฟอร์มดังรูปที่ 3.5 ซึ่งจะมีรูปแบบการทำงานในส่วนต่างๆดังนี้



รูปที่ 3.5 แสดงส่วนของหน้าจอควบคุมหลัก

1) เลือกไฟล์ที่ใช้งานที่มีอยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยไฟล์ที่ถูกเลือกจะแสดงชื่อของไฟล์นั้นขึ้นมา ซึ่งการทำงานของไฟล์พักหน้าจอจะแสดงข้อมูลในลักษณะวนทำงานไปเรื่อยๆ จนกว่าจะได้รับข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางพอร์ทอนุกรมจึงจะหยุดแสดงข้อมูล และการทำงานของไฟล์แสดงผลจะแสดงข้อมูลทันที เมื่อไฟล์แสดงผลแสดงข้อมูลเสร็จสิ้น ไฟล์พักหน้าจอจะทำงานในลักษณะวนทำงานไปเรื่อยๆ อีกครั้ง

2) ตั้งค่าการทำงานจะมีให้เลือกสองโหมดคือโหมดแสดงผล และโหมดเตือนภัย ไม่สามารถเลือกใช้งานพร้อมกันได้

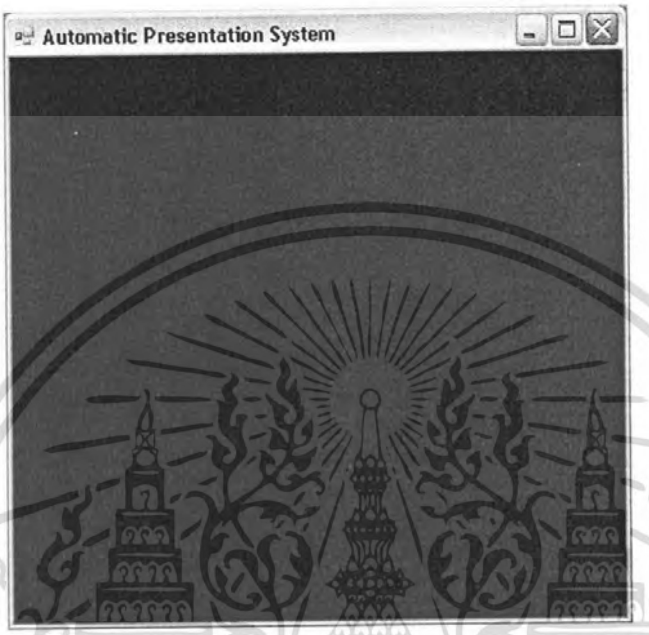
3) ปุ่มสถิติจะมีไว้สำหรับเรียกดูข้อมูลต่างๆ ที่แสดงในฐานข้อมูล

4) ปุ่มเริ่มการทำงาน จะเป็นการเริ่มการทำงานของโปรแกรมที่ทำการเลือกและตั้งค่าไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 ส่วนของโปรแกรมแสดงผลของข้อมูล

ในส่วนโปรแกรมการแสดงผลของข้อมูลจะใช้คอนโทรล Windows Media Player มาเป็นตัวแสดงผล โดยคอนโทรลนี้ได้ทำการกำหนดให้เลือกใช้ไฟล์ได้แค่สองไฟล์คือ ไฟล์ประเภท DAT และ MPG เท่านั้น



รูปที่ 3.6 แสดงส่วนของการแสดงข้อมูล

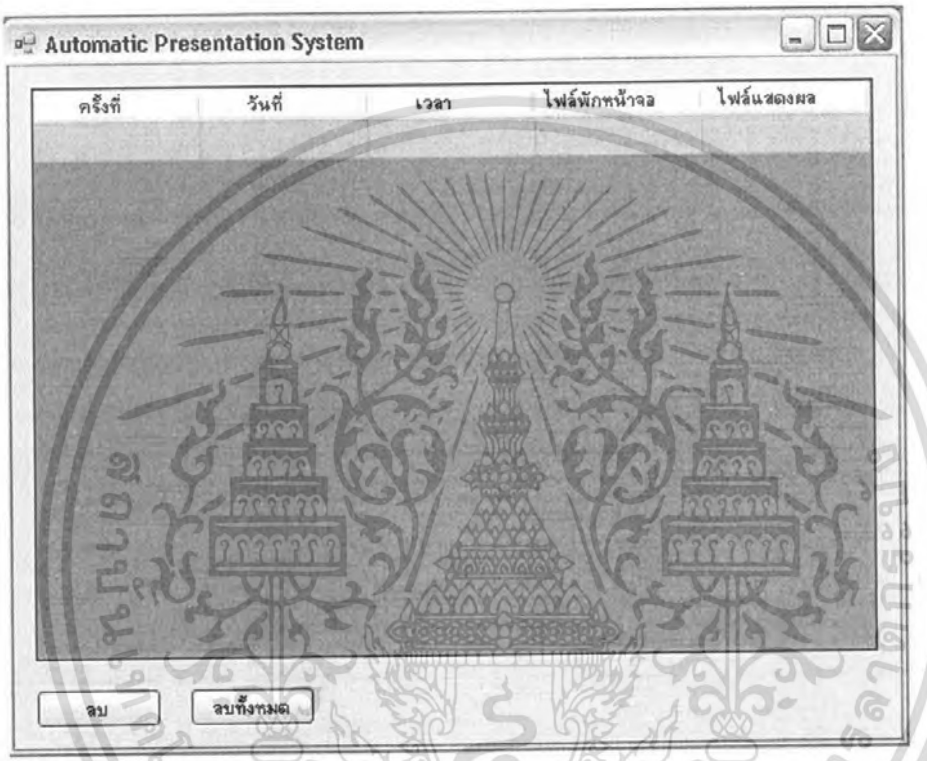
3.4.3 ส่วนของโปรแกรมเตือนภัย

รูปที่ 3.7 แสดงส่วนของโปรแกรมเตือนภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

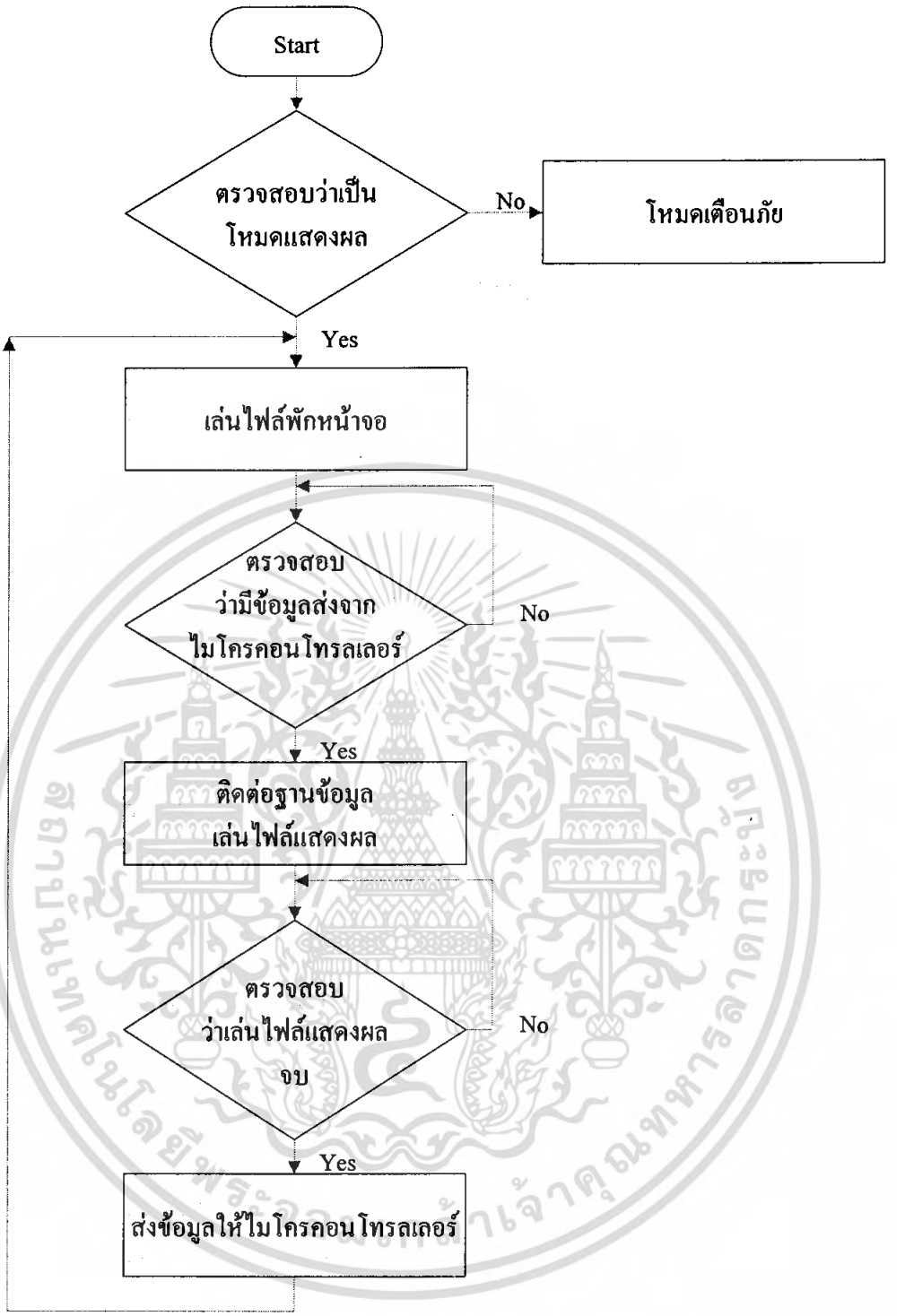
3.4.4 ส่วนของโปรแกรมจัดเก็บข้อมูลภายในฐานข้อมูล

ส่วนนี้จะเป็นการจัดเก็บข้อมูลที่อยู่ภายในฐานข้อมูล เมื่อทำการเลือกปุ่มสถิติในส่วนข้องหน้าจอควบคุมหลัก จะแสดงรูปแบบการทำงานและฟอร์มในส่วนต่างๆ ดังรูปที่ 3.8 ส่วนของการแสดงข้อมูลทางสถิติ มีการบอกลำดับที่ บอกวันเวลาและไฟล์แสดงผลข้อมูลออกไป โดยจะมีส่วนของการลบข้อมูลย่อยที่ต้องการลบทีละอัน และลบข้อมูลทั้งหมด



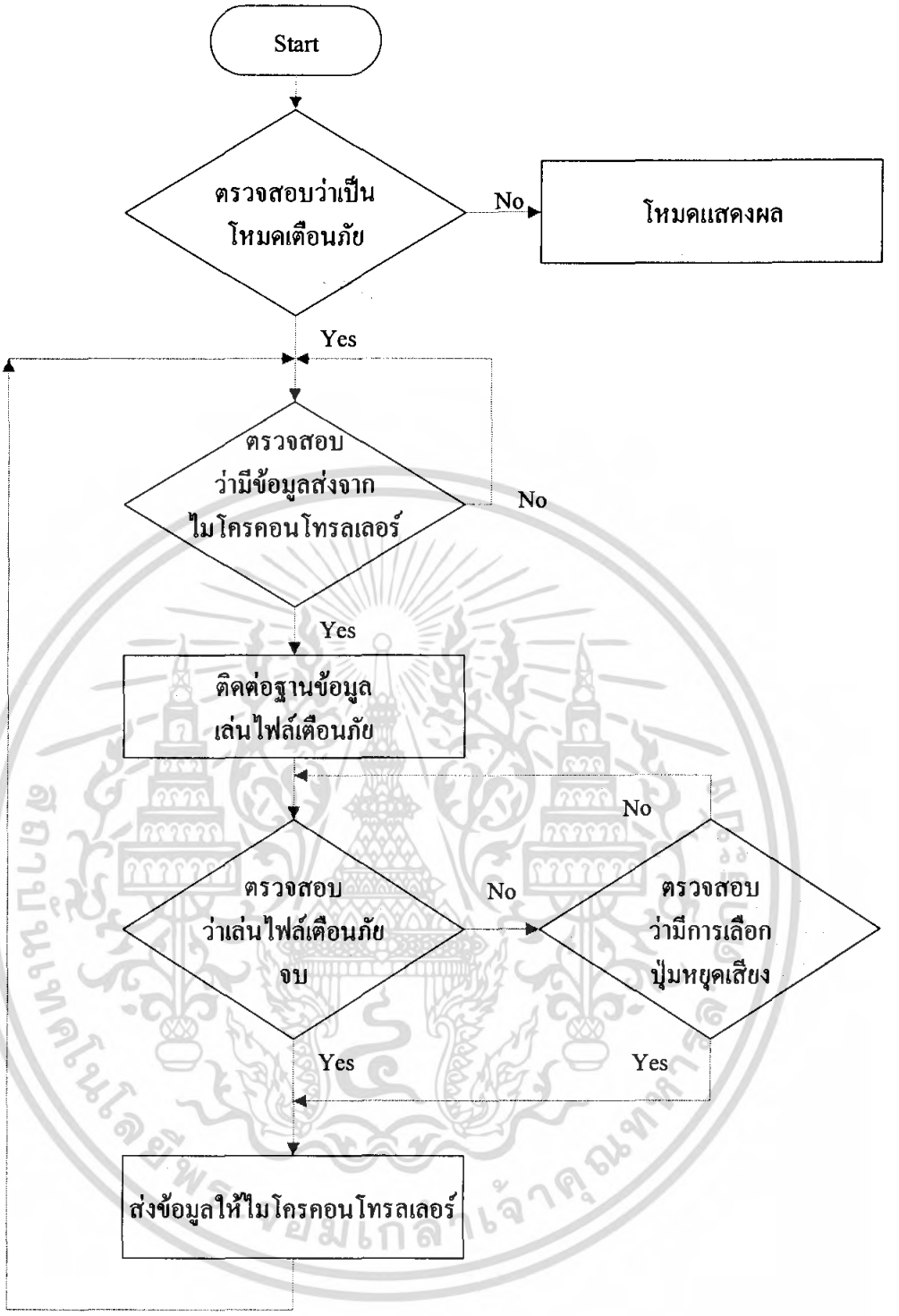
รูปที่ 3.8 แสดงส่วนของการจัดเก็บข้อมูลภายในฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิชวลสตูดิโอ 2005 ในโหมดแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์วิชวลสตูดิโอ 2005 ในโหมดเตือนภัย

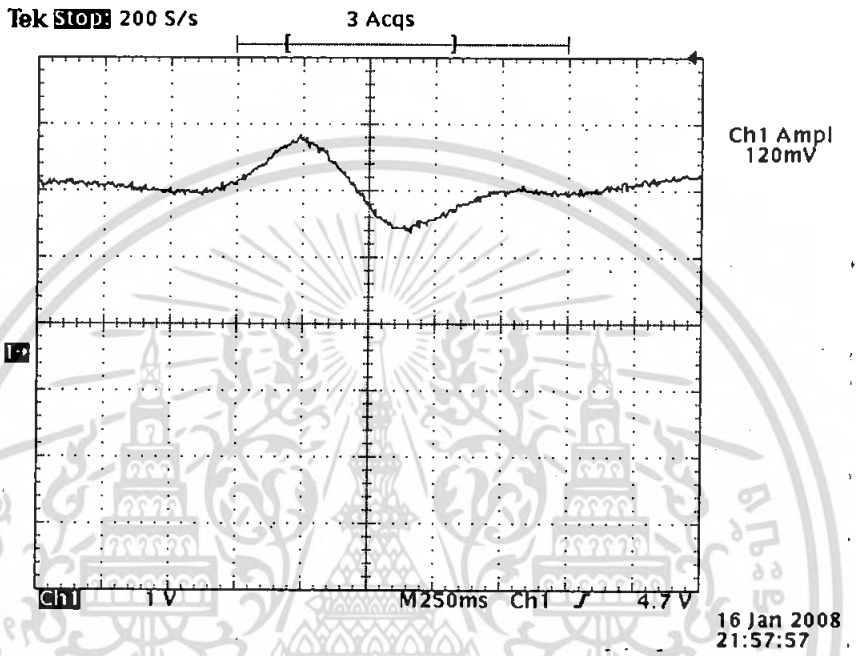
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

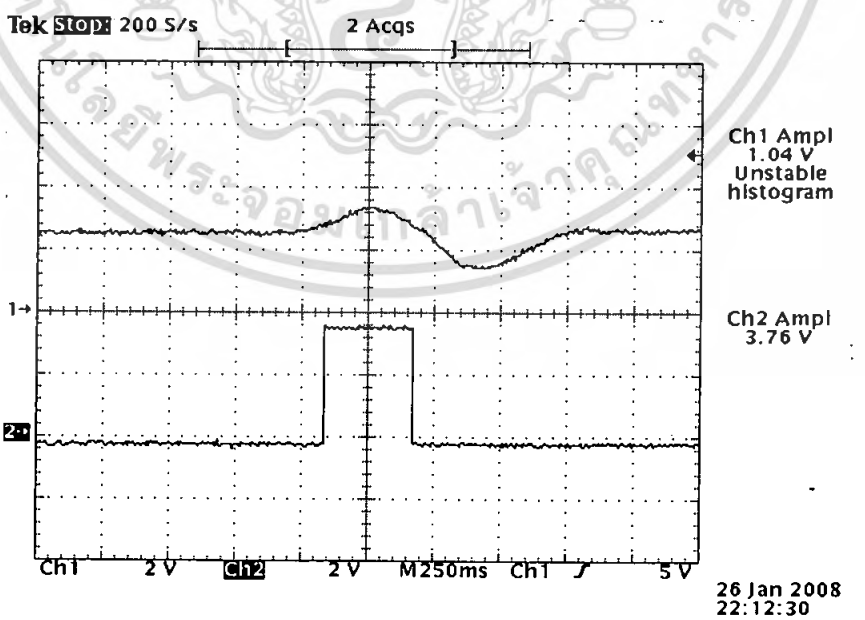
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 วงจรอินฟราเรดเซ็นเซอร์

เมื่อมีคนเดินผ่านเข้ามาทำให้ PIR สร้างสัญญาณขึ้นมา แล้วทำการวัดที่ขา 7 ของ IC1/B คือ สัญญาณที่ได้จากการขยายสัญญาณแล้ว จะได้ดังรูป

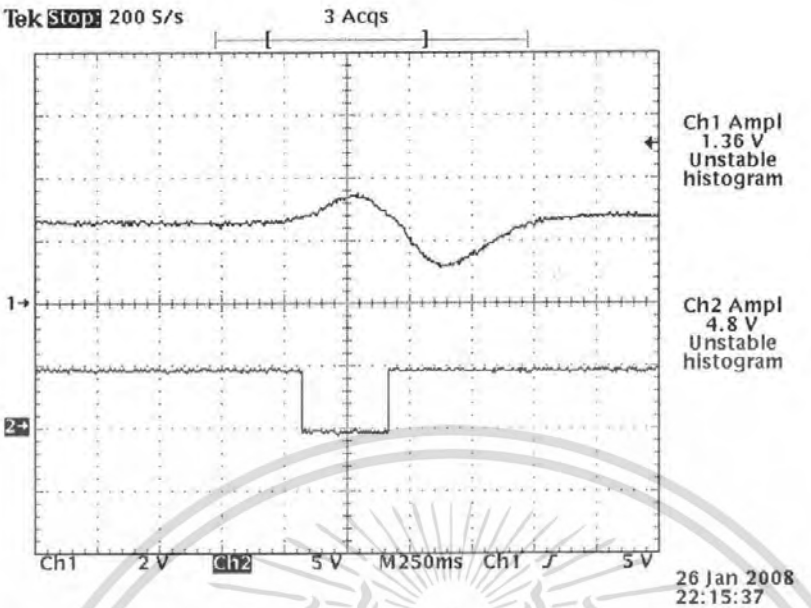


รูปที่ 4.1 สัญญาณของ PIR ที่ผ่านวงจรขยาย



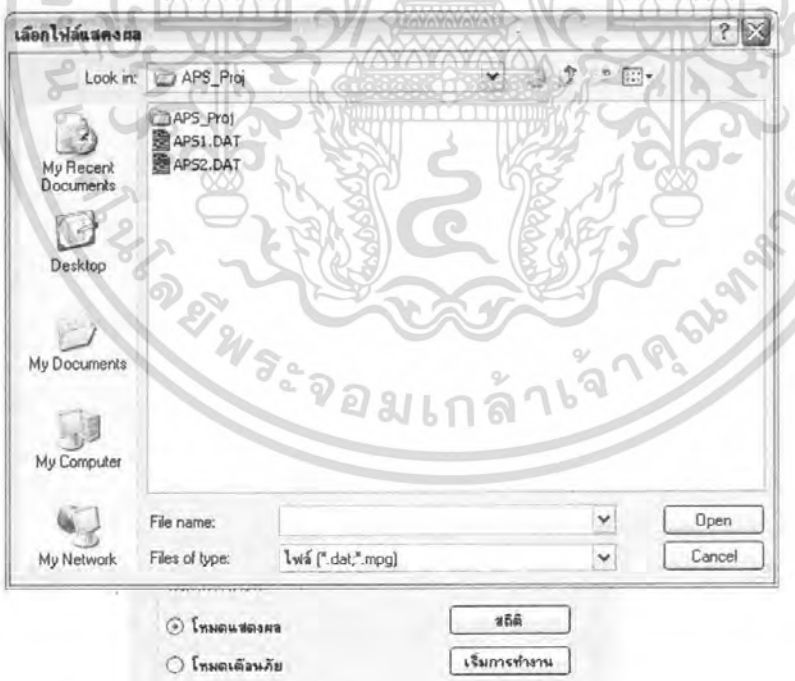
รูปที่ 4.2 การเปรียบเทียบสัญญาณของ PIR และสัญญาณที่ผ่านวงจร comparator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



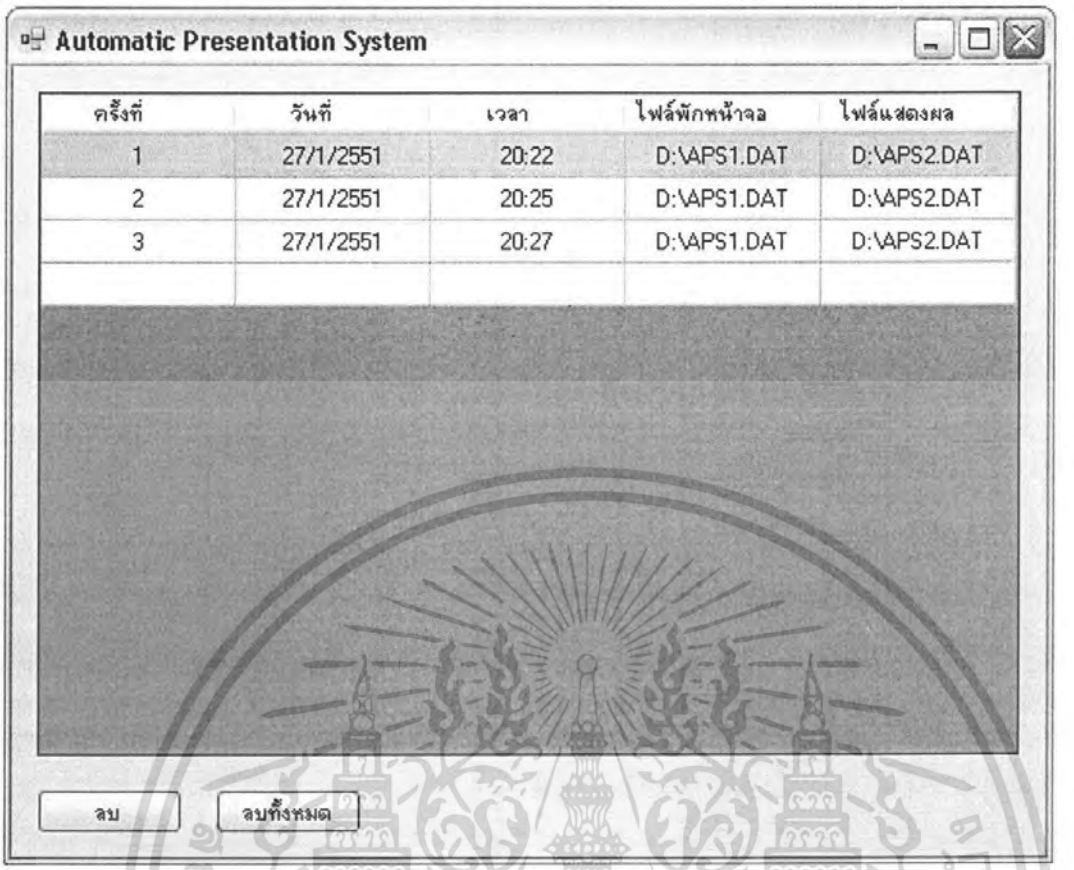
รูปที่ 4.3 การเปรียบเทียบสัญญาณของ PIR และสัญญาณเอาท์พุตของวงจร

4.2 โปรแกรมคอมพิวเตอร์



รูปที่ 4.4 แสดงผลการกดปุ่มเลือก

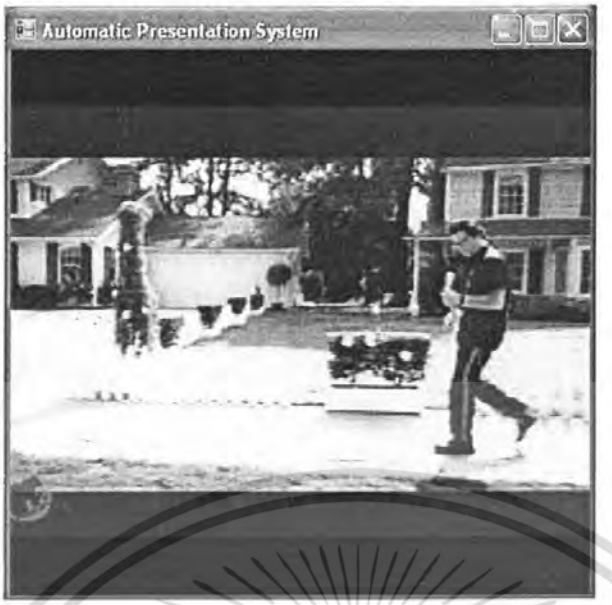
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงผลการกดปุ่มสถิติ

จากรูปที่ 4.4 เมื่อทำการกดปุ่มเลือกจะมีหน้าต่างเลือกไฟล์ ซึ่งสามารถเลือกเป็น dat file และ mpg file รูปที่ 4.5 เมื่อทำการกดปุ่มสถิติ จะมีหน้าต่างแสดงการบอกลำดับที่ บอกวันเวลา และไฟล์ที่ใช้งาน โดยจะมีส่วนของการลบข้อมูลย่อยที่ต้องการลบทีละอัน และลบข้อมูลทั้งหมด

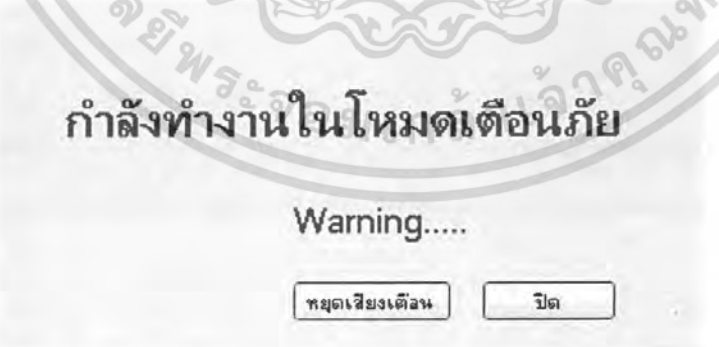
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แสดงการเลือกปุ่มเริ่มการทำงานในโหมดแสดงผล

จากรูปที่ 4.6 เมื่อทำการเลือกปุ่มเริ่มการทำงานในโหมดแสดงผล ในส่วนนี้จะทำการแสดงข้อมูลเป็น 2 ส่วน ดังนี้

- โปรแกรมจะแสดงข้อมูลทันทีเมื่อเริ่มการทำงาน โดยจะแสดงในส่วนของไฟล์พักหน้าจอ จะทำงานวนไปเรื่อยๆ จนกว่าจะมีการรับข้อมูลจากไมโครคอนโทรเลอร์ผ่านทางพอร์ทอนุกรมจึงหยุด
- เมื่อได้รับข้อมูลจากไมโครคอนโทรเลอร์ โปรแกรมจะแสดงข้อมูลในส่วนของไฟล์แสดงผล เมื่อทำการแสดงผลในไฟล์นี้เสร็จ จะกลับมาทำการแสดงผลของไฟล์พักหน้าจออีกครั้ง



รูปที่ 4.7 แสดงการเลือกปุ่มเริ่มการทำงานในโหมดเตือนภัย

ในส่วนของโหมดเตือนภัย เมื่อได้รับข้อมูลจากไมโครคอนโทรเลอร์ จะมีสัญญาณเตือนภัยเกิดขึ้น และทางหน้าจอจะแสดงคำเตือนขึ้น ดังรูปที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์และบทสรุป

วิจารณ์และสรุปผลการทำงาน

การใช้งานพาสซีฟอินฟราเรดดีเท็กเตอร์เป็นอุปกรณ์สำหรับดักจับความเคลื่อนไหว โดยตัวมันจะทำงาน เมื่อมันตรวจจับพบความเปลี่ยนแปลงของรังสีอินฟราเรดที่แผ่ออกมาตัวคนหรือสัตว์ ในขณะที่มีการเคลื่อนไหว สัญญาณที่ตรวจจับได้จะเป็นระดับสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งเป็นแรงดันที่ต่ำมาก ดังนั้นจึงต้องมีการต่อวงจรขยายสัญญาณให้แรงขึ้น โดยเราสามารถที่จะกำหนดสภาวะการทำงานของวงจรได้ว่าจะให้ทำงานหรือไม่ให้ทำงาน โดยมีการนำค่าระดับแรงดันที่ได้มาเปรียบเทียบกับระดับแรงดันอ้างอิงโดยใช้วงจร comparator เพื่อนำสัญญาณไปป้อนให้ทรานซิสเตอร์ทำงานเป็นสวิตซ์ให้ไมโครคอนโทรเลอร์ส่งสัญญาณไปให้คอมพิวเตอร์แสดงผลต่อไป

แนวทางการพัฒนาต่อ

ในโครงงานนี้จะเป็นการนำเสนออุปกรณ์หรือชิ้นงานในงานนิทรรศการหรือในงานต่างๆ โดยการทำงานที่เป็นแบบอัตโนมัติ แต่อันที่จริงแล้วโครงงานนี้มีลักษณะเป็นวงกว้างครอบคลุมในการประยุกต์ใช้งานได้หลายอย่าง ไม่จำกัดอยู่ที่งานแสดงนิทรรศการเท่านั้น คือสามารถใช้ได้กับงานทุกประเภทที่มีการรับส่งข้อมูลแล้วแสดงผลออกหน้าจอคอมพิวเตอร์ และเป็นลักษณะงานที่ต้องการความสะดวกสบายด้วยระบบอัตโนมัติ เช่น ใช้เป็นตัวเปิด – ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆภายในบ้าน หรืออุปกรณ์อื่นๆซึ่งต้องดูตามความเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล, เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบเฟลช, บริษัท อินโนเวติฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด, 2542
2. ศุภชัย สมานิช, คู่มือการเขียนโปรแกรมและใช้งาน Visual C#.Net, บริษัท ด่านสุทธาการพิมพ์ จำกัด, 2546
3. มณีโชติ สมานไทย, คู่มือการออกแบบฐานข้อมูลและภาษา SQL ฉบับผู้เริ่มต้น, บริษัท ด่านสุทธาการพิมพ์จำกัด, 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก. โปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Source Code

Assembly Language Programming

โปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์

```
                ORG  0000H
BUFFER          EQU  030H
SEN             BIT  P0.7

MAIN            MOV  TMOD,#021H
                MOV  TH1,#0FDH
                MOV  TL1,#0FDH

                SETB TR1
                MOV  SCON,#040H

SENSOR          JB   SEN,SENSOR
                MOV  DPTR,#DATA_1
                ACALL TX_TEXT

                MOV  R0,#BUFFER
                SETB REN

LOOP            JNB  RI,$
                CLR  RI
                MOV  A,SBUF
                MOV  @R0,A
                CJNE A,#05AH,LOOP

                MOV  R7,#08BH
DEL_20m_1       MOV  R6,#00H
DEL_20m_2       MOV  R5,#00H
DEL_20m_3       DJNZ R5,DEL_20m_3
                DJNZ R6,DEL_20m_2
                DJNZ R7,DEL_20m_1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                AJMP SENSOR

TX_TEXT         CLR  TI
TX_LOOP         CLR  A
                MOVC A,@A+DPTR
                INC  DPTR
                CJNE A,#0FFH,TX_CHAR
                RET

TX_CHAR         MOV  SBUF,A
                JNB  TI,$
                CLR  TI
                AJMP TX_LOOP

DATA_1          DB       'A',0FFH

                END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Visual C#.Net

โปรแกรมของฟอร์มหน้าจอควบคุมหลัก

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

namespace Proj_APS
{
    public partial class Form1 : Form
    {
        string selectmode;
        public Form1()
        {
            InitializeComponent();
        }

        private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            OpenFileDialog ofdlg = new OpenFileDialog();
            ofdlg.Title = "เลือกไฟล์พักหน้าจอ";
            ofdlg.Filter = "ไฟล์ (*.dat;*.mpg)|*.dat;*.mpg";

            if (ofdlg.ShowDialog() == DialogResult.OK)
            {
                string textpath;
                textpath = ofdlg.FileName;
                textBox1.Text = textpath;
            }
        }

        private void button2_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            OpenFileDialog ofdlg = new OpenFileDialog();
            ofdlg.Title = "เลือกไฟล์แสดงผล";
            ofdlg.Filter = "ไฟล์ (*.dat;*.mpg)|*.dat;*.mpg";

            if (ofdlg.ShowDialog() == DialogResult.OK)
            {
                string textpath;
                textpath = ofdlg.FileName;
                textBox2.Text = textpath;
            }
        }

        private void radioButton1_CheckedChanged(object sender,
EventArgs e)
        {
            groupBox1.Enabled = true;
            selectmode = "present";
        }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        private void radioButton2_CheckedChanged(object sender,
EventArgs e)
        {
            textBox1.Text = "";
            textBox2.Text = "";
            groupBox1.Enabled = false;
            selectmode = "security";
        }

        private void button4_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            if (radioButton1.Checked == true)
            {
                if (selectmode == "present")
                {
                    if (textBox1.Text == "")
                    {
                        MessageBox.Show("คุณยังไม่ได้เลือกไฟล์พักหน้าจอ");
                    }
                    else if (textBox2.Text == "")
                    {
                        MessageBox.Show("คุณยังไม่ได้เลือกไฟล์แสดงผล");
                    }
                    else
                    {
                        Form2 frm2 = new Form2(textBox1.Text,
textBox2.Text);
                        frm2.Show(this);
                        this.Hide();
                    }
                }
            }
            else if (radioButton2.Checked == true)
            {
                if (selectmode == "security")
                {
                    Form3 frm3 = new Form3();
                    frm3.Show(this);
                    this.Hide();
                }
            }
            else
            {
                MessageBox.Show("กรุณาเลือกโหมดการทำงาน");
            }
        }

        private void button3_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            string TableName, PLAY_MODE, mode, SQL = "";
            if (radioButton1.Checked == false && radioButton2.Checked
== false)
            {
                MessageBox.Show("กรุณาเลือกโหมดการทำงาน");
                return;
            }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            if (radioButton1.Checked)
            {
                TableName = "Table1";
                PLAY_MODE = ",FILE1,FILE2";
                mode = "";
            }

            else
            {
                TableName = "Table2";
                PLAY_MODE = "";
                mode = "security";
            }

            DB Mydb = new DB();
            if (Mydb.ConnectDB())
            {
                SQL = "SELECT NUM,DATE_T,TIME_T " + PLAY_MODE + "
FROM " + TableName + ";";
                Mydb.QueryDB(SQL);
                Mydb.CloseDB();
            }

            Form4 frm4 = new Form4(Mydb.pDataSet, mode, TableName,
SQL);
            frm4.Show(this);
        }
    }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมของฟอร์มหน้าจอแสดงผล

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

namespace Proj_APS
{
    public partial class Form2 : Form
    {
        string Rxstring, startfile, playfile;
        public Form2(string File1, string File2)
        {
            InitializeComponent();
            startfile = File1;
            playfile = File2;
            serialPort1.PortName = "com1";
            serialPort1.BaudRate = 9600;
            serialPort1.Open();
            if (serialPort1.IsOpen)
            {
                playstart();
            }
        }

        private void Form2_Load(object sender, EventArgs e)
        {
            playstart();
        }

        private void playstart()
        {
            axWMP2.URL = startfile;
            axWMP2.Ctlcontrols.play();
        }

        private void Form2_FormClosing(object sender,
FormClosingEventArgs e)
        {
            this.Owner.Show();
        }

        private void axWMP2_PlayStateChange(object sender,
AxWMPLib._WMPOCXEvents_PlayStateChangeEvent e)
        {
            if (axWMP2.playState == WMPLib.WMPPlayState.wmppsStopped)
            {
                if (axWMP2.URL == startfile)
                {
                    axWMP2.Ctlcontrols.play();
                }
                if (axWMP2.URL == playfile)
                {
                    if (!serialPort1.IsOpen) return;
                    char[] buff = new char[1];
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    buff[0] = 'Z';
                    serialPort1.Write(buff, 0, 1);
                    playstart();
                }
            }
        }

        private void serialPort1_DataReceived(object sender,
System.IO.Ports.SerialDataReceivedEventArgs e)
        {
            Rxstring = serialPort1.ReadExisting();
            if (Rxstring == "A")
            {
                libss alert = new libss();
                alert.log("Table1", startfile, playfile);

                axWMP2.URL = playfile;
                axWMP2.Ctlcontrols.play();
            }
        }
    }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมของฟอร์มในโหมดเตือนภัย

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

namespace Proj_APS
{
    public partial class Form3 : Form
    {
        string Rxstring;
        string startfile = "";
        string playfile = "";
        public Form3()
        {
            InitializeComponent();
            serialPort1.PortName = "com1";
            serialPort1.BaudRate = 9600;
            serialPort1.Open();
        }

        private void serialPort1_DataReceived(object sender,
System.IO.Ports.SerialDataReceivedEventArgs e)
        {
            Rxstring = serialPort1.ReadExisting();
            if (Rxstring == "A")
            {
                libss alert = new libss();
                alert.log("Table2", startfile, playfile);

                axWMP1.URL = "C:/Program Files/Automatic Presentation
System/Poh.mp3";
                axWMP1.Ctlcontrols.play();
                label2.Text = "Warning.....";
                label2.Show();
            }
        }

        private void axWMP1_PlayStateChange(object sender,
AxWMPLib._WMPOCXEvents_PlayStateChangeEvent e)
        {
            if (axWMP1.playState == WMPLib.WMPPlayState.wmppsStopped)
            {
                if (!serialPort1.IsOpen) return;
                char[] buff = new char[1];
                buff[0] = 'Z';
                serialPort1.Write(buff, 0, 1);
                label2.Text = "";
                label2.Show();
            }
        }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            axWMP1.Ctlcontrols.stop();
            if (!serialPort1.IsOpen) return;
            char[] buff = new char[1];
            buff[0] = 'Z';
            serialPort1.Write(buff, 0, 1);
            label2.Text = "";
            label2.Show();
        }

        private void button2_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            this.Owner.Show();
            this.Close();
        }
    }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมของฟอร์มสถิติ

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

namespace Proj_APS
{
    public partial class Form4 : Form
    {
        string t_name = "", del_sql = "";
        public Form4(DataSet ds, string mode, string tb_name, string
sql)
        {
            InitializeComponent();
            dataGridView1.DataSource = ds;
            dataGridView1.DataMember = "Query1";
            t_name = tb_name;
            del_sql = sql;
            if (mode == "security")
            {
                dataGridView1.Columns["cFile1"].Visible = false;
                dataGridView1.Columns["cFile2"].Visible = false;
            }
        }

        private void button2_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            DB Mydb = new DB();
            Mydb.ConnectDB();
            Mydb.QueryDB("DELETE * FROM " + t_name);
            timer1.Interval = 500;
            timer1.Enabled = true;
        }

        private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            DB Mydb = new DB();
            Mydb.ConnectDB();
            Mydb.QueryDB("DELETE * FROM " + t_name + "
WHERE(DATE_T='" +
dataGridView1.CurrentRow.Cells["cDate"].Value.ToString() + "' AND
NUM=" + dataGridView1.CurrentRow.Cells["cNum"].Value.ToString() +
");");
            timer1.Interval = 500;
            timer1.Enabled = true;
        }

        private void refreshGrid()
        {
            DB db = new DB();
            db.ConnectDB();
            db.QueryDB(del_sql);
            dataGridView1.DataSource = db.pDataSet;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            dataGridView1.DataMember = "Query1";
        }

        private void Form4_Load(object sender, EventArgs e)
        {
            timer1.Enabled = false;
        }

        private void timer1_Tick(object sender, EventArgs e)
        {
            refreshGrid();
            timer1.Enabled = false;
        }

    }
}
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมของที่ใช้ติดต่อฐานข้อมูล

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Text;
using System.Data;
using System.Data.OleDb;
using System.Windows.Forms;

namespace Proj_APS
{
    class DB
    {
        private OleDbConnection Conn = new OleDbConnection();
        private OleDbDataAdapter pDataAdapter = null;
        public DataTable pDataTable = null;
        public DataSet pDataSet = null;
        private string DBPath = "C:/Program Files/Automatic
Presentation System/db1.mdb";

        public bool ConnectDB()
        {
            string strConn = "Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Data
Source=" + DBPath + ";Jet OLEDB:Engine Type=5";
            if (Conn.State == ConnectionState.Open)
                Conn.Close();
            try
            {
                Conn = new OleDbConnection(strConn);
                Conn.Open();
            }
            catch
            {
                MessageBox.Show("ไม่สามารถเชื่อต่อฐานข้อมูล " + DBPath + " ได้.",
"Error", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Error);
                return false;
            }
            return true;
        }

        public void QueryDB(string SQL)
        {
            string cmdType = SQL.Substring(0, 3).ToUpper();
            OleDbCommand dbCMD = new OleDbCommand(SQL);
            pDataAdapter = new OleDbDataAdapter();
            pDataTable = new DataTable();
            pDataSet = new DataSet();
            switch (cmdType)
            {
                case "SEL":
                    pDataAdapter.SelectCommand = dbCMD;
                    pDataAdapter.SelectCommand.Connection = Conn;
                    pDataAdapter.SelectCommand.ExecuteScalar();
                    pDataAdapter.Fill(pDataTable);
                    pDataAdapter.Fill(pDataSet, "Query1");
                    break;
                case "INS":
                    pDataAdapter.InsertCommand = dbCMD;
                    pDataAdapter.InsertCommand.Connection = Conn;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    pDataAdapter.InsertCommand.ExecuteScalar();
                    break;
                case "UPD":
                    pDataAdapter.UpdateCommand = dbCMD;
                    pDataAdapter.UpdateCommand.Connection = Conn;
                    pDataAdapter.UpdateCommand.ExecuteScalar();
                    break;
                case "DEL":
                    pDataAdapter.DeleteCommand = dbCMD;
                    pDataAdapter.DeleteCommand.Connection = Conn;
                    pDataAdapter.DeleteCommand.ExecuteScalar();
                    break;
            }
        }
        public void CloseDB()
        {
            pDataTable.Clear();
            Conn.Close();
        }
    }
}



using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Text;

namespace Proj_APS
{
    class libss
    {
        public void log(string TableName, string startfile, string
playfile)
        {
            DateTime dt = DateTime.Now;
            string TIME_T = dt.Hour.ToString() + ":" +
dt.Minute.ToString();
            string DATE_T = DateTime.Today.ToShortDateString();
            int NUM = 1;
            string SQL = "";
            string dDate;
            DB Mydb = new DB();
            if (Mydb.ConnectDB())
            {
                Mydb.QueryDB("SELECT DATE_T FROM " + TableName + "
ORDER BY ID DESC");
                if (Mydb.pDataTable.Rows.Count == 0)
                {
                    dDate = DATE_T;
                }
                else
                {
                    dDate = Mydb.pDataTable.Rows[0][0].ToString();
                }

                string[] mDate = dDate.Split(new char[] { '/' });
                int mDay = int.Parse(mDate[0]);
                int mMon = int.Parse(mDate[1]);
                int mYear = int.Parse(mDate[2]);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

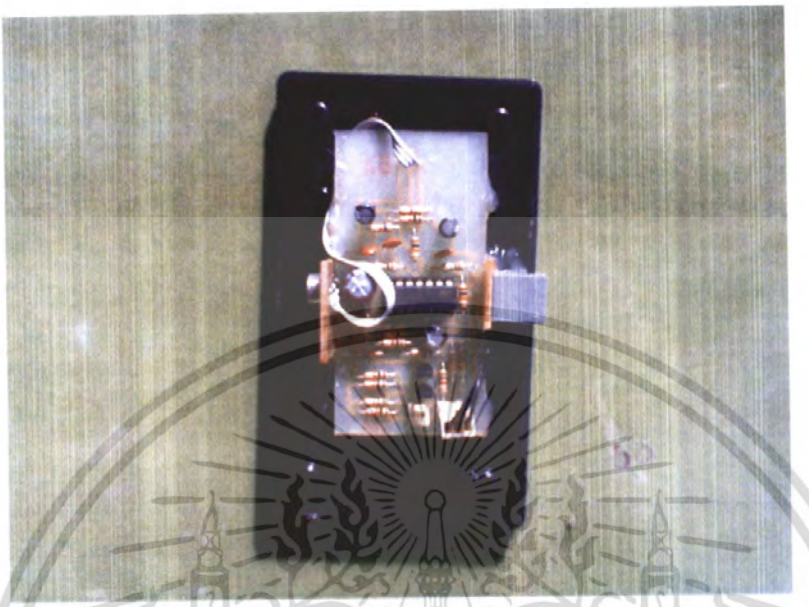
```
                int nDay = int.Parse(dt.Day.ToString());
                int nMon = int.Parse(dt.Month.ToString());
                int nYear = int.Parse(dt.Year.ToString()) + 543;
                if ((mDay == nDay) && (mMon == nMon) && (mYear ==
nYear))
                {
                    Mydb.QueryDB("SELECT MAX(NUM) FROM " + TableName
+ " WHERE(DATE_T='" + dDate + "');");
                    if (Mydb.pDataTable.Rows[0][0].ToString() != "")
                    {
                        NUM =
int.Parse(Mydb.pDataTable.Rows[0][0].ToString());
                        NUM += 1;
                    }
                    else
                    {
                        NUM = 1;
                    }
                }
                else
                {
                    NUM = 1;
                }

                if (startfile != "" && playfile != "")
                    SQL = "INSERT INTO " + TableName + " ( DATE_T,
NUM, TIME_T, FILE1, FILE2 ) VALUES('" + DATE_T + "'," + NUM + ", '" +
TIME_T + "','" + startfile + "','" + playfile + "');";
                else
                    SQL = "INSERT INTO " + TableName + " ( DATE_T,
NUM, TIME_T ) VALUES('" + DATE_T + "'," + NUM + ", '" + TIME_T +
"');";

                Mydb.QueryDB(SQL);
                Mydb.CloseDB();
            }
        }
    }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

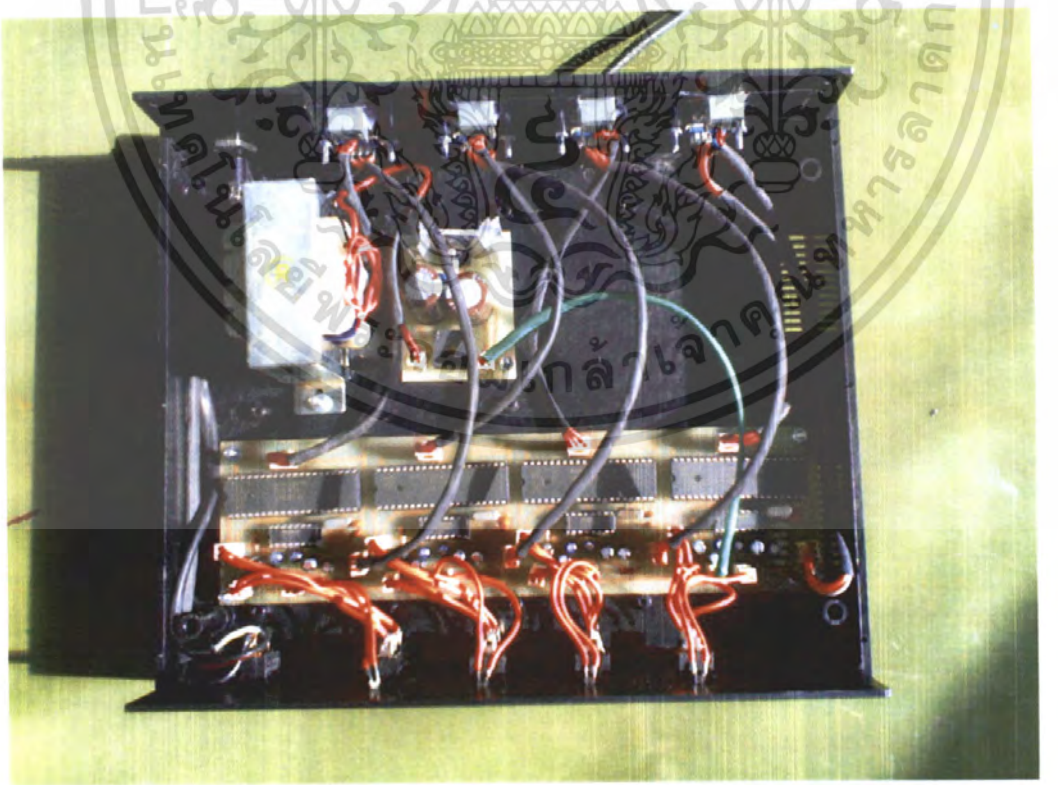
ภาคผนวก ข. ภาพถ่ายชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพของแต่ละวงจรของระบบนำเสนอข้อมูลอัตโนมัติ

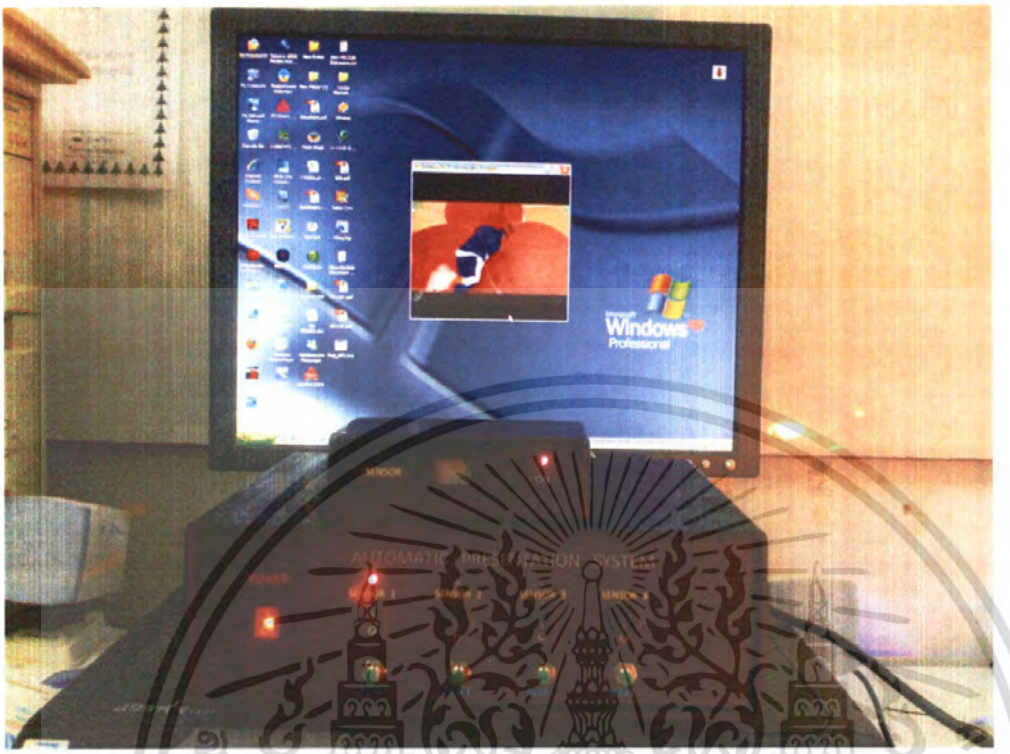


รูป (ก) วงจรอินฟราเรดเซ็นเซอร์



รูป (ข) ชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป (ค) ชุดระบบนำเสนอข้อมูลอัตโนมัติ

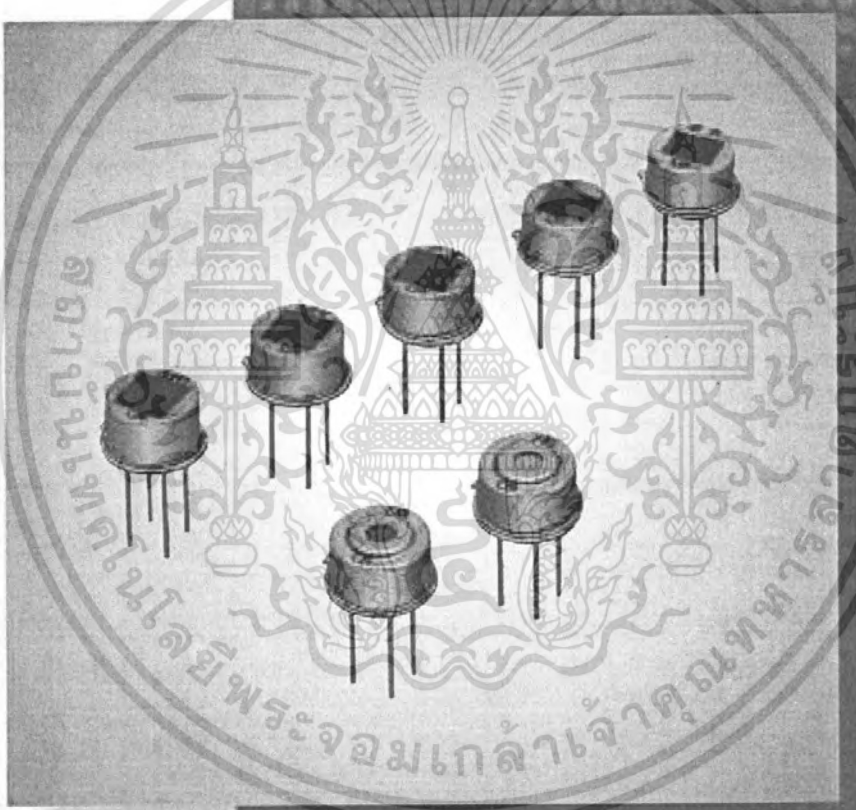
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค. Datasheet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

⚠Note Please read rating and ⚠CAUTION (for storage, operating, rating, soldering, mounting and handling) in this PDF catalog to prevent smoking and/or burning, etc.
This catalog has only typical specifications. Therefore, you are requested to approve our product specifications or to transact the approval sheet for product specifications before ordering.

Pyroelectric Infrared Sensors



muRata Innovator in Electronics

Murata Manufacturing Co., Ltd.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้

Cat.No.S21E-4

CONTENTS

HIC® in this catalog are the trademarks of Murata Manufacturing Co., Ltd.

Part Numbering ——— 1

1 Dual Type Pyroelectric Infrared Sensor IRA-E700 Series ——— 2

2 Quad Type Pyroelectric Infrared Sensor IRA-E900 Series ——— 3

3 Quad Type Pyroelectric Infrared Sensor IRA-E940ST1 Series ——— 4

4 Temperature Compensation Single Type Pyroelectric Infrared Sensor
IRA-E420 Series ——— 5

Pyroelectric Infrared Sensor IRA Series Characteristics Data ——— 7

Fresnel Lens ——— 10

Notice ——— 13

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Part Numbering

Pyroelectric Infrared Sensor

(Part Number) IR | A- | E710ST | 1

❶ ❷ ❸ ❹

❶Product ID

❷Type

❸Characteristics

❹*Individual Specification Code*

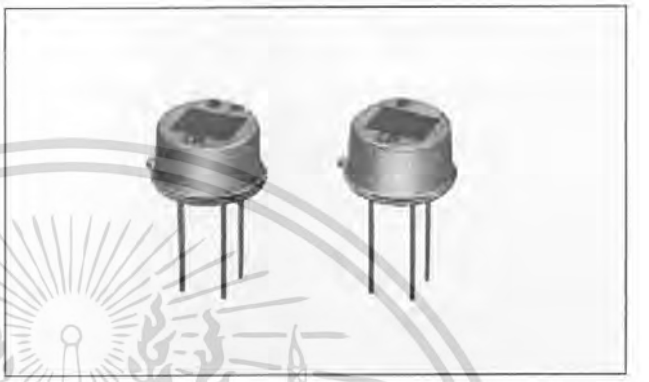
* Part Number shows only an example which might be different from actual part number.
* "❸Characteristics" and "❹*Individual Specification Code*" might have different digit number from actual Part Number.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pyroelectric Infrared Sensors

Dual Type Pyroelectric Infrared Sensor **IRA-E700** Series

Pyroelectric infrared sensors, IRA series, exhibit high sensitivity and reliable performance made possible by Murata's ceramic technology and Hybrid IC technique expertise developed over many years.
IRA-E700 series realizes cost benefits and higher performance with a new infrared sensor element of improved material parameters and fabrication.
IRA-E700 series is available in two types.
IRA-E710ST0 has enhanced immunity to RFI (Radio Frequency Interference).



■ Features

1. High sensitivity and excellent S/N ratio
2. High stability to temperature changes
3. Slight movement can be detectable.
4. High immunity to external noise (Vibration, RFI etc.)
5. Custom design is available.
6. Higher in cost-performance

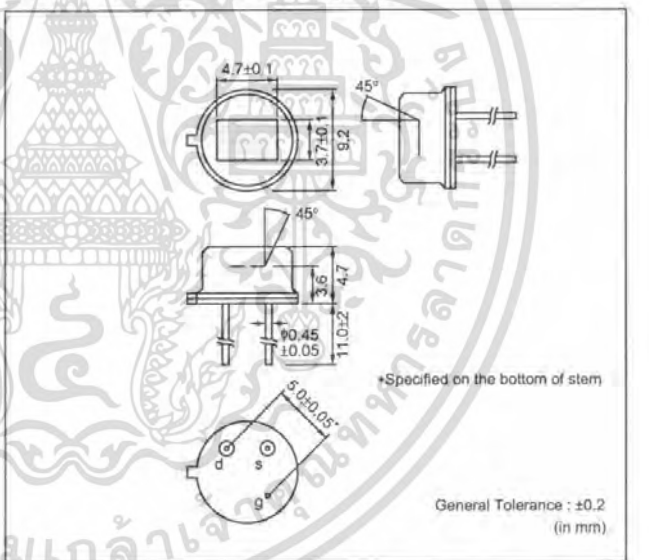
■ Applications

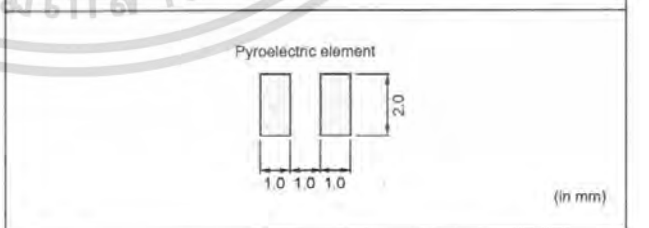
1. Security
2. Lighting appliances
3. Household or other appliances

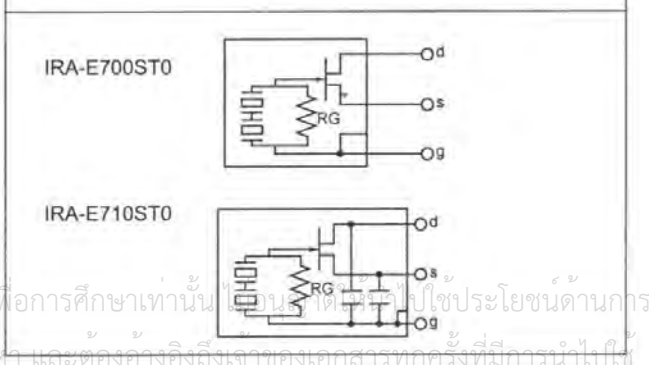
■ Rating (25°C)

Part Number	IRA-E700ST0	IRA-E710ST0
Responsivity (500K, 1Hz, 1Hz)	4.3mV$_{p-p}$ (Typ.)	
Field of View	$\theta_1=\theta_2=45°$	
Optical Filter	5μm long-pass	
Electrode	(2.0×1.0mm)×2	
Supply Voltage	2 to 15V	
Operating Temperature	-40 to 70℃	
Storage Temperature	-40 to 85℃	

■ Dimensions & Circuit Diagrams







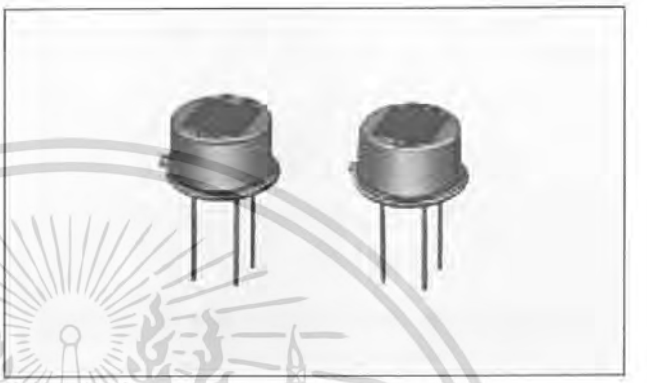
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pyroelectric Infrared Sensors

muRata

Quad Type Pyroelectric Infrared Sensor **IRA-E900** Series

Pyroelectric infrared sensors, IRA series, exhibit high sensitivity and reliable performance made possible by Murata's ceramic technology and Hybrid IC technique expertise developed over many years.
IRA-E900 series realizes cost benefits and higher performance with a new infrared sensor element of improved material parameters and fabrication.
IRA-E900 series is available in two types.
IRA-E910ST1 has enhanced immunity to RFI (Radio Frequency Interference).



■ Features

1. High sensitivity and excellent S/N ratio
2. High stability to temperature changes
3. Slight movement can be detectable.
4. Non directional sensing with wide F.O.V.
5. High immunity to external noise (Vibration, RFI etc.)
6. Custom design is available.
7. Higher in cost-performance

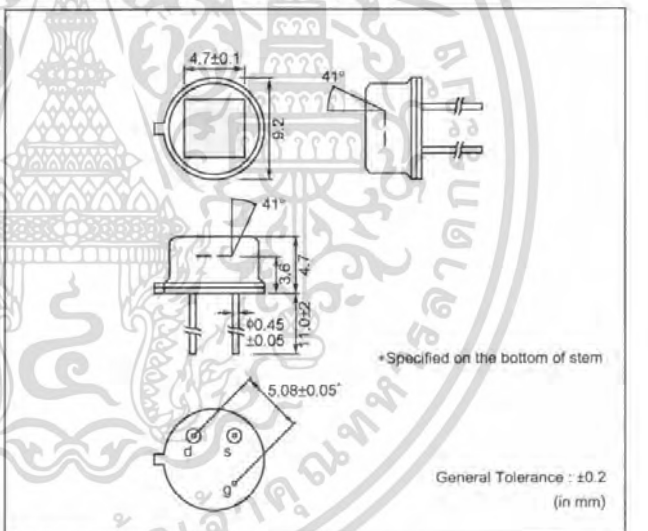
■ Applications

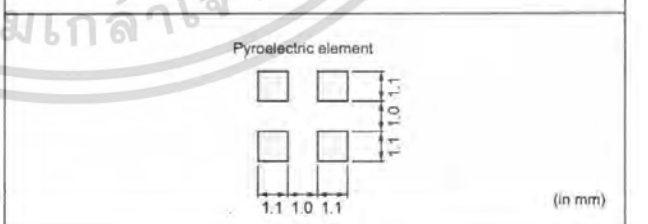
1. Security
2. Lighting appliances
3. Household or other appliances

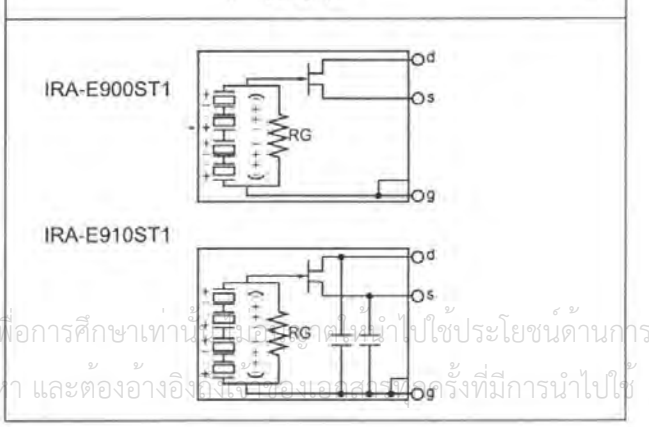
■ Rating (25°C)

Part Number	IRA-E900ST1	IRA-E910ST1
Responsivity (500K, 1Hz, 1Hz)	$3.3mV_{p-p}$ (Typ.)	
Field of View	$\theta_1=\theta_2=41°$	
Optical Filter	5μm long-pass	
Electrode	(1.1X1.1mm)X4	
Supply Voltage	3 to 15V	
Operating Temperature	-25 to 55℃	
Storage Temperature	-40 to 85℃	

■ Dimensions & Circuit Diagrams







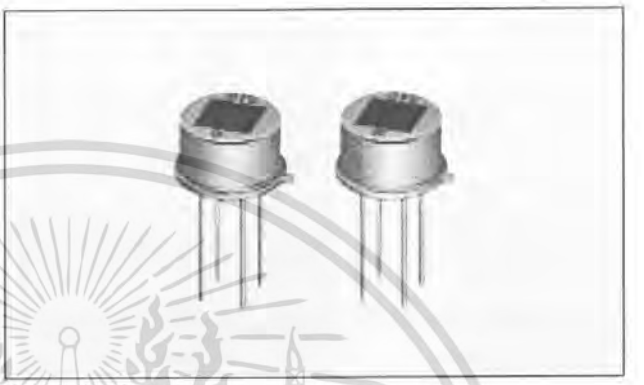
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pyroelectric Infrared Sensors

muRata

Quad Type Pyroelectric Infrared Sensor **IRA-E940ST1** Series

Pyroelectric infrared sensors, IRA series, exhibit high sensitivity and reliable performance made possible by Murata's ceramic technology and Hybrid IC technique expertise developed over many years.
IRA-E940ST1 realizes cost benefits and higher performance with a new infrared sensor element of improved material parameters and fabrication.
IRA-E940ST1 which has quad elements and 2 outputs will detect the human body more correctly with OR/AND logic circuit.



■ Features

1. High sensitivity and excellent S/N ratio
2. High stability to temperature changes
3. High immunity to external noise (Vibration, RFI etc.)
4. Higher in cost-performance
5. Custom design is available.

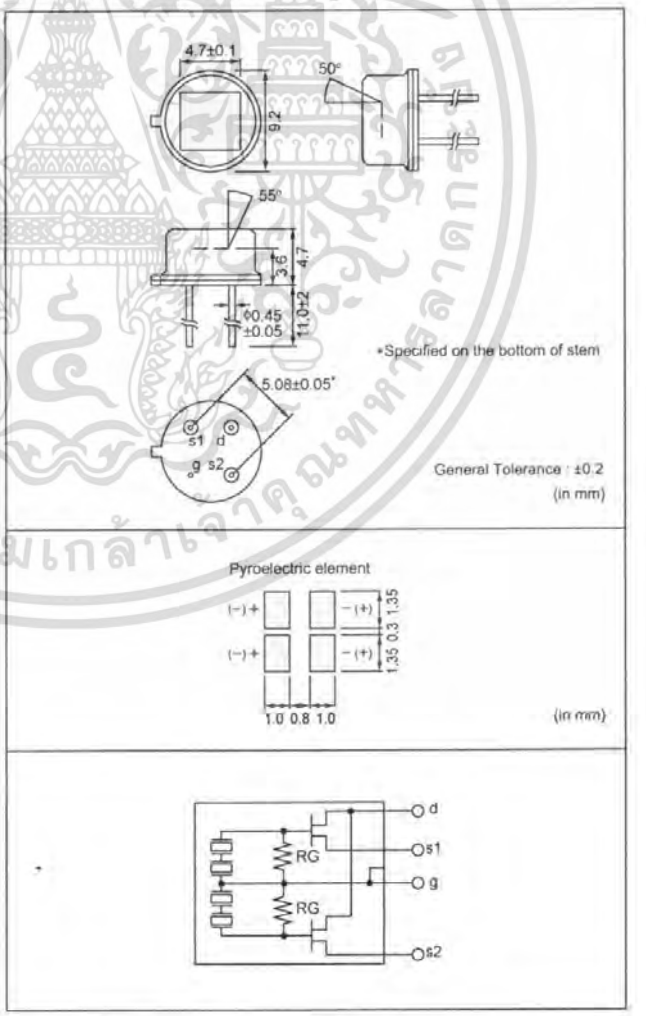
■ Applications

1. Security
2. Lighting appliances
3. Household or other appliances

■ Rating (25℃)

Part Number	IRA-E940ST1
Responsivity (500K, 1Hz, 1Hz)	3.3mV$_{p-p}$ (Typ.)
Field of View	θ_1=55°, θ_2=50°
Optical Filter	5μm long-pass
Electrode	(1.35×1.0mm)×4
Supply Voltage	2 to 15V
Operating Temperature	-25 to 55℃
Storage Temperature	-40 to 85℃

■ Dimensions & Circuit Diagrams



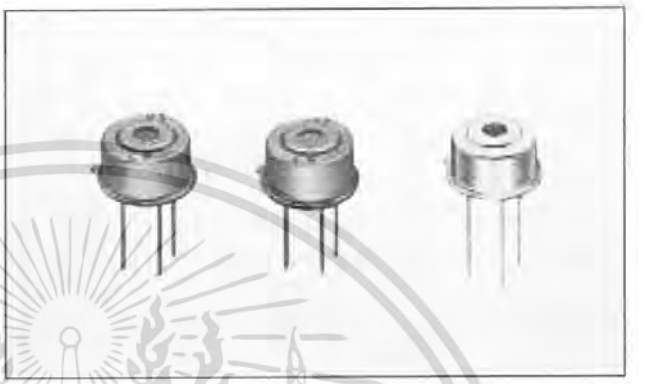
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pyroelectric Infrared Sensors

muRata

Temperature Compensation Single Type Pyroelectric Infrared Sensor IRA-E420 Series

Single type pyroelectric infrared sensors IRA-E420 series have a temperature compensation element.
They are suitable for flame detection and gas detection.



■ Features

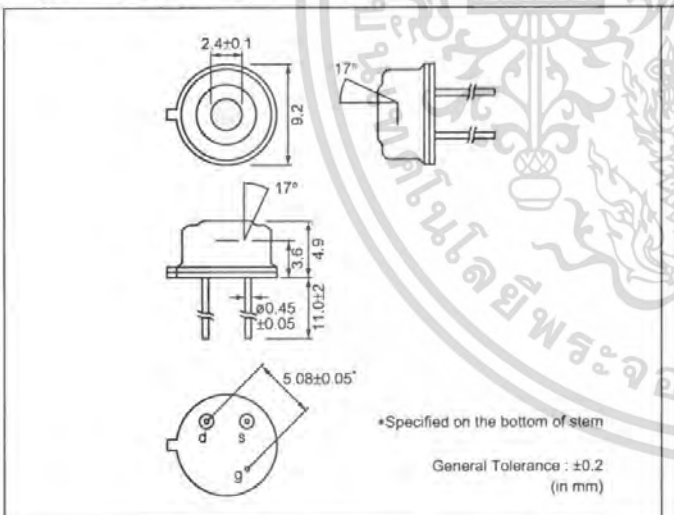
1. High stability against abrupt ambient temperature changes
2. High immunity to external noise (Vibration, RFI etc.)
3. Custom design is available with varying optical filter.

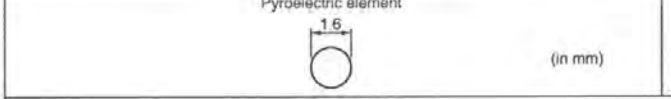
■ Applications

Part Number	Optical Filter	Applications
IRA-E420S1	Silicon	1-15μm infrared detection
IRA-E420QW1	4.3μm band-pass	Flame detection
IRA-E420SW1	4.45μm band-pass	Flame detection

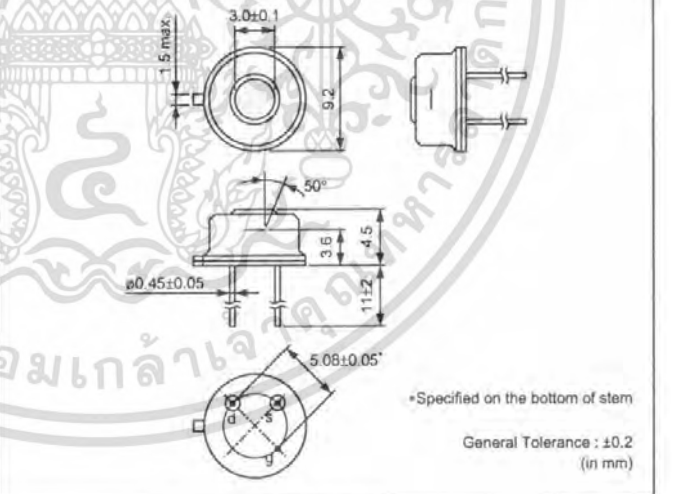
■ Dimensions & Circuit Diagrams

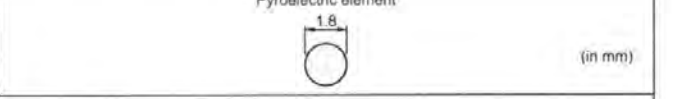
(IRA-E420S1, IRA-E420QW1)

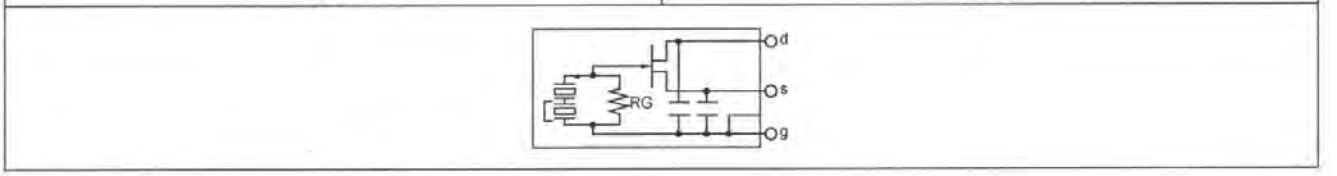




(IRA-E420SW1)







4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

■ Rating (25°C)

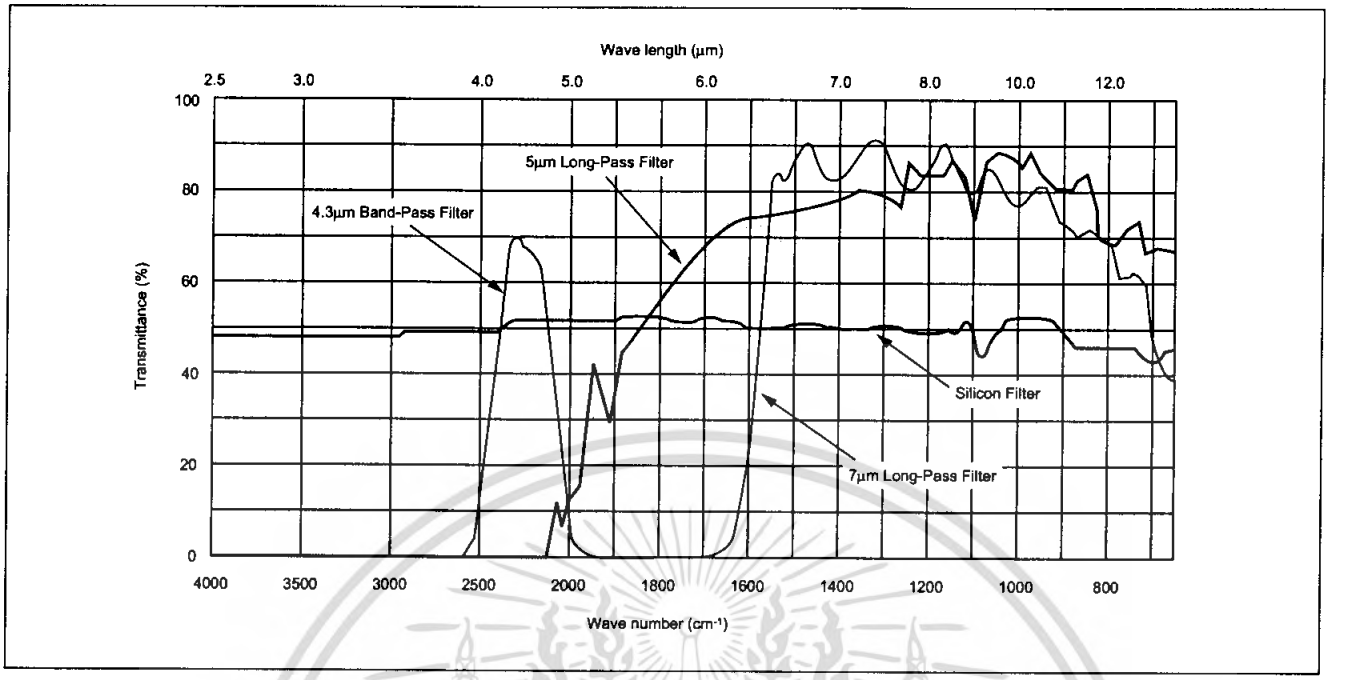
Part Number	IRA-E420S1	IRA-E420QW1	IRA-E420SW1
Responsivity (500K, 1Hz, 1Hz)	3.4mV$_{p-p}$ (Typ.)	1.3mV$_{p-p}$ (Typ.)*	0.45mV$_{p-p}$ (Typ.)
Field of View	$\theta_1=\theta_2=17°$		$\theta_1=\theta_2=50°$
Optical Filter	Silicon	4.3μm band-pass	4.45μm band-pass
Electrode	ø1.6mm		ø1.8mm
Supply Voltage	3 to 15V		
Operating Temperature	-25 to 70℃	-25 to 55℃	-25 to 70℃
Storage Temperature	-30 to 100℃		

* 700K, 5Hz, 1Hz

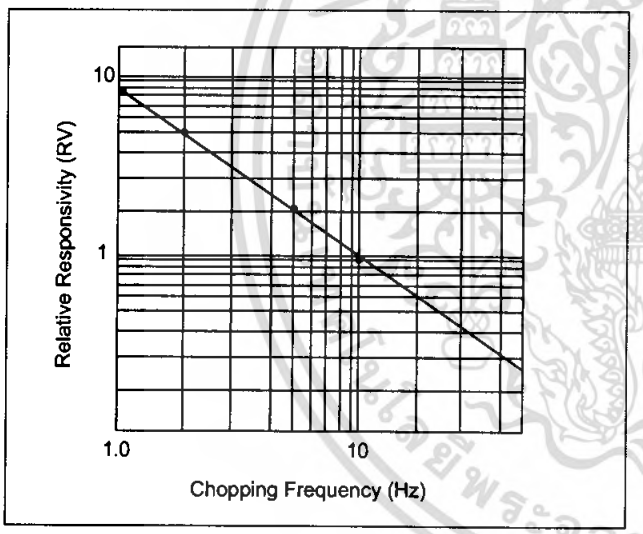
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pyroelectric Infrared Sensor IRA Series Characteristics Data

■ Spectral Response of Window Materials



■ Frequency Characteristics

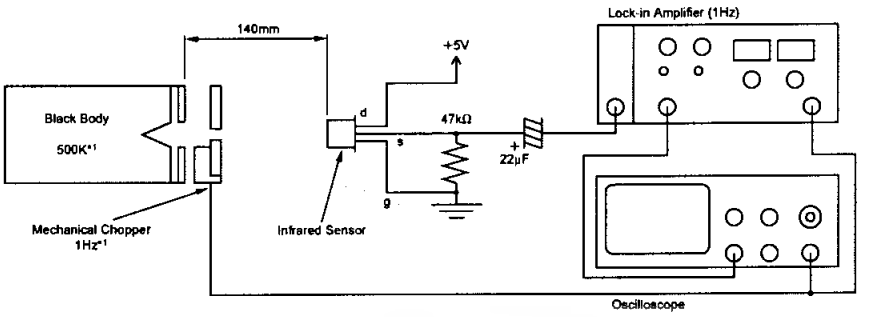


4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

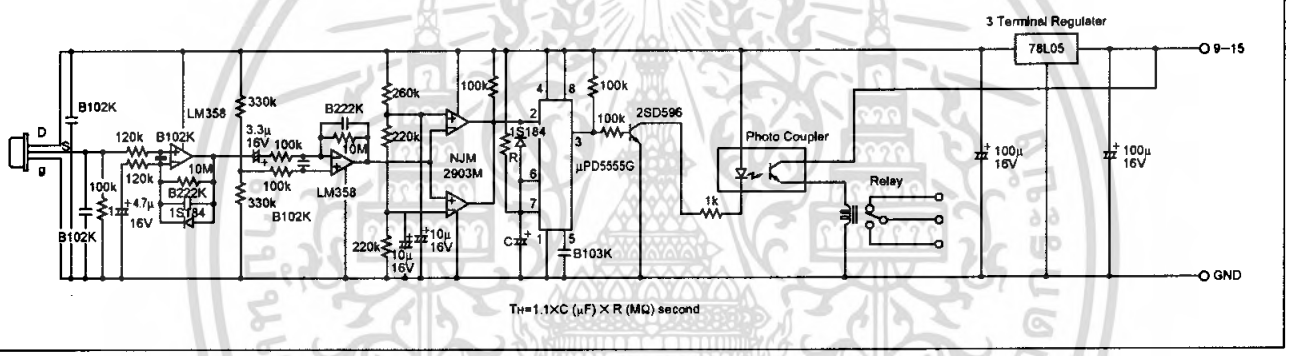
Pyroelectric Infrared Sensor IRA Series Characteristics Data

■ Test Method of Sensitivity



		Black Body	Mechanical Chopper
*1	IRA-E420QW1	700K	5Hz
	IRA-E420SW1	400K	2.5Hz
	IRA-E700/E900 Series	500K	1Hz

■ Typical Application Circuit (Human Detection)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pyroelectric Infrared Sensor IRA Series Characteristics Data

■ Reliability Test

IRA-E700 series, IRA-E900 series

Item	Test Conditions	Criteria
High Temperature	100℃ for 500 hrs.	After test completion, leave for three hours in normal humidity temperature conditions, and then measure. 1. External appearance: No significant damage 2. Sensitivity: Tolerance within 20% deviation from original value 3. Noise: Maximum tolerance +100mV of original value
Low Temperature	−40℃ for 500 hrs.	
Humidity	60℃, 95% RH for 500 hrs.	
Heat Cycle	20 times of following cycle. −25℃, 30 min.⇨Room temp., 30 min.⇩ ⇧Room temp., 30 min.⇦55℃, 30 min.	
Vibration	Apply vibration of amplitude of 1.5mm with 10 to 55Hz band to each of 3 perpendicular directions for 60 min.	
Shock	Apply shock of 100G sinewave by standard shock tester to each of 3 perpendicular directions.	
Soldering Heat	Immerse up to 3.0mm from can case in solder bath of 260±5℃ for 10±1 s.	
Hermetic Sealing	Conform to MIL-STD-202F chapter 112D, condition D. Immerse in fluorocarbon bath (FC-40) of 125±5℃ for 20 s.	No generation of bubbles

IRA-E420 series

Item	Test Conditions	Criteria
High Temperature	100℃ for 500 hrs.	After test completion, leave for three hours in normal humidity temperature conditions, and then measure. 1. External appearance: No significant damage 2. Sensitivity: Tolerance within 20% deviation from original value 3. Noise: Maximum tolerance +100mV of original value
Low Temperature	−30℃ for 500 hrs.	
Humidity	60℃, 95% RH for 500 hrs.	
Heat Cycle	20 times of following cycle. −25℃, 30 min.⇨Room temp., 30 min.⇩ ⇧Room temp., 30 min.⇦55℃, 30 min.	
Vibration	Apply vibration of amplitude of 1.5mm with 10 to 55Hz band to each of 3 perpendicular directions for 60 min.	
Shock	Apply shock of 100G sinewave by standard shock tester to each of 3 perpendicular directions.	
Soldering Heat	Immerse up to 3.0mm from can case in solder bath of 260±5℃ for 10±1 s.	
Hermetic Sealing	Conform to MIL-STD-202F chapter 112D, condition D. Immerse in fluorocarbon bath (FC-40) of 125±5℃ for 20 s.	No generation of bubbles

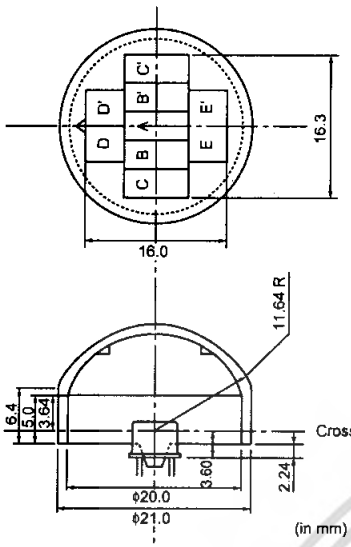
4

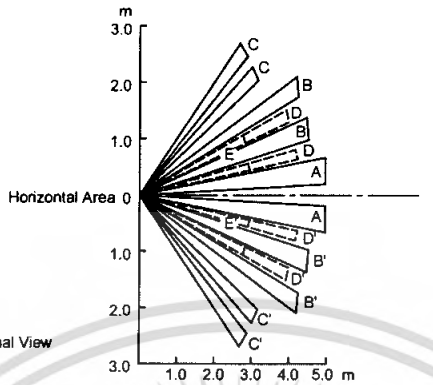
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

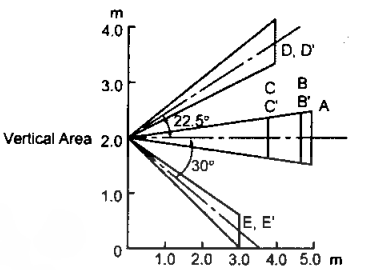
Pyroelectric Infrared Sensors/Fresnel Lens

muRata

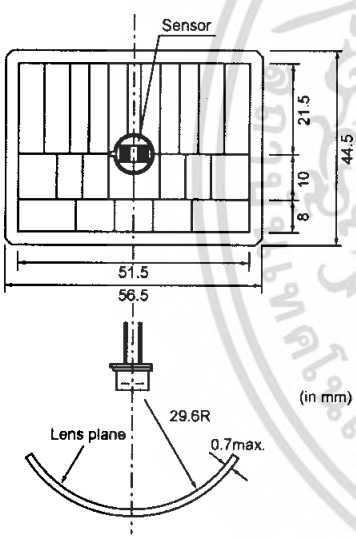
PPGI0601

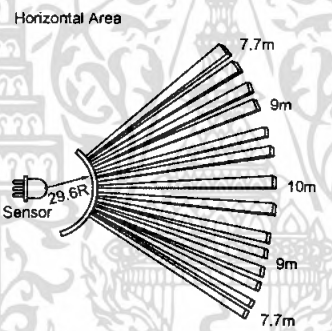


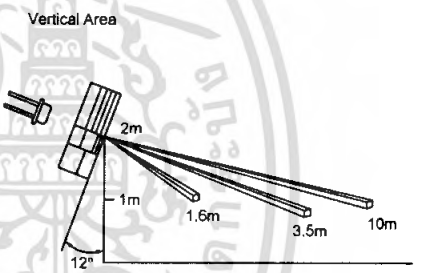




PPGI0902







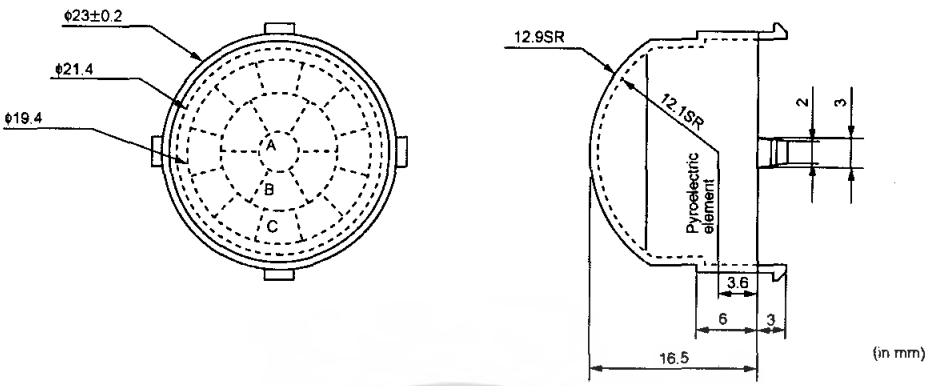
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pyroelectric Infrared Sensors/Fresnel Lens

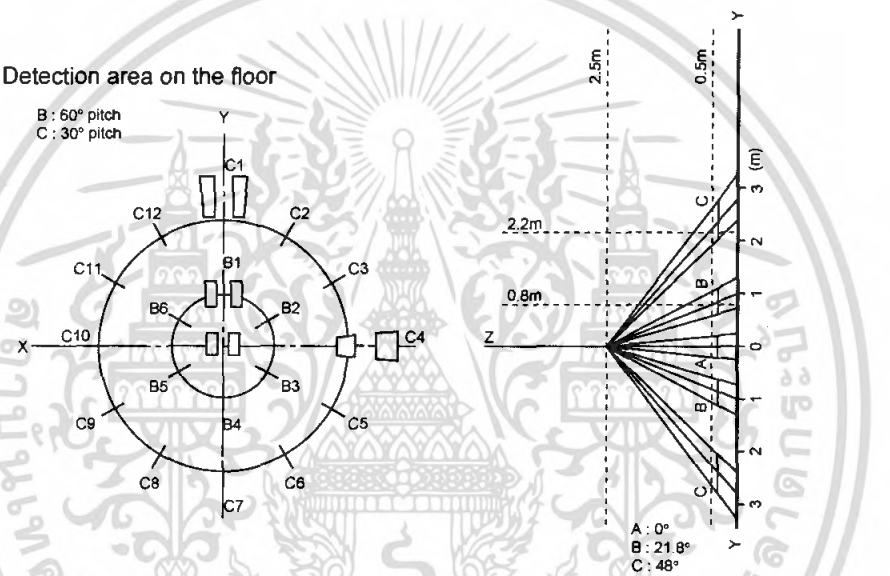
muRata

4

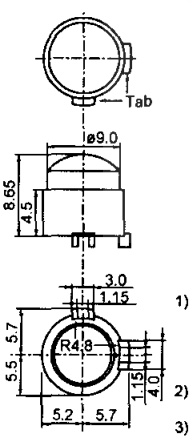
PPGI0626

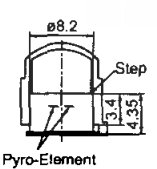


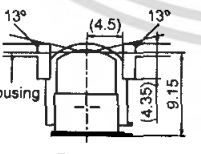
Detection area on the floor



IML-0635

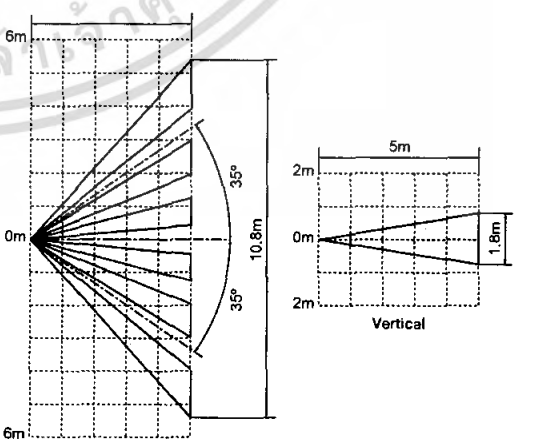






1) Insert a sensor into Fresnel lens like each tab is overlapped. (In case there are two tabs on Fresnel lens, the field of view is determined by your choice (TabA or B on Fresnel lens). Please see following page(s) for more details to see which characteristic of field of view is preferable for your application.)
2) Push the sensor into Fresnel lens until the top face of sensor reaches to the stopper inside Fresnel lens.
3) Please prepare a housing yourself that is put onto Fresnel lens as shown in FigureA. The hatching area shown in Figure A, must be obscured by the housing in order to prevent mis-detection. Unless otherwise unexpected infrared ray comes though the hatching area.

(in mm)
General tolerance : ±0.2



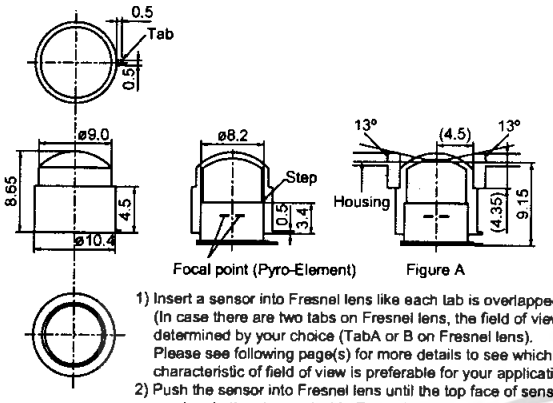
*Assembled with Murata sensor IRA-700 series

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pyroelectric Infrared Sensors/Fresnel Lens

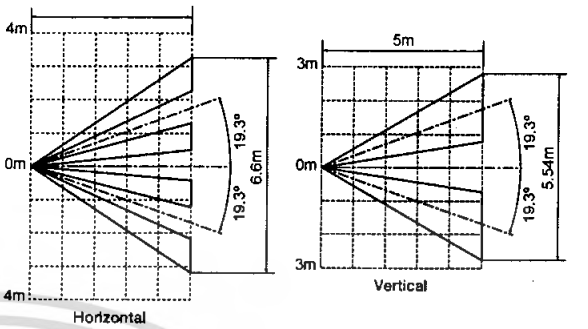
muRata

IML-0636



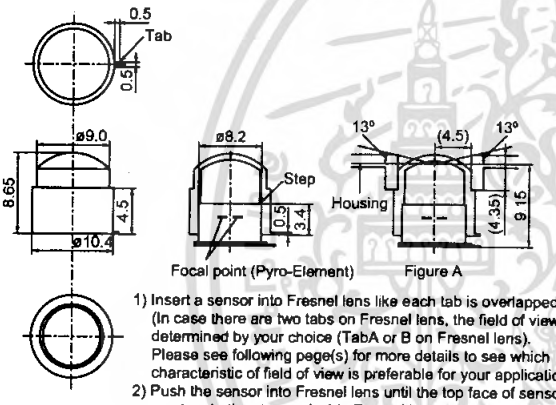
1) Insert a sensor into Fresnel lens like each tab is overlapped. (In case there are two tabs on Fresnel lens, the field of view is determined by your choice (TabA or B on Fresnel lens). Please see following page(s) for more details to see which characteristic of field of view is preferable for your application.)
2) Push the sensor into Fresnel lens until the top face of sensor reaches to the stopper inside Fresnel lens.
3) Please prepare a housing yourself that is put onto Fresnel lens as shown in FigureA. The hatching area shown in Figure A, must be obscured by the housing in order to prevent mis-detection. Unless otherwise unexpected infrared ray comes though the hatching area.

(in mm)
General tolerance : ±0.2



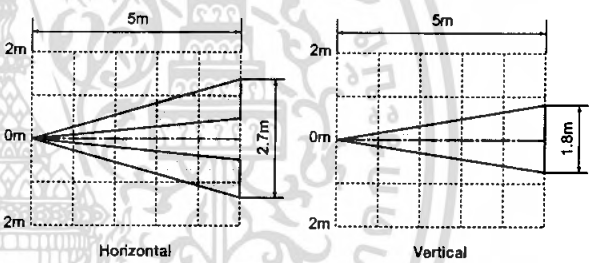
*Assembled with Murata sensor IRA-700 series

IML-0637



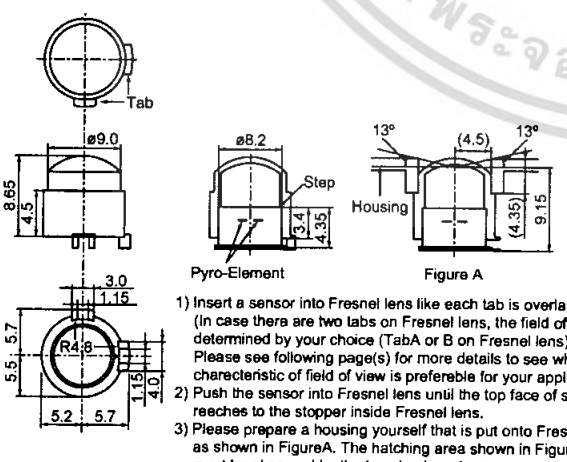
1) Insert a sensor into Fresnel lens like each tab is overlapped. (In case there are two tabs on Fresnel lens, the field of view is determined by your choice (TabA or B on Fresnel lens). Please see following page(s) for more details to see which characteristic of field of view is preferable for your application.)
2) Push the sensor into Fresnel lens until the top face of sensor reaches to the stopper inside Fresnel lens.
3) Please prepare e housing yourself that is put onto Fresnel lens as shown in FigureA. The hatching area shown in Figure A, must be obscured by the housing in order to prevent mis-detection. Unless otherwise unexpected infrared ray comes though the hatching area.

(in mm)
General tolerance : ±0.2



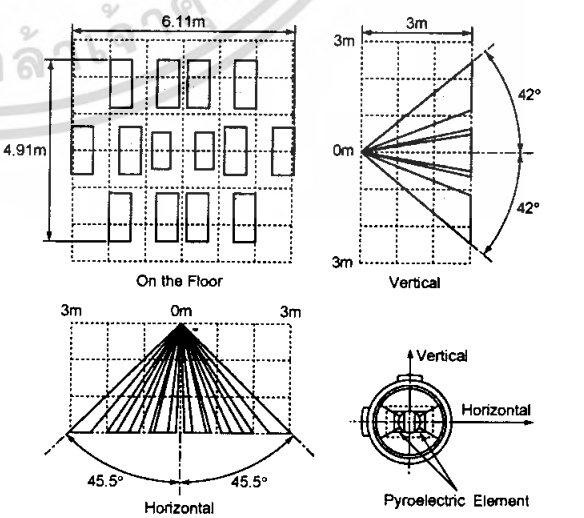
*Assembled with Murata sensor IRA-700 series

IML-0638



1) Insert a sensor into Fresnel lens like each tab is overlapped. (In case there are two tabs on Fresnel lens, the field of view is determined by your choice (TabA or B on Fresnel lens). Please see following page(s) for more details to see which charecteristic of field of view is prefereble for your application.)
2) Push the sensor into Fresnel lens until the top face of sensor reeches to the stopper inside Fresnel lens.
3) Please prepare a housing yourself that is put onto Fresnel lens as shown in FigureA. The hatching area shown in Figure A, must be obscured by the housing in order to prevent mis-detection. Unless otherwise unexpected infrared ray comes though the hatching aree.

(in mm)
General tolerance : ±0.2



Assembled with Murata sensor IRA-700 Series.

Freshel lens are available upon request.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Notice

■ Notice

1. Caution (Design)

(1) Please make sure that your product has been evaluated and confirmed against your specifications when our product is mounted to your product.

(2) Be sure to provide an appropriate fail-safe function on your product to prevent a second damage that may be caused by the abnormal function or the failure of our product.

(3) In case of outdoor use, suitable optical filter and water and humidity proof structure should be applied.

(4) To prevent failure or malfunction, please use a stabilized power supply.

(5) Please avoid using the sensor in the following conditions because it may cause failure or malfunction.

(a) in such a fluid as water, alcohol etc. corrosive gas (SO_2, Cl_2, NO_x etc.) or sea breeze

(b) in high humidity

(c) in a place exposed directly to sunlight or headlights of automobile

(d) in a place exposed to rapid ambient temperature change

(e) in a place exposed directly to an air-conditioner or heat vent

(f) strong vibrations

(g) in a place exposed to strong electromagnetic field

(h) in such a place where infrared ray is shaded

(i) in any other place similar to the above (a) through (h)

2. Caution (Mounting)

(1) Soldering

(a) Hand soldering should be applied.

(b) Soldering should be done quickly as following.

Temperature of soldering iron : 350°C	
Distance from can case	Period of time
1 to 3mm	Within 3 seconds per point
Over 3mm	Within 10 seconds per point

(c) Soldering flux should be rosin flux and not contain more than 0.2wt% chlorine.
Soldering flux should be removed after soldering.

(2) Cleaning
Soldering flux should be removed after soldering.
Soldering flux may cause malfunction or degradation of character unless sufficiently cleaned.

3. Caution (Handling and Storage)

(1) The optical filter of the sensor should not be scratched or soiled.

(2) Strong shock should be avoided.

(3) Electrostatics and strong electromagnetic field should be avoided.

(4) The sensor should be kept on conductive sponge.

(5) High temperature, high humidity, fluid such as water or alcohol etc., corrosive gas (SO_2, Cl_2, NO_x etc.) and sea breeze should be avoided.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

⚠Note:

1. Export Control
   〈For customers outside Japan〉
   No muRata products should be used or sold, through any channels, for use in the design, development, production, utilization, maintenance or operation of, or otherwise contribution to (1) any weapons (Weapons of Mass Destruction (nuclear, chemical or biological weapons or missiles) or conventional weapons) or (2) goods or systems specially designed or intended for military end-use or utilization by military end-users.
   〈For customers in Japan〉
   For products which are controlled items subject to the "Foreign Exchange and Foreign Trade Law" of Japan, the export license specified by the law is required for export.
2. Please contact our sales representatives or product engineers before using the products in this catalog for the applications listed below, which require especially high reliability for the prevention of defects which might directly damage a third party's life, body or property, or when one of our products is intended for use in applications other than those specified in this catalog.
   ① Aircraft equipment ② Aerospace equipment
   ③ Undersea equipment ④ Power plant equipment
   ⑤ Medical equipment ⑥ Transportation equipment (vehicles, trains, ships, etc.)
   ⑦ Traffic signal equipment ⑧ Disaster prevention / crime prevention equipment
   ⑨ Data-processing equipment ⑩ Application of similar complexity and/or reliability requirements to the applications listed above
3. Product specifications in this catalog are as of August 2005. They are subject to change or our products in it may be discontinued without advance notice. Please check with our sales representatives or product engineers before ordering. If there are any questions, please contact our sales representatives or product engineers.
4. Please read rating and ⚠CAUTION (for storage, operating, rating, soldering, mounting and handling) in this catalog to prevent smoking and/or burning, etc.
5. This catalog has only typical specifications because there is no space for detailed specifications. Therefore, please approve our product specifications or transact the approval sheet for product specifications before ordering.
6. Please note that unless otherwise specified, we shall assume no responsibility whatsoever for any conflict or dispute that may occur in connection with the effect of our and/or a third party's intellectual property rights and other related rights in consideration of your use of our products and/or information described or contained in our catalogs. In this connection, no representation shall be made to the effect that any third parties are authorized to use the rights mentioned above under licenses without our consent.
7. No ozone depleting substances (ODS) under the Montreal Protocol are used in our manufacturing process.

muRata **Murata Manufacturing Co., Ltd.** http://www.murata.com/

Head Office
1-10-1, Higashi Kotari, Nagaokakyo-shi, Kyoto 617-8555, Japan
Phone: 81-75-951-9111

International Division
3-29-12, Shibuya, Shibuya-ku, Tokyo 150-0002, Japan
Phone: 81-3-5469-6123 Fax: 81-3-5469-6155 E-mail: intl@murata.co.jp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
การกระทำใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Pinning information

5.1 Pinning

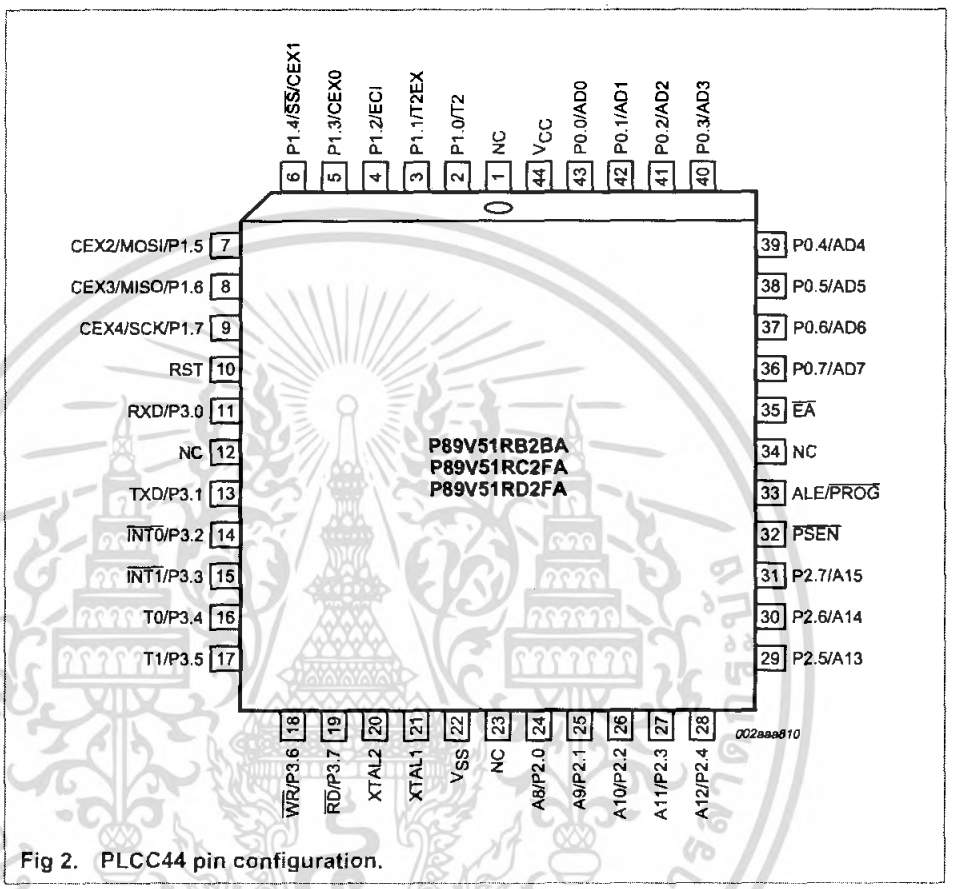


Fig 2. PLCC44 pin configuration.

© Koninklijke Philips Electronics N.V. 2004. All rights reserved.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

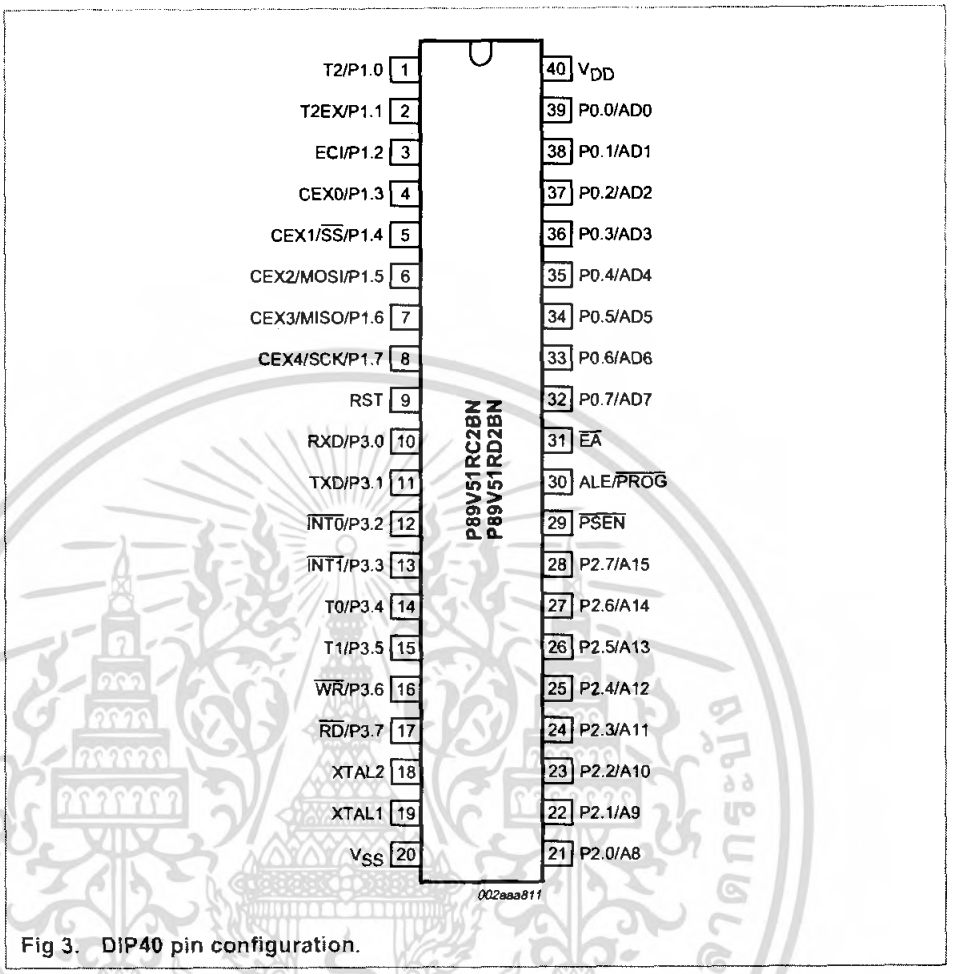


Fig 3. DIP40 pin configuration.

© Koninklijke Philips Electronics N.V. 2004. All rights reserved.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

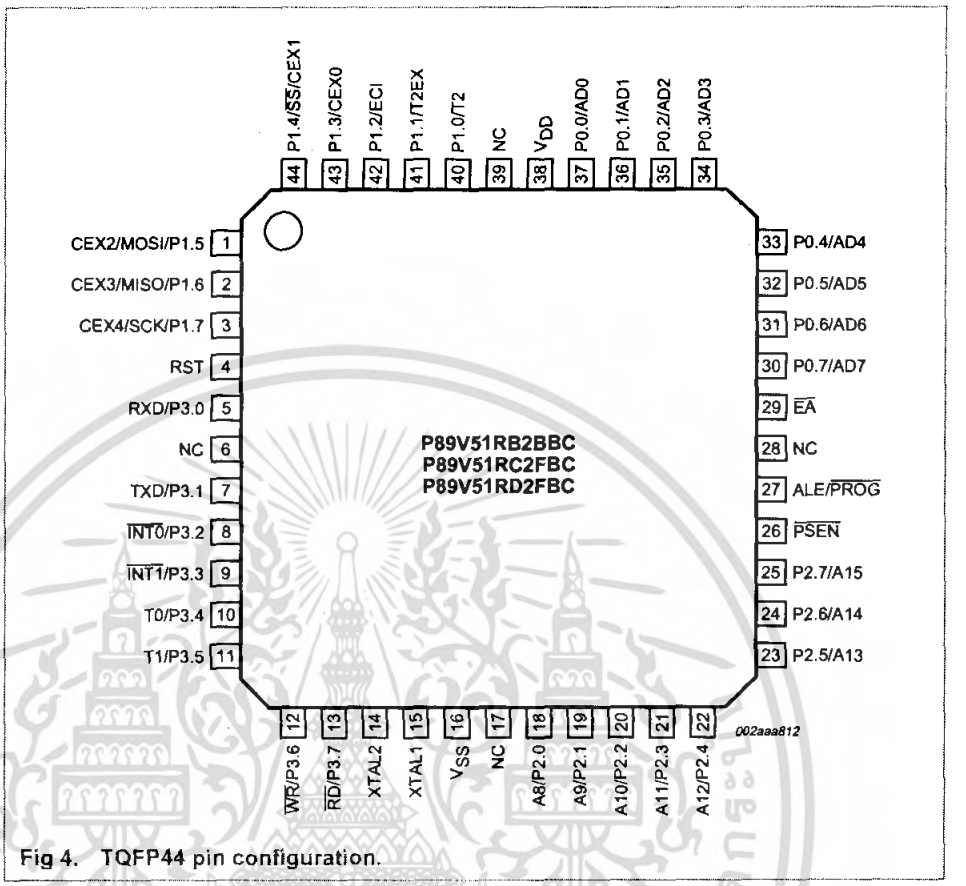


Fig 4. TQFP44 pin configuration.

© Koninklijke Philips Electronics N.V. 2004. All rights reserved.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 Pin description

Table 3: P89V51RB2/RC2/RD2 pin description

Symbol	Pin			Type	Description
	DIP40	TQFP44	PLCC44		
P0.0 to P0.7	39-32	37-30	43-36	I/O	**Port 0:** Port 0 is an 8-bit open drain bi-directional I/O port. Port 0 pins that have '1's written to them float, and in this state can be used as high-impedance inputs. Port 0 is also the multiplexed low-order address and data bus during accesses to external code and data memory. In this application, it uses strong internal pull-ups when transitioning to '1's. Port 0 also receives the code bytes during the external host mode programming, and outputs the code bytes during the external host mode verification. External pull-ups are required during program verification or as a general purpose I/O port.
P1.0 to P1.7	1-8	40-44, 1-3	2-9	I/O with internal pull-up	**Port 1:** Port 1 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-ups. The Port 1 pins are pulled high by the internal pull-ups when '1's are written to them and can be used as inputs in this state. As inputs, Port 1 pins that are externally pulled LOW will source current (I_{IL}) because of the internal pull-ups. P1.5, P1.6, P1.7 have high current drive of 16 mA. Port 1 also receives the low-order address bytes during the external host mode programming and verification.
P1.0	1	40	2	I/O	**T2:** External count input to Timer/Counter 2 or Clock-out from Timer/Counter 2
P1.1	2	41	3	I	**T2EX**: Timer/Counter 2 capture/reload trigger and direction control
P1.2	3	42	4	I	**ECI**: External clock input. This signal is the external clock input for the PCA.
P1.3	4	43	5	I/O	**CEX0**: Capture/compare external I/O for PCA Module 0. Each capture/compare module connects to a Port 1 pin for external I/O. When not used by the PCA, this pin can handle standard I/O.
P1.4	5	44	6	I/O	$\overline{\text{SS}}$: Slave port select input for SPI **CEX1**: Capture/compare external I/O for PCA Module 1
P1.5	6	1	7	I/O	**MOSI**: Master Output Slave Input for SPI **CEX2**: Capture/compare external I/O for PCA Module 2
P1.6	7	2	8	I/O	**MISO**: Master Input Slave Output for SPI **CEX3**: Capture/compare external I/O for PCA Module 3
P1.7	8	3	9	I/O	**SCK**: Master Output Slave Input for SPI **CEX4**: Capture/compare external I/O for PCA Module 4

© Koninklijke Philips Electronics N.V. 2004. All rights reserved.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 3: P89V51RB2/RC2/RD2 pin description...*continued*

Symbol	Pin			Type	Description
	DIP40	TQFP44	PLCC44		
P2.0 to P2.7	21-28	18-25	24-31	I/O with internal pull-up	**Port 2**: Port 2 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-ups. Port 2 pins are pulled HIGH by the internal pull-ups when '1's are written to them and can be used as inputs in this state. As inputs, Port 2 pins that are externally pulled LOW will source current (I_{IL}) because of the internal pull-ups. Port 2 sends the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external Data Memory that use 16-bit address (MOVX@DPTR). In this application, it uses strong internal pull-ups when transitioning to '1's. Port 2 also receives some control signals and a partial of high-order address bits during the external host mode programming and verification.
P3.0 to P3.7	10-17	5, 7-13	11, 13-19	I/O with internal pull-up	**Port 3**: Port 3 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pull-ups. Port 3 pins are pulled HIGH by the internal pull-ups when '1's are written to them and can be used as inputs in this state. As inputs, Port 3 pins that are externally pulled LOW will source current (I_{IL}) because of the internal pull-ups. Port 3 also receives some control signals and a partial of high-order address bits during the external host mode programming and verification.
P3.0	10	5	11	I	**RXD**: serial input port
P3.1	11	7	13	O	**TXD**: serial output port
P3.2	12	8	14	I	**$\overline{INT0}$**: external interrupt 0 input
P3.3	13	9	15	I	**$\overline{INT1}$**: external interrupt 1 input
P3.4	14	10	16	I	**T0**: external count input to Timer/Counter 0
P3.5	15	11	17	I	**T1**: external count input to Timer/Counter 1
P3.6	16	12	18	O	**$\overline{WR}$**: external data memory write strobe
P3.7	17	13	19	O	**$\overline{RD}$**: external data memory read strobe
$\overline{PSEN}$	29	26	32	I/O	**Program Store Enable**: $\overline{PSEN}$ is the read strobe for external program memory. When the device is executing from internal program memory, $\overline{PSEN}$ is inactive (HIGH). When the device 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. A forced HIGH-to-LOW input transition on the $\overline{PSEN}$ pin while the RST input is continually held HIGH for more than 10 machine cycles will cause the device to enter external host mode programming.
RST	9	4	10	I	**Reset**: While the oscillator is running, a HIGH logic state on this pin for two machine cycles will reset the device. If the $\overline{PSEN}$ pin is driven by a HIGH-to-LOW input transition while the RST input pin is held HIGH, the device will enter the external host mode, otherwise the device will enter the normal operation mode.

© Koninklijke Philips Electronics N.V. 2004. All rights reserved.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 3: P89V51RB2/RC2/RD2 pin description...*continued*

Symbol	Pin			Type	Description
	DIP40	TQFP44	PLCC44		
$\overline{EA}$	31	29	35	I	**External Access Enable:** $\overline{EA}$ must be connected to V_{SS} in order to enable the device to fetch code from the external program memory. $\overline{EA}$ must be strapped to V_{DD} for internal program execution. However, Security lock level 4 will disable $\overline{EA}$, and program execution is only possible from internal program memory. The $\overline{EA}$ pin can tolerate a high voltage of 12 V.
ALE/ $\overline{PROG}$	30	27	33	I/O	**Address Latch Enable:** ALE is the output signal for latching the low byte of the address during an access to external memory. This pin is also the programming pulse input ($\overline{PROG}$) for flash programming. Normally the ALE[1] is emitted at a constant rate of 1/6 the crystal frequency[2] and can be used for external timing and clocking. One ALE pulse is skipped during each access to external data memory. However, if AO is set to '1', ALE is disabled.
NC	-	6, 17, 28, 39	1, 12, 23, 34	I/O	**No Connect**
XTAL1	19	15	21	I	**Crystal 1:** Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock generator circuits.
XTAL2	18	14	20	O	**Crystal 2:** Output from the inverting oscillator amplifier.
V_{DD}	40	38	44	I	**Power supply**
V_{SS}	20	16	22	I	**Ground**

[1] ALE loading issue: When ALE pin experiences higher loading (>30 pF) during the reset, the microcontroller may accidentally enter into modes other than normal working mode. The solution is to add a pull-up resistor of 3 kΩ to 50 kΩ to V_{DD}, e.g., for ALE pin.

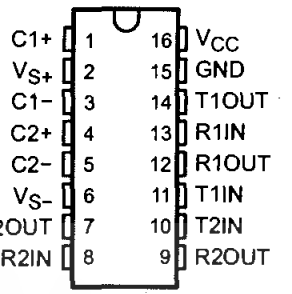
[2] For 6-clock mode, ALE is emitted at 1/3 of crystal frequency.

© Koninklijke Philips Electronics N.V. 2004. All rights reserved.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **Meets or Exceeds TIA/EIA-232-F and ITU Recommendation V.28**
- **Operates From a Single 5-V Power Supply With 1.0-μF Charge-Pump Capacitors**
- **Operates Up To 120 kbit/s**
- **Two Drivers and Two Receivers**
- **±30-V Input Levels**
- **Low Supply Current . . . 8 mA Typical**
- **ESD Protection Exceeds JESD 22**
  - **2000-V Human-Body Model (A114-A)**
- **Upgrade With Improved ESD (15-kV HBM) and 0.1-μF Charge-Pump Capacitors is Available With the MAX202**
- **Applications**
  - **TIA/EIA-232-F, Battery-Powered Systems, Terminals, Modems, and Computers**

MAX232 . . . D, DW, N, OR NS PACKAGE
MAX232I . . . D, DW, OR N PACKAGE
(TOP VIEW)



description/ordering information

The MAX232 is a dual driver/receiver that includes a capacitive voltage generator to supply TIA/EIA-232-F voltage levels from a single 5-V supply. Each receiver converts TIA/EIA-232-F inputs to 5-V TTL/CMOS levels. These receivers have a typical threshold of 1.3 V, a typical hysteresis of 0.5 V, and can accept ±30-V inputs. Each driver converts TTL/CMOS input levels into TIA/EIA-232-F levels. The driver, receiver, and voltage-generator functions are available as cells in the Texas Instruments LinASIC™ library.

ORDERING INFORMATION

T_A	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 70°C	PDIP (N)	Tube of 25	MAX232N	MAX232N
	SOIC (D)	Tube of 40	MAX232D	MAX232
		Reel of 2500	MAX232DR	
	SOIC (DW)	Tube of 40	MAX232DW	MAX232
		Reel of 2000	MAX232DWR	
	SOP (NS)	Reel of 2000	MAX232NSR	MAX232
−40°C to 85°C	PDIP (N)	Tube of 25	MAX232IN	MAX232IN
	SOIC (D)	Tube of 40	MAX232ID	MAX232I
		Reel of 2500	MAX232IDR	
	SOIC (DW)	Tube of 40	MAX232IDW	MAX232I
		Reel of 2000	MAX232IDWR	

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.

Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

LinASIC is a trademark of Texas Instruments.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 2004, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Function Tables

EACH DRIVER

INPUT TIN	OUTPUT TOUT
L	H
H	L

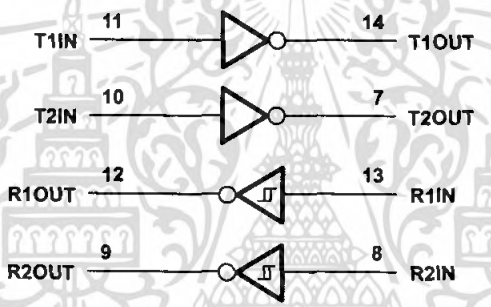
H = high level, L = low level

EACH RECEIVER

INPUT RIN	OUTPUT ROUT
L	H
H	L

H = high level, L = low level

logic diagram (positive logic)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Input supply voltage range, V_{CC} (see Note 1) ..... −0.3 V to 6 V
Positive output supply voltage range, V_{S+} ..... V_{CC} − 0.3 V to 15 V
Negative output supply voltage range, V_{S-} ..... −0.3 V to −15 V
Input voltage range, V_I: Driver ..... −0.3 V to V_{CC} + 0.3 V
Receiver ..... ±30 V
Output voltage range, V_O: T1OUT, T2OUT ..... V_{S-} − 0.3 V to V_{S+} + 0.3 V
R1OUT, R2OUT ..... −0.3 V to V_{CC} + 0.3 V
Short-circuit duration: T1OUT, T2OUT ..... Unlimited
Package thermal impedance, θ_{JA} (see Notes 2 and 3): D package ..... 73°C/W
DW package ..... 57°C/W
N package ..... 67°C/W
NS package ..... 64°C/W
Operating virtual junction temperature, T_J ..... 150°C
Storage temperature range, T_{stg} ..... −65°C to 150°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 under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

NOTES: 1. All voltages are with respect to network GND.
2. Maximum power dissipation is a function of $T_J(max)$, θ_{JA}, and T_A. The maximum allowable power dissipation at any allowable ambient temperature is $P_D = (T_J(max) - T_A)/\theta_{JA}$. Operating at the absolute maximum T_J of 150°C can affect reliability.
3. The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51-7.

recommended operating conditions

			MIN	NOM	MAX	UNIT
V_{CC}	Supply voltage		4.5	5	5.5	V
V_{IH}	High-level input voltage (T1IN,T2IN)		2			V
V_{IL}	Low-level input voltage (T1IN, T2IN)				0.8	V
R1IN, R2IN	Receiver input voltage				±30	V
T_A	Operating free-air temperature	MAX232	0		70	°C
		MAX232I	−40		85	

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature (unless otherwise noted) (see Note 4 and Figure 4)

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP‡	MAX	UNIT
I_{CC}	Supply current	V_{CC} = 5.5 V, All outputs open, T_A = 25°C		8	10	mA

‡ All typical values are at V_{CC} = 5 V and T_A = 25°C.
NOTE 4: Test conditions are C1–C4 = 1 μF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DRIVER SECTION

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature range (see Note 4)

PARAMETER			TEST CONDITIONS	MIN	TYP†	MAX	UNIT
V_{OH}	High-level output voltage	T1OUT, T2OUT	R_L = 3 kΩ to GND	5	7		V
V_{OL}	Low-level output voltage‡	T1OUT, T2OUT	R_L = 3 kΩ to GND		−7	−5	V
r_o	Output resistance	T1OUT, T2OUT	V_{S+} = V_{S-} = 0, V_O = ±2 V	300			Ω
I_{OS}§	Short-circuit output current	T1OUT, T2OUT	V_{CC} = 5.5 V, V_O = 0		±10		mA
I_{IS}	Short-circuit input current	T1IN, T2IN	V_I = 0			200	µA

† All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.
‡ The algebraic convention, in which the least-positive (most negative) value is designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels only.
§ Not more than one output should be shorted at a time.
NOTE 4: Test conditions are C1–C4 = 1 µF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.

switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C (see Note 4)

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
SR	Driver slew rate	R_L = 3 kΩ to 7 kΩ, See Figure 2			30	V/µs
SR(t)	Driver transition region slew rate	See Figure 3		3		V/µs
	Data rate	One TOUT switching		120		kbit/s

NOTE 4: Test conditions are C1–C4 = 1 µF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.

RECEIVER SECTION

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature range (see Note 4)

PARAMETER			TEST CONDITIONS	MIN	TYP†	MAX	UNIT
V_{OH}	High-level output voltage	R1OUT, R2OUT	I_{OH} = −1 mA	3.5			V
V_{OL}	Low-level output voltage‡	R1OUT, R2OUT	I_{OL} = 3.2 mA			0.4	V
V_{IT+}	Receiver positive-going input threshold voltage	R1IN, R2IN	V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C		1.7	2.4	V
V_{IT-}	Receiver negative-going input threshold voltage	R1IN, R2IN	V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C	0.8	1.2		V
V_{hys}	Input hysteresis voltage	R1IN, R2IN	V_{CC} = 5 V	0.2	0.5	1	V
r_i	Receiver input resistance	R1IN, R2IN	V_{CC} = 5, T_A = 25°C	3	5	7	kΩ

† All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.
‡ The algebraic convention, in which the least-positive (most negative) value is designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels only.
NOTE 4: Test conditions are C1–C4 = 1 µF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.

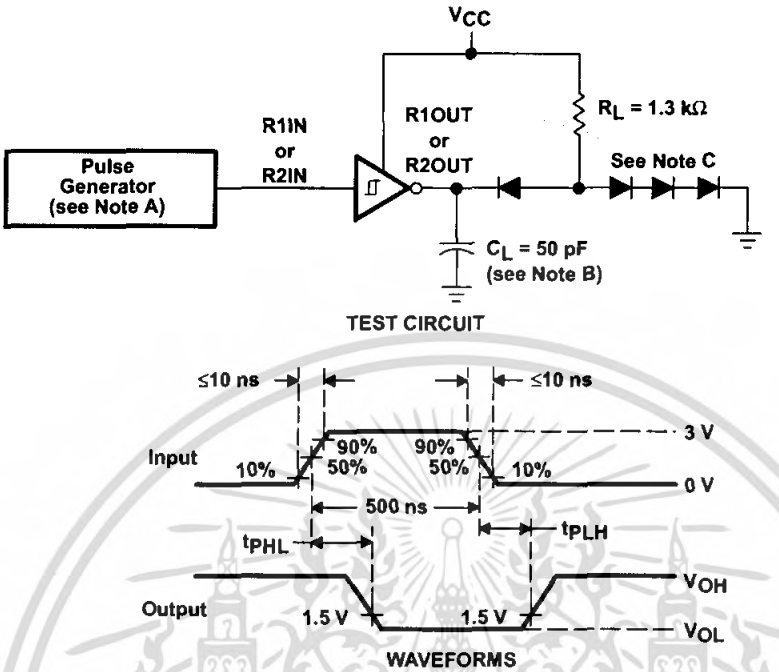
switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C (see Note 4 and Figure 1)

PARAMETER		TYP	UNIT
$t_{PLH(R)}$	Receiver propagation delay time, low- to high-level output	500	ns
$t_{PHL(R)}$	Receiver propagation delay time, high- to low-level output	500	ns

NOTE 4: Test conditions are C1–C4 = 1 µF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

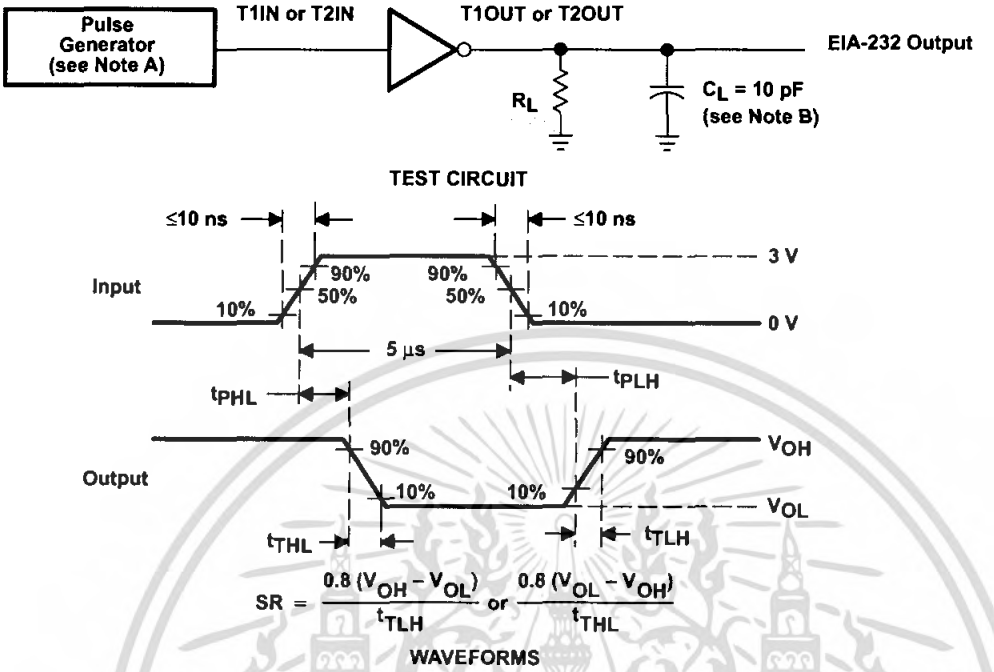


NOTES: A. The pulse generator has the following characteristics: Z_O = 50 Ω, duty cycle ≤ 50%.
B. C_L includes probe and jig capacitance.
C. All diodes are 1N3064 or equivalent.

Figure 1. Receiver Test Circuit and Waveforms for t_{PHL} and t_{PLH} Measurements

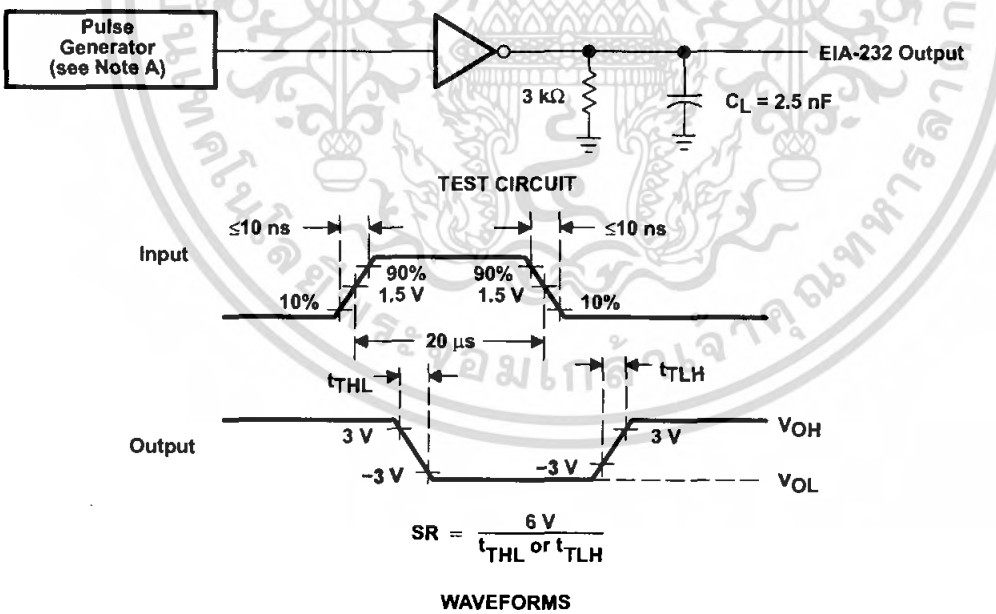
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



NOTES: A. The pulse generator has the following characteristics: Z_O = 50 Ω, duty cycle ≤ 50%.
B. C_L includes probe and jig capacitance.

Figure 2. Driver Test Circuit and Waveforms for t_{PHL} and t_{PLH} Measurements (5-µs Input)

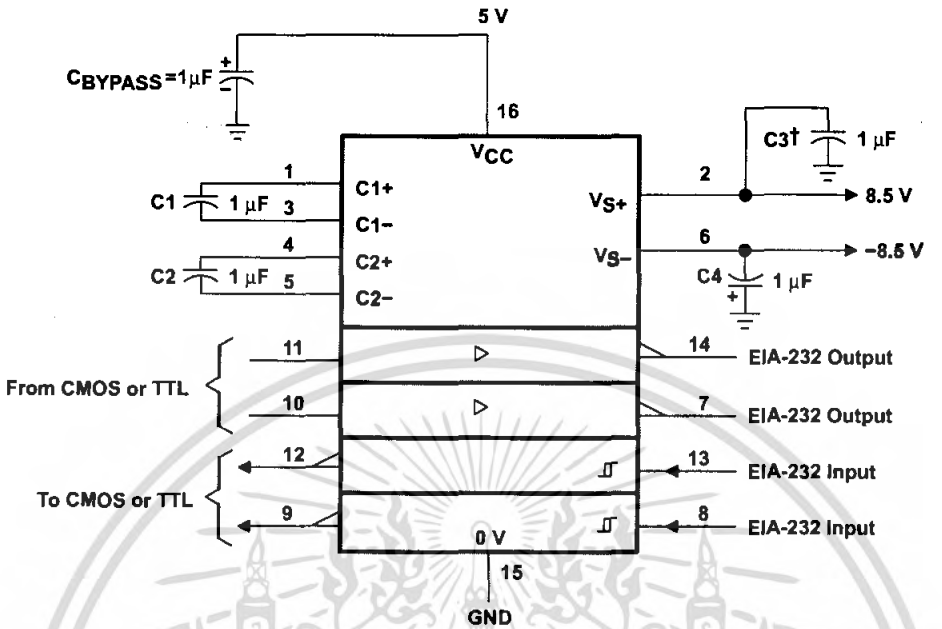


NOTE A: The pulse generator has the following characteristics: Z_O = 50 Ω, duty cycle ≤ 50%.

Figure 3. Test Circuit and Waveforms for t_{THL} and t_{TLH} Measurements (20-µs Input)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

APPLICATION INFORMATION



† C3 can be connected to V_{CC} or GND.

NOTES: A. Resistor values shown are nominal.

B. Nonpolarized ceramic capacitors are acceptable. If polarized tantalum or electrolytic capacitors are used, they should be connected as shown. In addition to the 1-µF capacitors shown, the MAX202 can operate with 0.1-µF capacitors.

Figure 4. Typical Operating Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGING INFORMATION

Orderable Device	Status [1]	Package Type	Package Drawing	Pins	Package Qty	Eco Plan [2]	Lead/Ball Finish	MSL Peak Temp [3]
MAX232D	ACTIVE	SOIC	D	16	40	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
MAX232DE4	ACTIVE	SOIC	D	16	40	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
MAX232DR	ACTIVE	SOIC	D	16	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
MAX232DRE4	ACTIVE	SOIC	D	16	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
MAX232DW	ACTIVE	SOIC	DW	16	40	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
MAX232DWE4	ACTIVE	SOIC	DW	16	40	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
MAX232DWR	ACTIVE	SOIC	DW	16	2000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
MAX232DWRE4	ACTIVE	SOIC	DW	16	2000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
MAX232ID	ACTIVE	SOIC	D	16	40	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
MAX232IDE4	ACTIVE	SOIC	D	16	40	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
MAX232IDR	ACTIVE	SOIC	D	16	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
MAX232IDRE4	ACTIVE	SOIC	D	16	2500	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
MAX232IDW	ACTIVE	SOIC	DW	16	40	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
MAX232IDWE4	ACTIVE	SOIC	DW	16	40	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
MAX232IDWG4	ACTIVE	SOIC	DW	16	40	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
MAX232IDWR	ACTIVE	SOIC	DW	16	2000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
MAX232IDWRE4	ACTIVE	SOIC	DW	16	2000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
MAX232IDWRG4	ACTIVE	SOIC	DW	16	2000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
MAX232IN	ACTIVE	PDIP	N	16	25	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	N / A for Pkg Type
MAX232INE4	ACTIVE	PDIP	N	16	25	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	N / A for Pkg Type
MAX232N	ACTIVE	PDIP	N	16	25	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	N / A for Pkg Type
MAX232NE4	ACTIVE	PDIP	N	16	25	Pb-Free (RoHS)	CU NIPDAU	N / A for Pkg Type
MAX232NSR	ACTIVE	SO	NS	16	2000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM
MAX232NSRE4	ACTIVE	SO	NS	16	2000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-1-260C-UNLIM

[1] The marketing status values are defined as follows:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ACTIVE: Product device recommended for new designs.
LIFEBUY: TI has announced that the device will be discontinued, and a lifetime-buy period is in effect.
NRND: Not recommended for new designs. Device is in production to support existing customers, but TI does not recommend using this part in a new design.
PREVIEW: Device has been announced but is not in production. Samples may or may not be available.
OBSOLETE: TI has discontinued the production of the device.

(2) Eco Plan - The planned eco-friendly classification: Pb-Free (RoHS), Pb-Free (RoHS Exempt), or Green (RoHS & no Sb/Br) - please check http://www.ti.com/productcontent for the latest availability information and additional product content details.
TBD: The Pb-Free/Green conversion plan has not been defined.
Pb-Free (RoHS): TI's terms "Lead-Free" or "Pb-Free" mean semiconductor products that are compatible with the current RoHS requirements for all 6 substances, including the requirement that lead not exceed 0.1% by weight in homogeneous materials. Where designed to be soldered at high temperatures, TI Pb-Free products are suitable for use in specified lead-free processes.
Pb-Free (RoHS Exempt): This component has a RoHS exemption for either 1) lead-based flip-chip solder bumps used between the die and package, or 2) lead-based die adhesive used between the die and leadframe. The component is otherwise considered Pb-Free (RoHS compatible) as defined above.
Green (RoHS & no Sb/Br): TI defines "Green" to mean Pb-Free (RoHS compatible), and free of Bromine (Br) and Antimony (Sb) based flame retardants (Br or Sb do not exceed 0.1% by weight in homogeneous material)

(3) MSL, Peak Temp. -- The Moisture Sensitivity Level rating according to the JEDEC industry standard classifications, and peak solder temperature.

Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

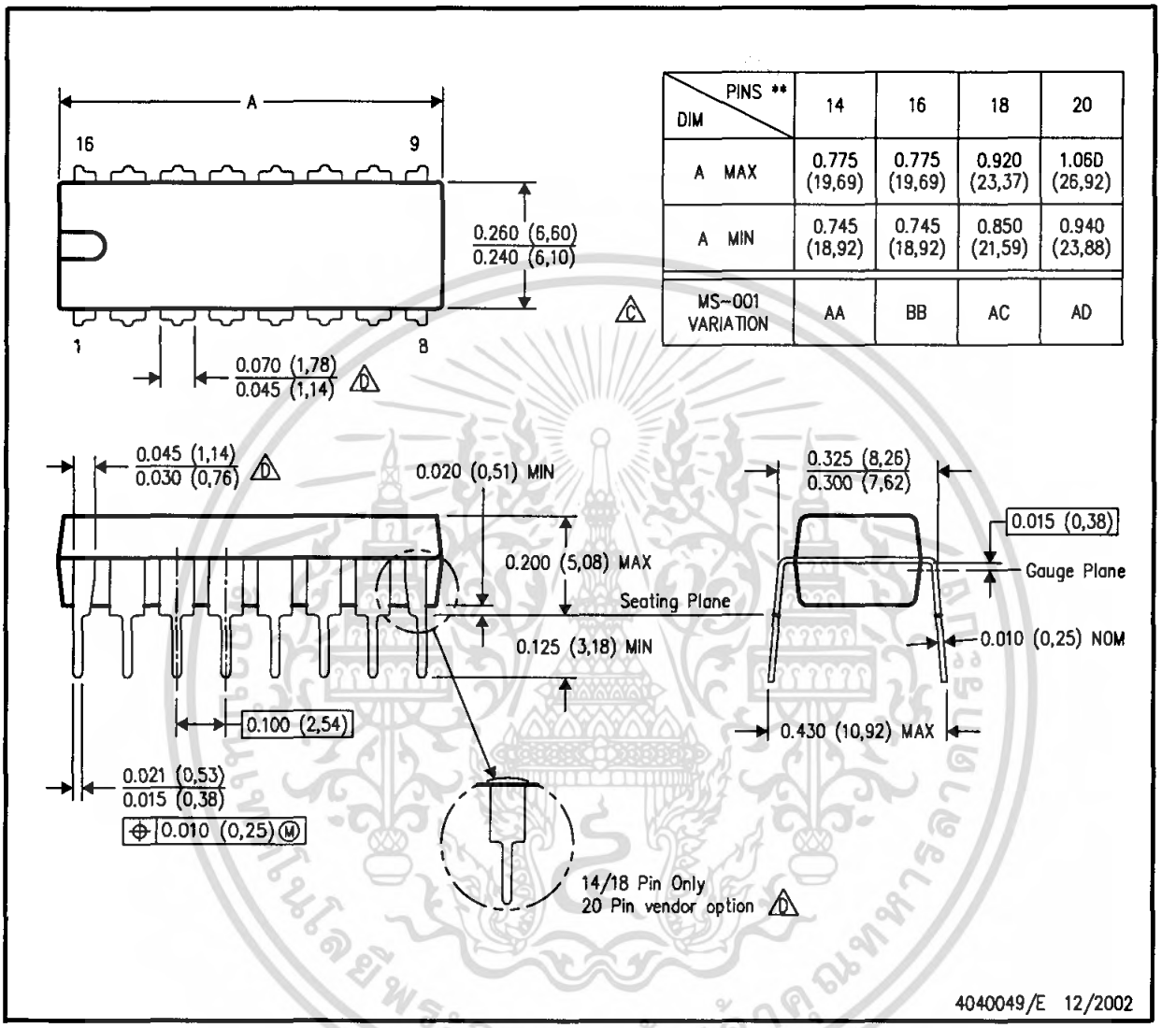
In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N (R–PDIP–T**)

PLASTIC DUAL–IN–LINE PACKAGE

16 PINS SHOWN

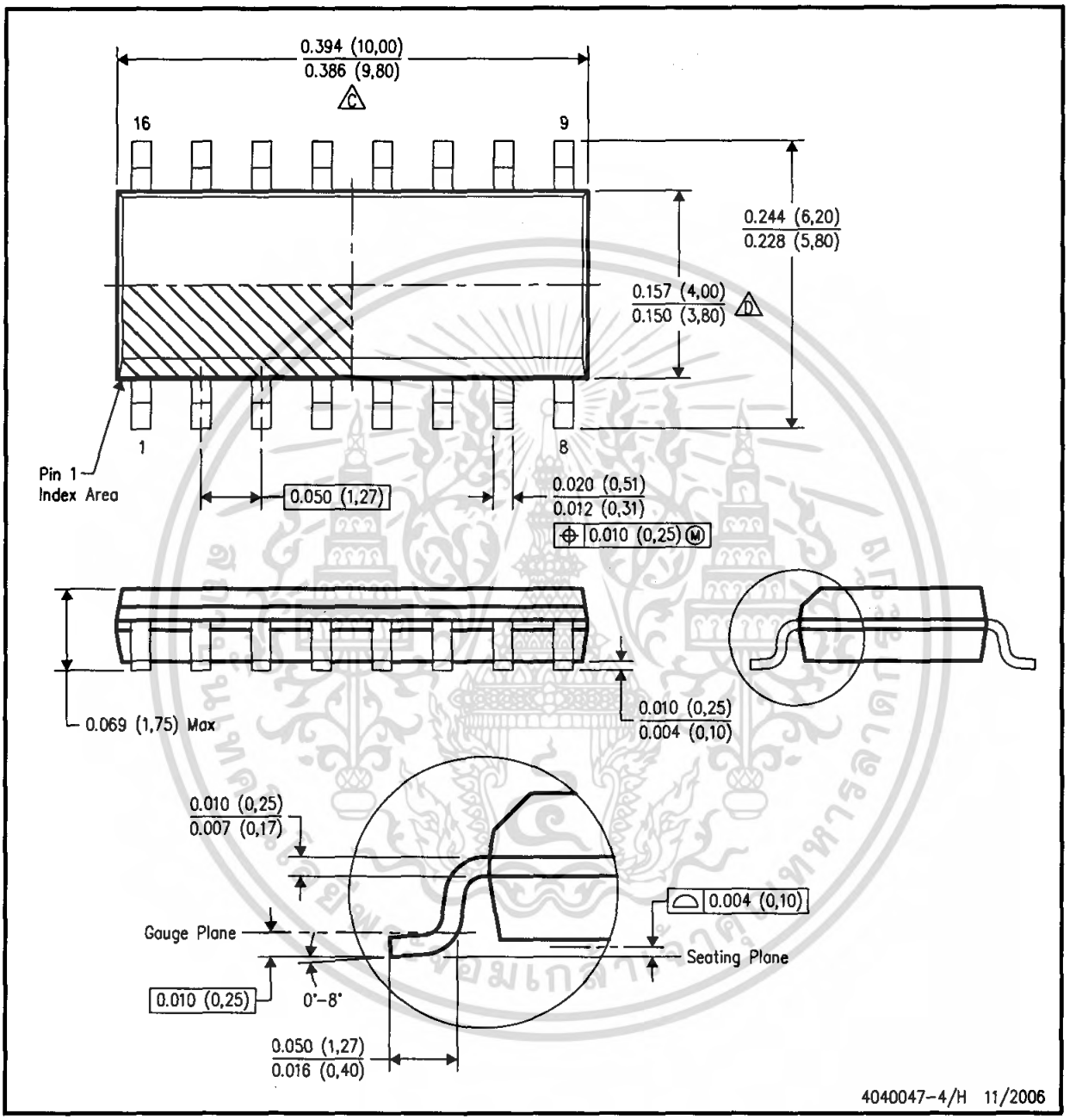


DIM \ PINS **	14	16	18	20
A MAX	0.775 (19,69)	0.775 (19,69)	0.920 (23,37)	1.060 (26,92)
A MIN	0.745 (18,92)	0.745 (18,92)	0.850 (21,59)	0.940 (23,88)
MS–001 VARIATION	AA	BB	AC	AD

NOTES:
A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
B. This drawing is subject to change without notice.
C. Falls within JEDEC MS–001, except 18 and 20 pin minimum body length (Dim A).
D. The 20 pin end lead shoulder width is a vendor option, either half or full width.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

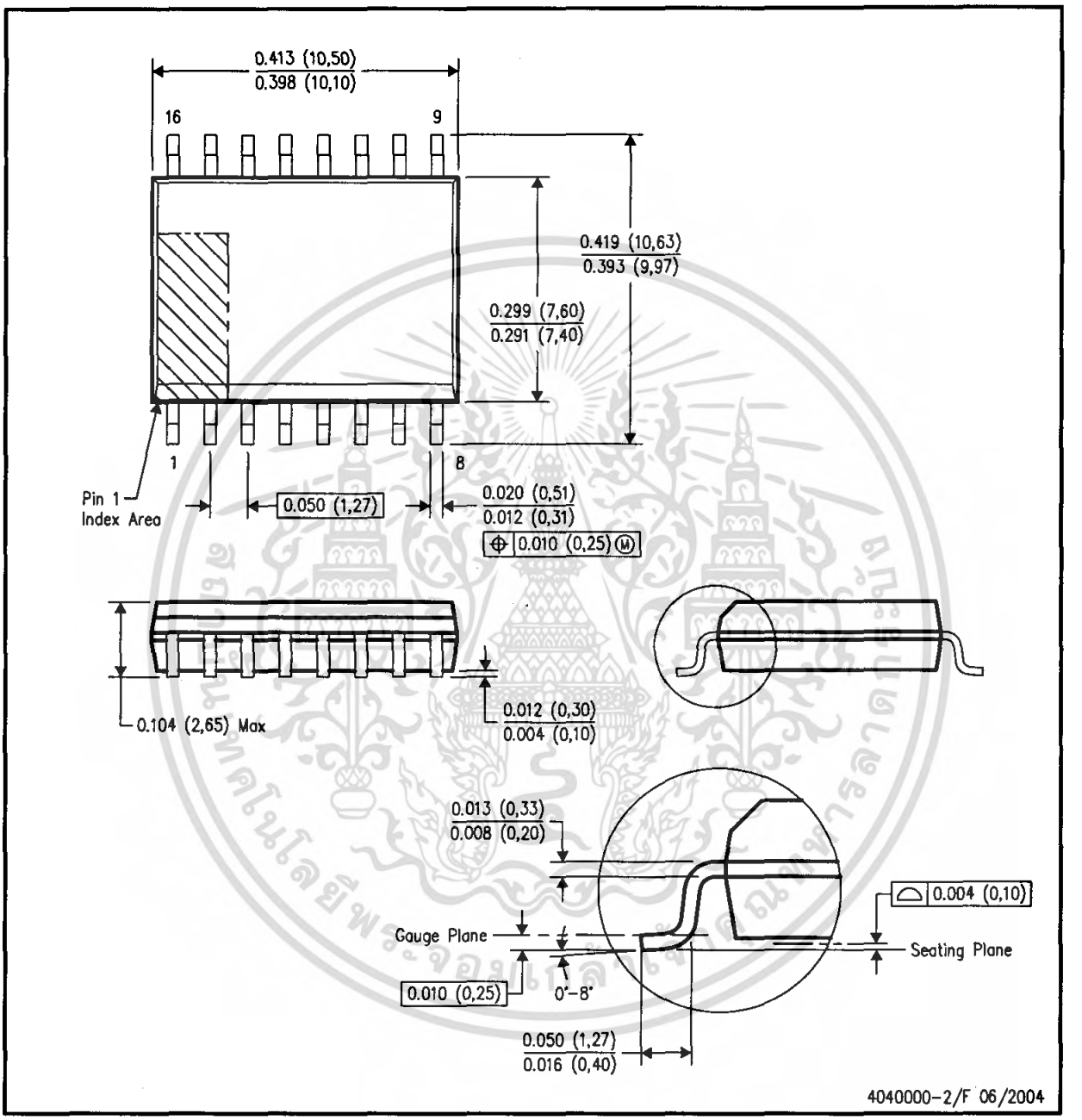
D (R–PDSO–G16) PLASTIC SMALL–OUTLINE PACKAGE



NOTES:
A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
B. This drawing is subject to change without notice.
C. Body length does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed .006 (0,15) per end.
D. Body width does not include interlead flash. Interlead flash shall not exceed .017 (0,43) per side.
E. Reference JEDEC MS–012 variation AC.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DW (R–PDSO–G16) PLASTIC SMALL–OUTLINE PACKAGE



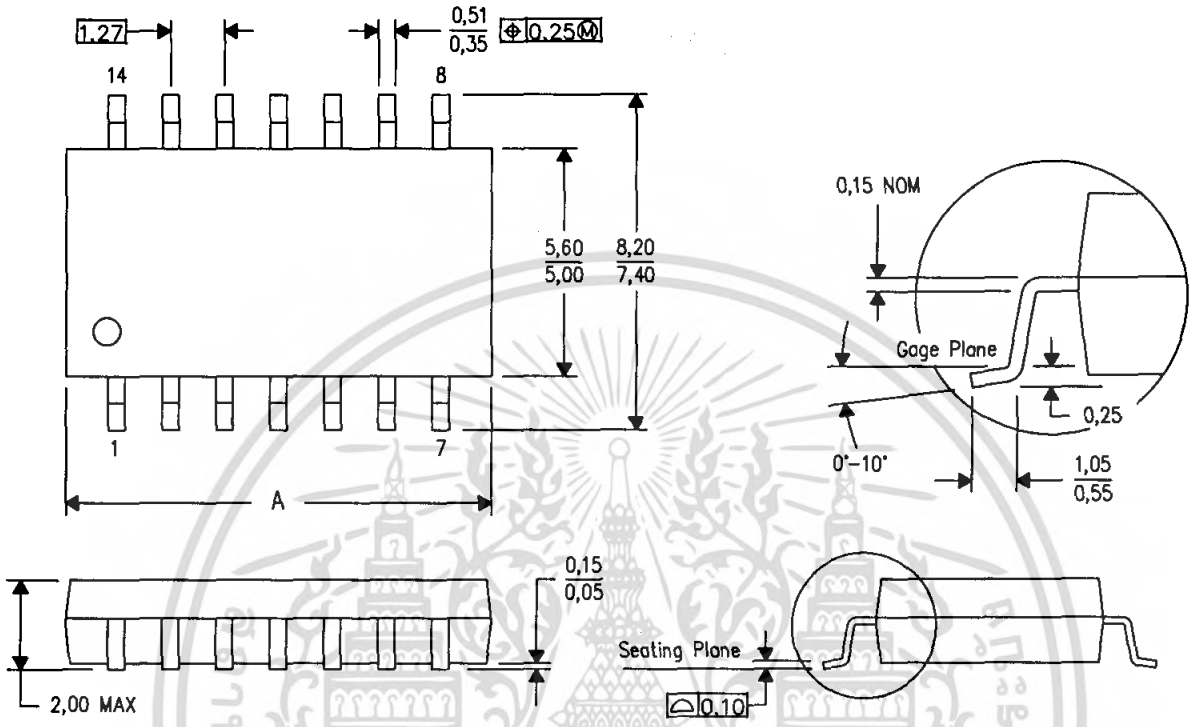
NOTES:
A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
B. This drawing is subject to change without notice.
C. Body dimensions do not include mold flash or protrusion not to exceed 0.006 (0,15).
D. Falls within JEDEC MS–013 variation AA.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MECHANICAL DATA

NS (R-PDSO-G)** **PLASTIC SMALL-OUTLINE PACKAGE**

14-PINS SHOWN



DIM \ PINS **	14	16	20	24
A MAX	10,50	10,50	12,90	15,30
A MIN	9,90	9,90	12,30	14,70

4040062/C 03/03

NOTES:
A. All linear dimensions are in millimeters.
B. This drawing is subject to change without notice.
C. Body dimensions do not include mold flash or protrusion, not to exceed 0,15.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments Incorporated and its subsidiaries (TI) reserve the right to make corrections, modifications, enhancements, improvements, and other changes to its products and services at any time and to discontinue any product or service without notice. Customers should obtain the latest relevant information before placing orders and should verify that such information is current and complete. All products are sold subject to TI's terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgment.

TI warrants performance of its hardware products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are used to the extent TI deems necessary to support this warranty. Except where mandated by government requirements, testing of all parameters of each product is not necessarily performed.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. Customers are responsible for their products and applications using TI components. To minimize the risks associated with customer products and applications, customers should provide adequate design and operating safeguards.

TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any TI patent right, copyright, mask work right, or other TI intellectual property right relating to any combination, machine, or process in which TI products or services are used. Information published by TI regarding third-party products or services does not constitute a license from TI to use such products or services or a warranty or endorsement thereof. Use of such information may require a license from a third party under the patents or other intellectual property of the third party, or a license from TI under the patents or other intellectual property of TI.

Reproduction of information in TI data books or data sheets is permissible only if reproduction is without alteration and is accompanied by all associated warranties, conditions, limitations, and notices. Reproduction of this information with alteration is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for such altered documentation.

Resale of TI products or services with statements different from or beyond the parameters stated by TI for that product or service voids all express and any implied warranties for the associated TI product or service and is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for any such statements.

Following are URLs where you can obtain information on other Texas Instruments products and application solutions:

Products		**Applications**	
Amplifiers	amplifier.ti.com	Audio	www.ti.com/audio
Data Converters	dataconverter.ti.com	Automotive	www.ti.com/automotive
DSP	dsp.ti.com	Broadband	www.ti.com/broadband
Interface	interface.ti.com	Digital Control	www.ti.com/digitalcontrol
Logic	logic.ti.com	Military	www.ti.com/military
Power Mgmt	power.ti.com	Optical Networking	www.ti.com/opticalnetwork
Microcontrollers	microcontroller.ti.com	Security	www.ti.com/security
Low Power Wireless	www.ti.com/lpw	Telephony	www.ti.com/telephony
		Video & Imaging	www.ti.com/video
		Wireless	www.ti.com/wireless

Mailing Address: Texas Instruments
Post Office Box 655303 Dallas, Texas 75265

Copyright © 2006, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

Single Supply Quad Operational Amplifiers

The LM324 series are low–cost, quad operational amplifiers with true differential inputs. They have several distinct advantages over standard operational amplifier types in single supply applications. The quad amplifier can operate at supply voltages as low as 3.0 V or as high as 32 V with quiescent currents about one–fifth of those associated with the MC1741 (on a per amplifier basis). The common mode input range includes the negative supply, thereby eliminating the necessity for external biasing components in many applications. The output voltage range also includes the negative power supply voltage.

- Short Circuited Protected Outputs
- True Differential Input Stage
- Single Supply Operation: 3.0 V to 32 V (LM224, LM324, LM324A)
- Low Input Bias Currents: 100 nA Maximum (LM324A)
- Four Amplifiers Per Package
- Internally Compensated
- Common Mode Range Extends to Negative Supply
- Industry Standard Pinouts
- ESD Clamps on the Inputs Increase Ruggedness without Affecting Device Operation

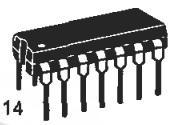
MAXIMUM RATINGS (T_A = +25°C, unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	LM224 LM324, LM324A	LM2902, LM2902V	Unit
Power Supply Voltages Single Supply Split Supplies	 V_{CC} V_{CC}, V_{EE}	 32 ±16	 26 ±13	Vdc
Input Differential Voltage Range (Note 1)	V_{IDR}	±32	±26	Vdc
Input Common Mode Voltage Range	V_{ICR}	–0.3 to 32	–0.3 to 26	Vdc
Output Short Circuit Duration	t_{SC}	Continuous		
Junction Temperature	T_J	150		°C
Storage Temperature Range	T_{stg}	–65 to +150		°C
Operating Ambient Temperature Range LM224 LM324, 324A LM2902 LM2902V, NCV2902	T_A	 –25 to +85 0 to +70	 –40 to +105 –40 to +125	°C

1. Split Power Supplies.

ON Semiconductor®

http://onsemi.com

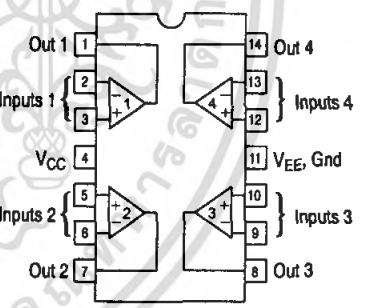


PDIP–14
N SUFFIX
CASE 646

SO–14
D SUFFIX
CASE 751A

TSSOP–14
DTB SUFFIX
CASE 948G

PIN CONNECTIONS



(Top View)

ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 9 of this data sheet.

DEVICE MARKING INFORMATION

See general marking information in the device marking section on page 10 of this data sheet.

© Semiconductor Components Industries, LLC, 2002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{CC} = 5.0 V, V_{EE} = Gnd, T_A = 25°C, unless otherwise noted.)

Characteristics	Symbol	LM224			LM324A			LM324			LM2902			LM2902V/NCV2902			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage V_{CC} = 5.0 V to 30 V (26 V for LM2902, V), V_{ICR} = 0 V to V_{CC} −1.7 V, V_O = 1.4 V, R_S = 0 Ω	V_{IO}																mV
T_A = 25°C		–	2.0	5.0	–	2.0	3.0	–	2.0	7.0	–	2.0	7.0	–	2.0	7.0	
T_A = T_{high} (Note 2)		–	–	7.0	–	–	5.0	–	–	9.0	–	–	10	–	–	13	
T_A = T_{low} (Note 2)		–	–	7.0	–	–	5.0	–	–	9.0	–	–	10	–	–	10	
Average Temperature Coefficient of Input Offset Voltage T_A = T_{high} to T_{low} (Notes 2 and 4)	$\Delta V_{IO}/\Delta T$	–	7.0	–	–	7.0	30	–	7.0	–	–	7.0	–	–	7.0	–	μV/°C
Input Offset Current	I_{IO}	–	3.0	30	–	5.0	30	–	5.0	50	–	5.0	50	–	5.0	50	nA
T_A = T_{high} to T_{low} (Note 2)		–	–	100	–	–	75	–	–	150	–	–	200	–	–	200	
Average Temperature Coefficient of Input Offset Current T_A = T_{high} to T_{low} (Notes 2 and 4)	$\Delta I_{IO}/\Delta T$	–	10	–	–	10	300	–	10	–	–	10	–	–	10	–	pA/°C
Input Bias Current	I_{IB}	–	−90	−150	–	−45	−100	–	−90	−250	–	−90	−250	–	−90	−250	nA
T_A = T_{high} to T_{low} (Note 2)		–	–	−300	–	–	−200	–	–	−500	–	–	−500	–	–	−500	
Input Common Mode Voltage Range (Note 3) V_{CC} = 30 V (26 V for LM2902, V)	V_{ICR}																V
T_A = +25°C		0	–	28.3	0	–	28.3	0	–	28.3	0	–	24.3	0	–	24.3	
T_A = T_{high} to T_{low} (Note 2)		0	–	28	0	–	28	0	–	28	0	–	24	0	–	24	
Differential Input Voltage Range	V_{IDR}	–	–	V_{CC}	–	–	V_{CC}	–	–	V_{CC}	–	–	V_{CC}	–	–	V_{CC}	V
Large Signal Open Loop Voltage Gain R_L = 2.0 kΩ, V_{CC} = 15 V, for Large V_O Swing	A_{VOL}	50	100	–	25	100	–	25	100	–	25	100	–	25	100	–	V/mV
T_A = T_{high} to T_{low} (Note 2)		25	–	–	15	–	–	15	–	–	15	–	–	15	–	–	
Channel Separation 10 kHz ≤ f ≤ 20 kHz, Input Referenced	CS	–	−120	–	–	−120	–	–	−120	–	–	−120	–	–	−120	–	dB
Common Mode Rejection, R_S ≤ 10 kΩ	CMR	70	85	–	65	70	–	65	70	–	50	70	–	50	70	–	dB
Power Supply Rejection	PSR	65	100	–	65	100	–	65	100	–	50	100	–	50	100	–	dB

2. LM224: T_{low} = −25°C, T_{high} = +85°C
   LM324/LM324A: T_{low} = 0°C, T_{high} = +70°C
   LM2902: T_{low} = −40°C, T_{high} = +105°C
   LM2902V & NCV2902: T_{low} = −40°C, T_{high} = +125°C
   NCV2902 is qualified for automotive use.
3. The input common mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3 V. The upper end of the common mode voltage range is V_{CC} −1.7 V.
4. Guaranteed by design.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{CC} = 5.0 V, V_{EE} = Gnd, T_A = 25°C, unless otherwise noted.)

Characteristics	Symbol	LM224			LM324A			LM324			LM2902			LM2902V/NCV2902			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Voltage–High Limit (T_A = T_{high} to T_{low}) (Note 5)	V_{OH}																V
V_{CC} = 5.0 V, R_L = 2.0 kΩ, T_A = 25°C		3.3	3.5	–	3.3	3.5	–	3.3	3.5	–	3.3	3.5	–	3.3	3.5	–	
V_{CC} = 30 V (26 V for LM2902, V), R_L = 2.0 kΩ		26	–	–	26	–	–	26	–	–	22	–	–	22	–	–	
V_{CC} = 30 V (26 V for LM2902, V), R_L = 10 kΩ		27	28	–	27	28	–	27	28	–	23	24	–	23	24	–	
Output Voltage – Low Limit, V_{CC} = 5.0 V, R_L = 10 kΩ, T_A = T_{high} to T_{low} (Note 5)	V_{OL}	–	5.0	20	–	5.0	20	–	5.0	20	–	5.0	100	–	5.0	100	mV
Output Source Current (V_{ID} = +1.0 V, V_{CC} = 15 V)	I_{O+}																mA
T_A = 25°C		20	40	–	20	40	–	20	40	–	20	40	–	20	40	–	
T_A = T_{high} to T_{low} (Note 5)		10	20	–	10	20	–	10	20	–	10	20	–	10	20	–	
Output Sink Current	I_{O-}																mA
(V_{ID} = –1.0 V, V_{CC} = 15 V) T_A = 25°C		10	20	–	10	20	–	10	20	–	10	20	–	10	20	–	
T_A = T_{high} to T_{low} (Note 5)		5.0	8.0	–	5.0	8.0	–	5.0	8.0	–	5.0	8.0	–	5.0	8.0	–	
(V_{ID} = –1.0 V, V_O = 200 mV, T_A = 25°C)		12	50	–	12	50	–	12	50	–	–	–	–	–	–	–	µA
Output Short Circuit to Ground (Note 6)	I_{SC}	–	40	60	–	40	60	–	40	60	–	40	60	–	40	60	mA
Power Supply Current (T_A = T_{high} to T_{low}) (Note 5)	I_{CC}																mA
V_{CC} = 30 V (26 V for LM2902, V), V_O = 0 V, R_L = ∞		–	–	3.0	–	1.4	3.0	–	–	3.0	–	–	3.0	–	–	3.0	
V_{CC} = 5.0 V, V_O = 0 V, R_L = ∞		–	–	1.2	–	0.7	1.2	–	–	1.2	–	–	1.2	–	–	1.2	

5. LM224: T_{low} = –25°C, T_{high} = +85°C
   LM324/LM324A: T_{low} = 0°C, T_{high} = +70°C
   LM2902: T_{low} = –40°C, T_{high} = +105°C
   LM2902V & NCV2902: T_{low} = –40°C, T_{high} = +125°C
   NCV2902 is qualified for automotive use.
6. The input common mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3 V. The upper end of the common mode voltage range is V_{CC} –1.7 V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

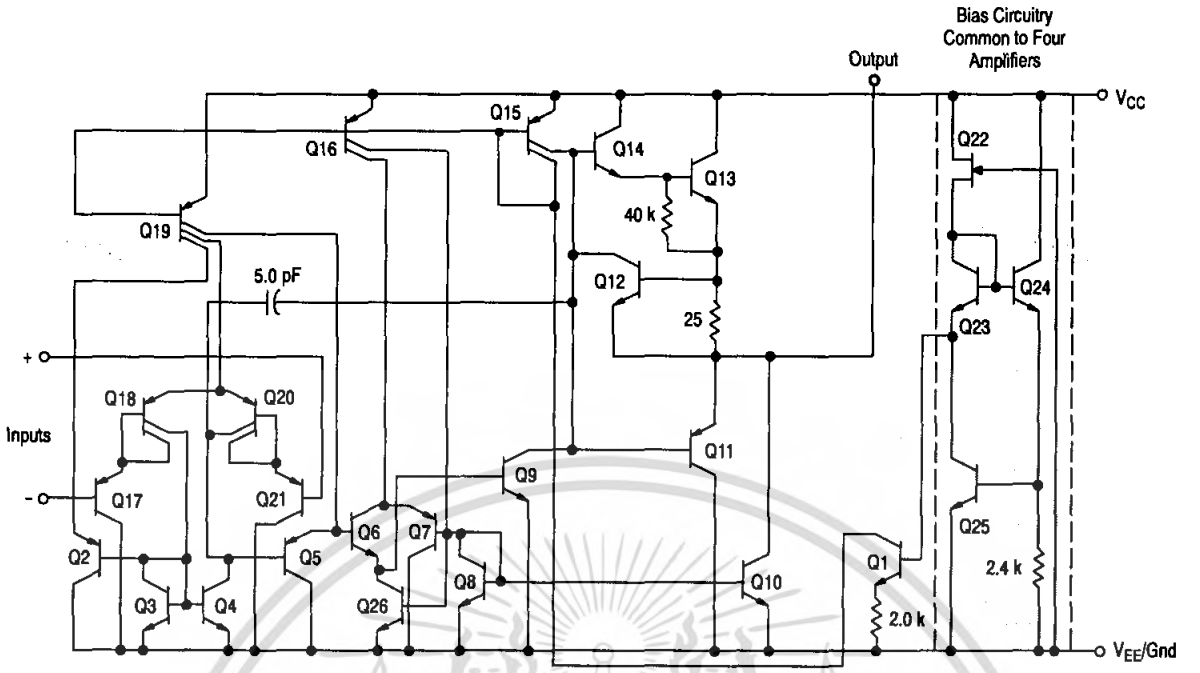


Figure 1. Representative Circuit Diagram
(One−Fourth of Circuit Shown)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CIRCUIT DESCRIPTION

The LM324 series is made using four internally compensated, two–stage operational amplifiers. The first stage of each consists of differential input devices Q20 and Q18 with input buffer transistors Q21 and Q17 and the differential to single ended converter Q3 and Q4. The first stage performs not only the first stage gain function but also performs the level shifting and transconductance reduction functions. By reducing the transconductance, a smaller compensation capacitor (only 5.0 pF) can be employed, thus saving chip area. The transconductance reduction is accomplished by splitting the collectors of Q20 and Q18. Another feature of this input stage is that the input common mode range can include the negative supply or ground, in single supply operation, without saturating either the input devices or the differential to single–ended converter. The second stage consists of a standard current source load amplifier stage.

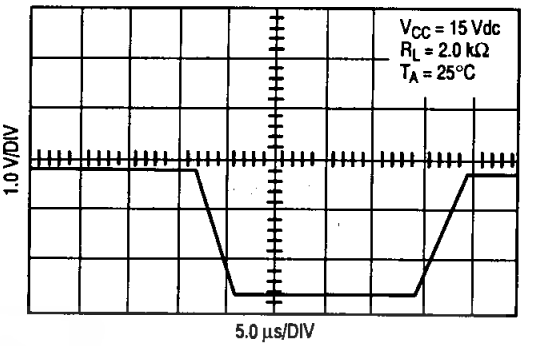


Figure 2. Large Signal Voltage Follower Response

Each amplifier is biased from an internal–voltage regulator which has a low temperature coefficient thus giving each amplifier good temperature characteristics as well as excellent power supply rejection.

Figure 3.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

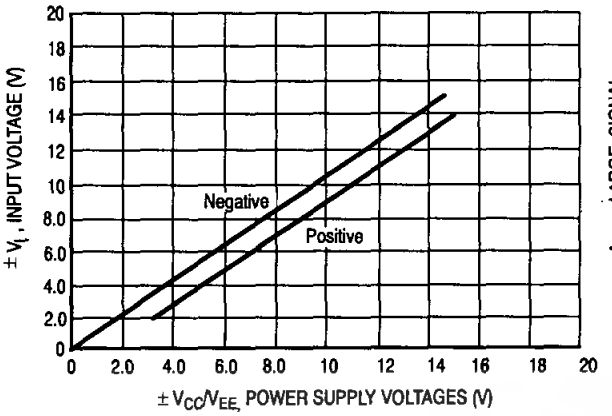


Figure 4. Input Voltage Range

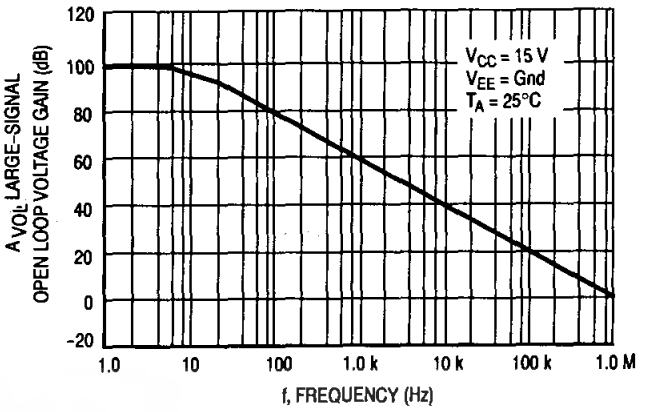


Figure 5. Open Loop Frequency

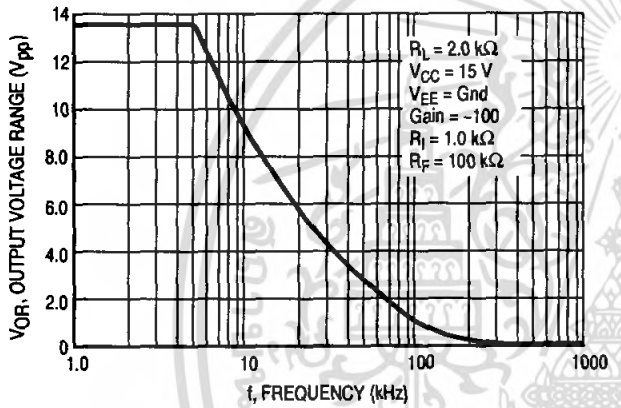


Figure 6. Large−Signal Frequency Response

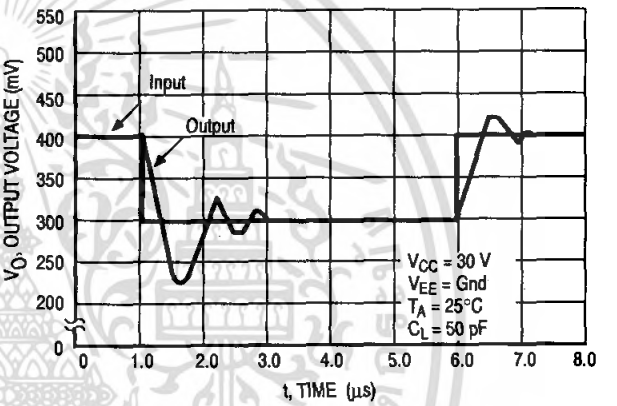


Figure 7. Small−Signal Voltage Follower Pulse Response (Noninverting)

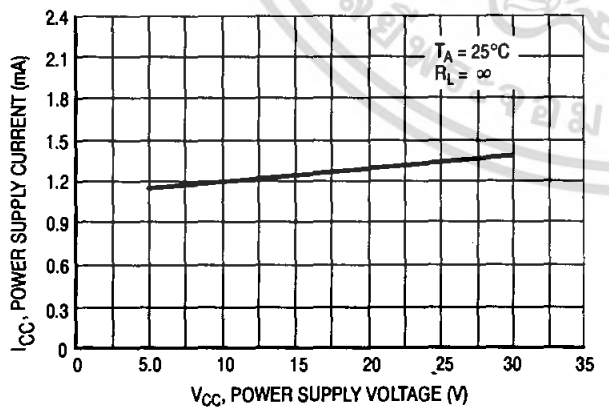


Figure 8. Power Supply Current versus Power Supply Voltage

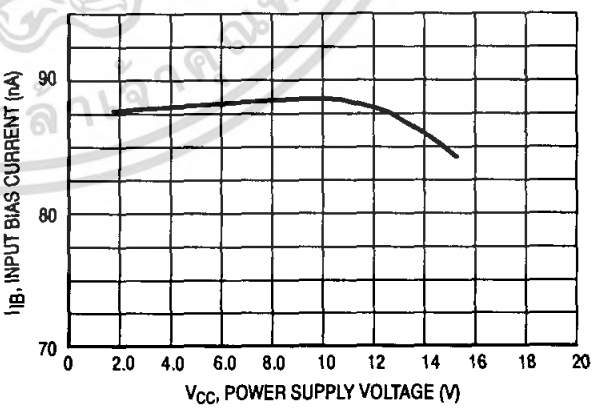


Figure 9. Input Bias Current versus Power Supply Voltage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

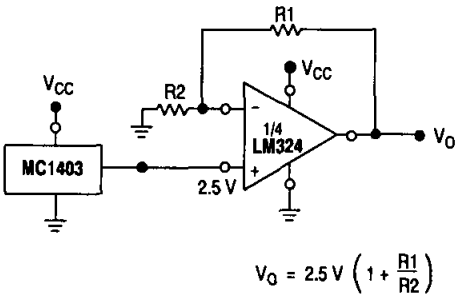


Figure 10. Voltage Reference

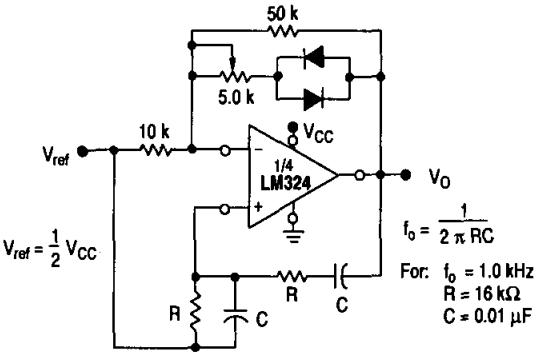


Figure 11. Wien Bridge Oscillator

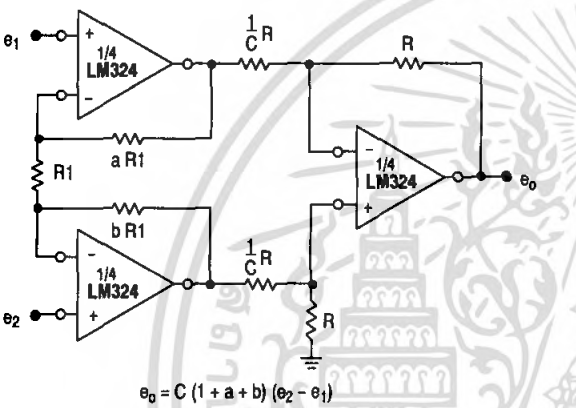


Figure 12. High Impedance Differential Amplifier

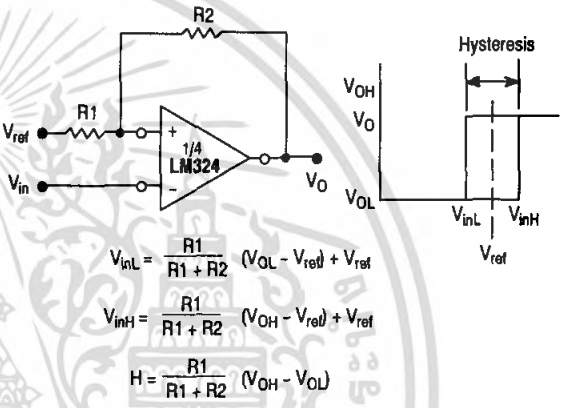


Figure 13. Comparator with Hysteresis

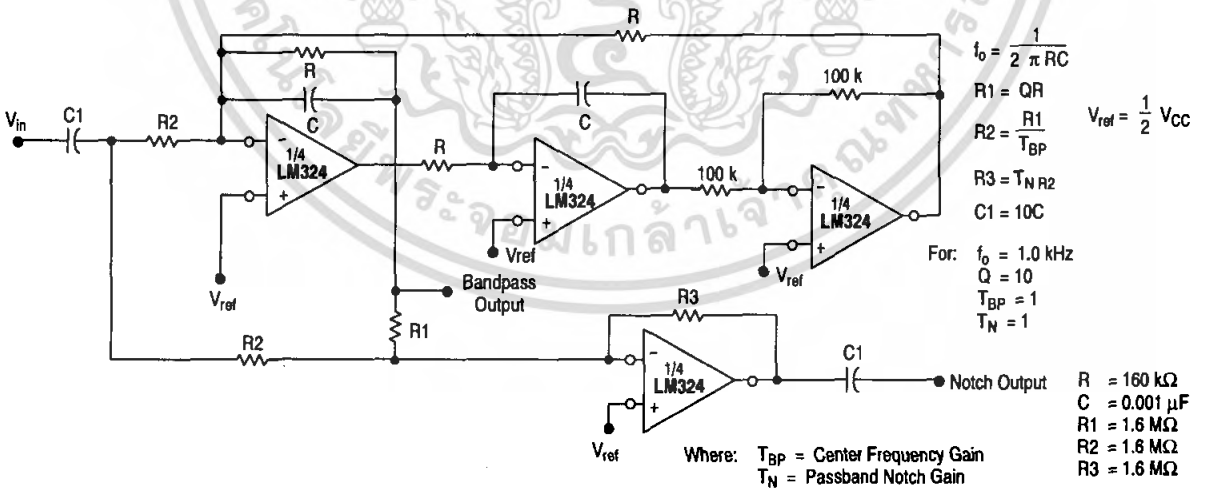


Figure 14. Bi–Quad Filter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

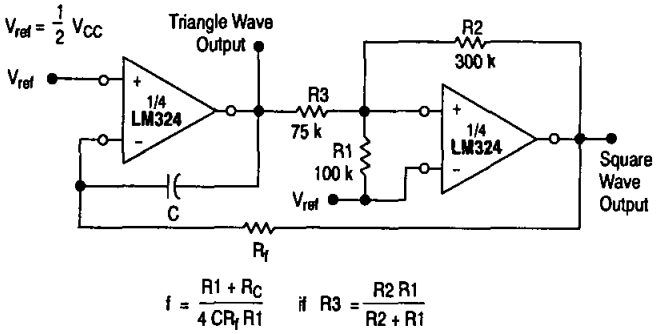


Figure 15. Function Generator

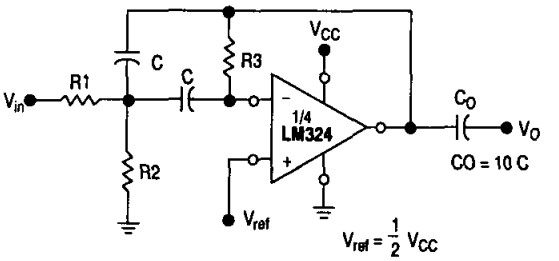


Figure 16. Multiple Feedback Bandpass Filter

Given: f_o = center frequency
$A(f_o)$ = gain at center frequency

Choose value f_o, C

Then: $R3 = \frac{Q}{\pi f_o C}$

$R1 = \frac{R3}{2 A(f_o)}$

$R2 = \frac{R1\,R3}{4Q^2 R1 - R3}$

For less than 10% error from operational amplifier, $\frac{Q_o f_o}{BW} < 0.1$

where f_o and BW are expressed in Hz.

If source impedance varies, filter may be preceded with voltage follower buffer to stabilize filter parameters.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

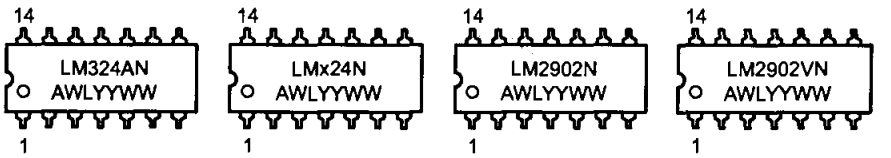
ORDERING INFORMATION

Device	Package	Operating Temperature Range	Shipping
LM224D	SO–14	–25° to +85°C	55 Units/Rail
LM224DR2	SO–14		2500 Tape & Reel
LM224DTB	TSSOP–14		96 Units/Rail
LM224DTBR2	TSSOP–14		2500 Tape & Reel
LM224N	PDIP–14		25 Units/Rail
LM324D	SO–14	0° to +70°C	55 Units/Rail
LM324DR2	SO–14		2500 Tape & Reel
LM324DTB	TSSOP–14		96 Units/Rail
LM324DTBR2	TSSOP–14		2500 Tape & Reel
LM324N	PDIP–14		25 Units/Rail
LM324AD	SO–14		55 Units/Rail
LM324ADR2	SO–14		2500 Tape & Reel
LM324ADTB	TSSOP–14		96 Units/Rail
LM324ADTBR2	TSSOP–14		2500 Tape & Reel
LM324AN	PDIP–14		25 Units/Rail
LM2902D	SO–14	–40° to +105°C	55 Units/Rail
LM2902DR2	SO–14		2500 Tape & Reel
LM2902DTB	TSSOP–14		96 Units/Rail
LM2902DTBR2	TSSOP–14		2500 Tape & Reel
LM2902N	PDIP–14		25 Units/Rail
LM2902VD	SO–14	–40° to +125°C	55 Units/Rail
LM2902VDR2	SO–14		2500 Tape & Reel
LM2902VDTB	TSSOP–14		96 Units/Rail
LM2902VDTBR2	TSSOP–14		2500 Tape & Reel
LM2902VN	PDIP–14		25 Units/Rail
NCV2902DR2	SO–14		2500 Tape & Reel

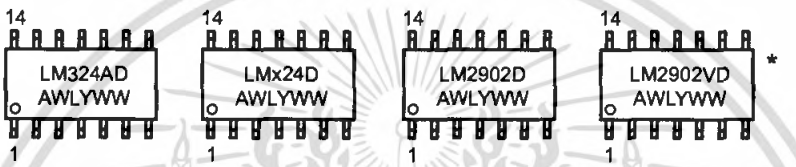
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MARKING DIAGRAMS

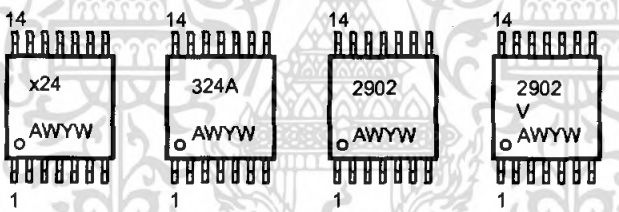
PDIP–14
N SUFFIX
CASE 646



SO–14
D SUFFIX
CASE 751A



TSSOP–14
DTB SUFFIX
CASE 948G

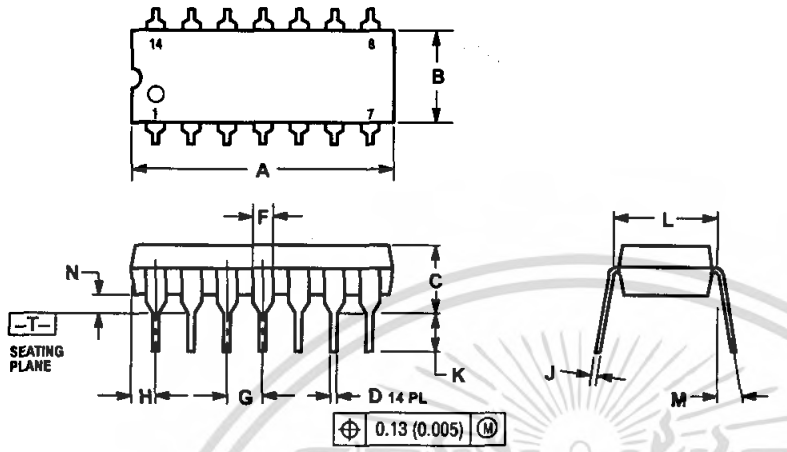


x = 2 or 3
A = Assembly Location
WL = Wafer Lot
YY, Y = Year
WW, W = Work Week
*This marking diagram also applies to NCV2902.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGE DIMENSIONS

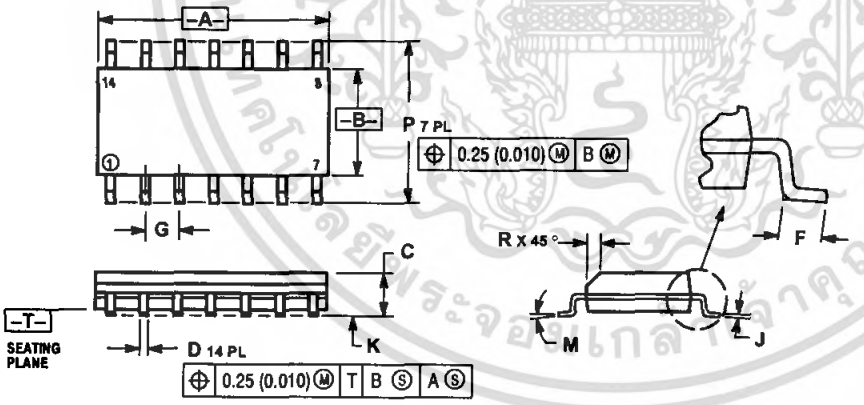
PDIP–14
N SUFFIX
CASE 646–06
ISSUE M



NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
3. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
4. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.
5. ROUNDED CORNERS OPTIONAL.

	INCHES		MILLIMETERS	
DIM	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.715	0.770	18.16	18.80
B	0.240	0.260	6.10	6.60
C	0.145	0.185	3.69	4.69
D	0.015	0.021	0.38	0.53
F	0.040	0.070	1.02	1.78
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.052	0.095	1.32	2.41
J	0.008	0.015	0.20	0.38
K	0.115	0.135	2.92	3.43
L	0.290	0.310	7.37	7.87
M	---	10°	---	10°
N	0.015	0.039	0.38	1.01

SO–14
D SUFFIX
CASE 751A–03
ISSUE F



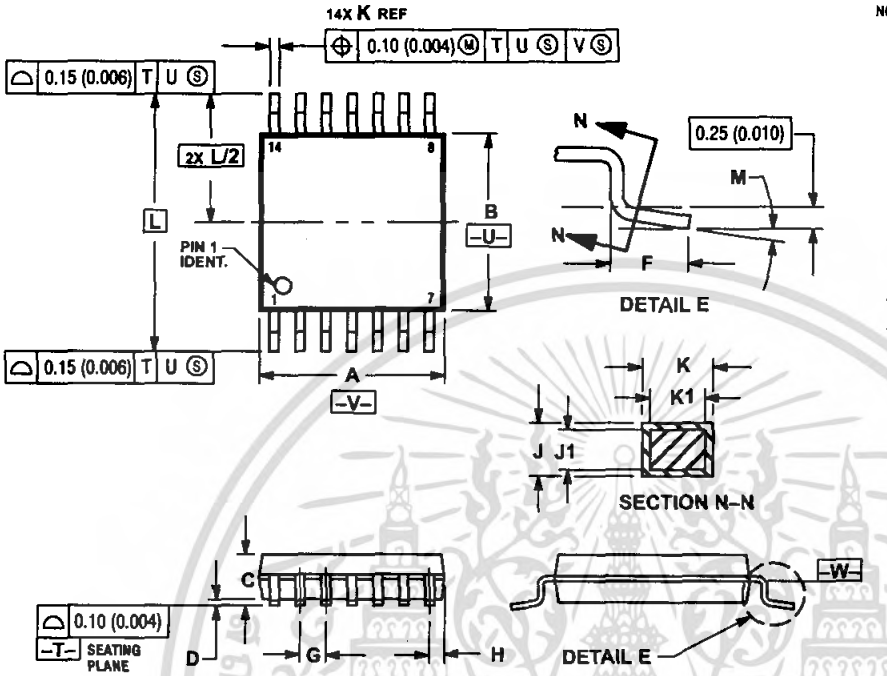
NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
3. DIMENSIONS A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006) PER SIDE.
5. DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.127 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF THE D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

	MILLIMETERS		INCHES	
DIM	MIN	MAX	MIN	MAX
A	8.55	8.75	0.337	0.344
B	3.80	4.00	0.150	0.157
C	1.35	1.75	0.054	0.068
D	0.35	0.49	0.014	0.019
F	0.40	1.25	0.016	0.049
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
J	0.19	0.25	0.008	0.009
K	0.10	0.25	0.004	0.009
M	0°	7°	0°	7°
P	5.80	6.20	0.228	0.244
R	0.25	0.50	0.010	0.019

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGE DIMENSIONS

TSSOP–14
DTB SUFFIX
CASE 948G–01
ISSUE O



NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
3. DIMENSION A DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH, PROTRUSIONS OR GATE BURRS. MOLD FLASH OR GATE BURRS SHALL NOT EXCEED 0.15 (0.006) PER SIDE.
4. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE INTERLEAD FLASH OR PROTRUSION. INTERLEAD FLASH OR PROTRUSION SHALL NOT EXCEED 0.25 (0.010) PER SIDE.
5. DIMENSION K DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.08 (0.003) TOTAL IN EXCESS OF THE K DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.
6. TERMINAL NUMBERS ARE SHOWN FOR REFERENCE ONLY.
7. DIMENSION A AND B ARE TO BE DETERMINED AT DATUM PLANE -W-.

	MILLIMETERS		INCHES	
DIM	MIN	MAX	MIN	MAX
A	4.90	5.10	0.193	0.200
B	4.30	4.50	0.169	0.177
C	—	1.20	—	0.047
D	0.05	0.15	0.002	0.006
F	0.50	0.75	0.020	0.030
G	0.65 BSC		0.026 BSC	
H	0.50	0.60	0.020	0.024
J	0.09	0.20	0.004	0.008
J1	0.09	0.16	0.004	0.006
K	0.19	0.30	0.007	0.012
K1	0.19	0.25	0.007	0.010
L	6.40 BSC		0.252 BSC	
M	0°	8°	0°	8°

ON Semiconductor and ON are registered trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC (SCILLC). SCILLC reserves the right to make changes without further notice to any products herein. SCILLC makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does SCILLC assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in SCILLC data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. SCILLC does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. SCILLC products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the SCILLC product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use SCILLC products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold SCILLC and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that SCILLC was negligent regarding the design or manufacture of the part. SCILLC is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

PUBLICATION ORDERING INFORMATION

- **Literature Fulfillment:**
Literature Distribution Center for ON Semiconductor
P.O. Box 5163, Denver, Colorado 80217 USA
Phone: 303–675–2175 or 800–344–3860 Toll Free USA/Canada
Fax: 303–675–2176 or 800–344–3867 Toll Free USA/Canada
Email: ONlit@hibbertco.com

N. American Technical Support: 800–282–9855 Toll Free USA/Canada

JAPAN: ON Semiconductor, Japan Customer Focus Center
4–32–1 Nishi–Gotanda, Shinagawa–ku, Tokyo, Japan 141–0031
Phone: 81–3–5740–2700
Email: r14525@onsemi.com

ON Semiconductor Website: http://onsemi.com

For additional information, please contact your local Sales Representative.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2N3904

Silicon NPN Epitaxial
General Purpose Amplifier

REA03G0001-0200Z
Rev.2.00
Jul.22.2004

Features

- Low saturation voltage
- General purpose amplifier and switching
- The useful dynamic range extends to 100mA as a switch and to 100MHz as an amplifier

Outline

TO-92 (1)

1. Emitter
2. Base
3. Collector

Absolute Maximum Ratings

(Ta = 25°C)

Item	Symbol	Ratings	Unit
Collector to base voltage	V_{CBO}	60	V
Collector to emitter voltage	V_{CEO}	40	V
Emitter to base voltage	V_{EBO}	6	V
Collector current	I_C	200	mA
Total power dissipation	P_C	625	mW
Junction temperature	Tj	150	°C
Storage temperature	Tstg	–55 to +150	°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics

(Ta = 25°C)

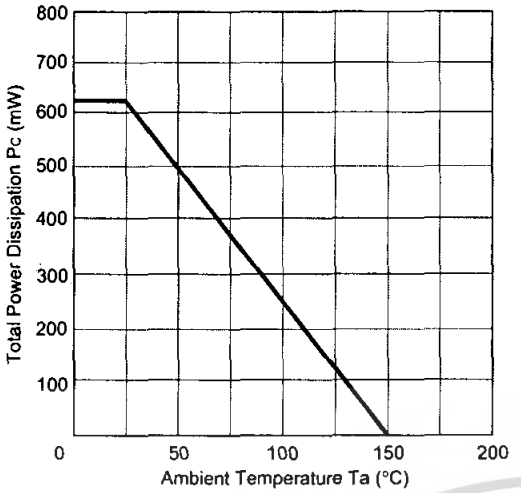
Item	Symbol	Min	Typ	Max	Unit	Test Conditions
Collector to base breakdown voltage	$V_{(BR)CBO}$	60	—	—	V	I_C = 10 μA, I_E = 0
Collector to emitter breakdown voltage	$V_{(BR)CEO}$	40	—	—	V	I_C = 1 mA, R_{BE} = ∞
Emitter to base breakdown voltage	$V_{(BR)EBO}$	6	—	—	V	I_E = 10 μA, I_C = 0
Base cutoff current	I_{BL}	—	—	50	nA	V_{CE} = 30 V, V_{EB} = 3 V
Collector cutoff current	I_{CEX}	—	—	50	nA	V_{CE} = 30 V, V_{EB} = 3 V
DC current transfer ratio	h_{FE}	40	—	—	—	V_{CE} = 1 V, I_C = 100 μA
		70	—	—	—	V_{CE} = 1 V, I_C = 1 mA
		100	—	300	—	V_{CE} = 1 V, I_C = 10 mA
		60	—	—	—	V_{CE} = 1 V, I_B = 50 mA
		30	—	—	—	V_{CE} = 1 V, I_B = 100 mA
Collector to emitter saturation voltage	$V_{CE(sat)}$	—	—	0.2	V	I_C = 10 mA, I_B = 1 mA
		—	—	0.3	V	I_C = 50 mA, I_B = 5 mA
Base to emitter saturation voltage	$V_{BE(sat)}$	0.65	—	0.85	V	I_C = 10 mA, I_B = 1 mA
		—	—	0.95	V	I_C = 50 mA, I_B = 5 mA
Gain bandwidth product	f_T	—	540	—	MHz	V_{CE} = 20 V, I_C = 10 mA
Collector output capacitance	C_{ob}	—	1.9	—	pF	V_{CE} = 5 V, I_E = 0, f = 1 MHz
Collector input capacitance	C_{ib}	—	5.9	—	pF	V_{CE} = 0.5 V, I_E = 0, f = 1 MHz
Noise figure	NF	—	1.0	—	dB	V_{CE} = 5 V, I_C = 0.1 mA, f = 1 MHz, R_g = 1 kΩ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

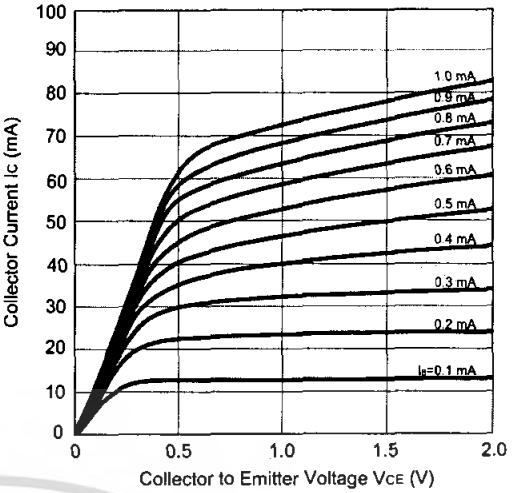
RENESAS

Main Characteristics

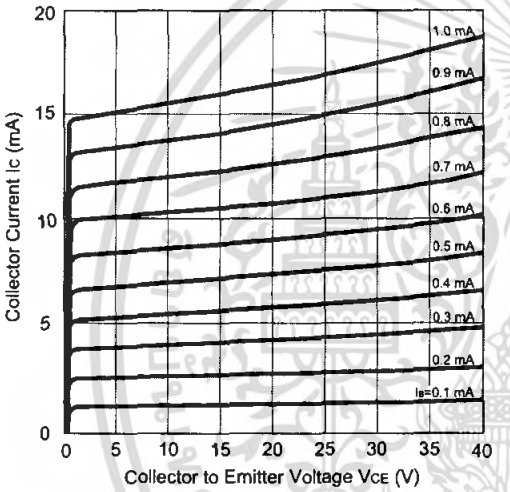
Total Power Dissipation Curve



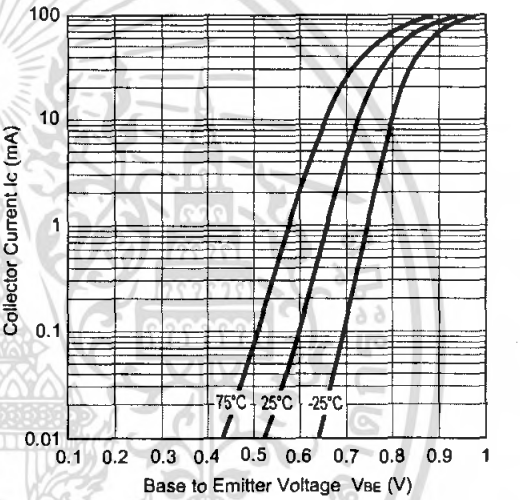
Typical Output Characteristics (1)



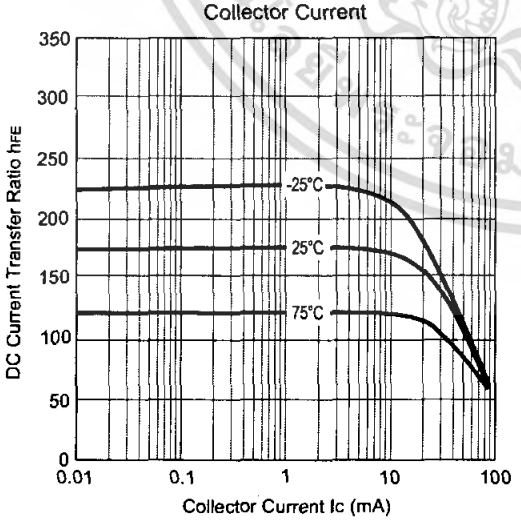
Typical Output Characteristics (2)



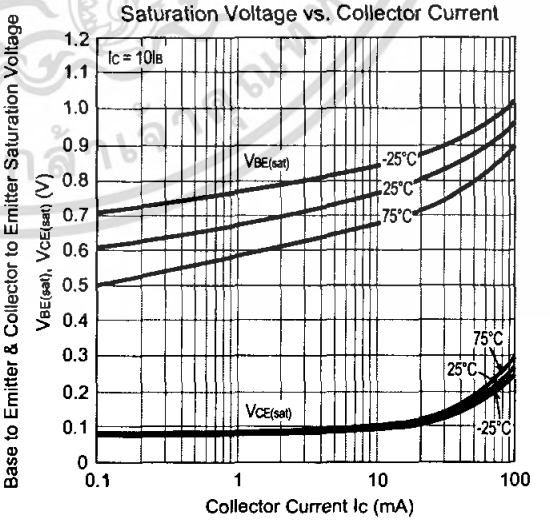
Typical Transfer Characteristics



DC Current Transfer Ratio vs. Collector Current



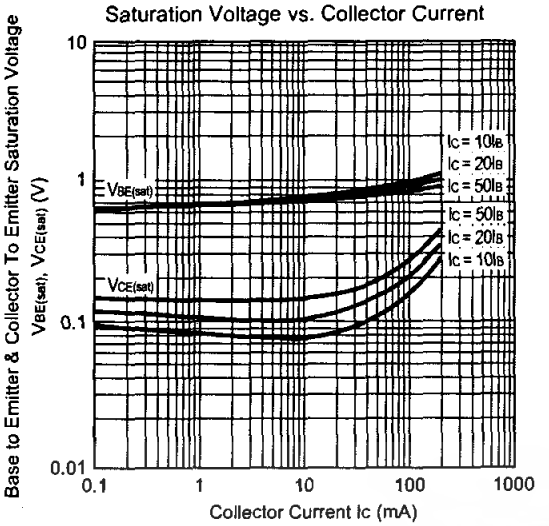
Base to Emitter & Collector to Emitter Saturation Voltage vs. Collector Current



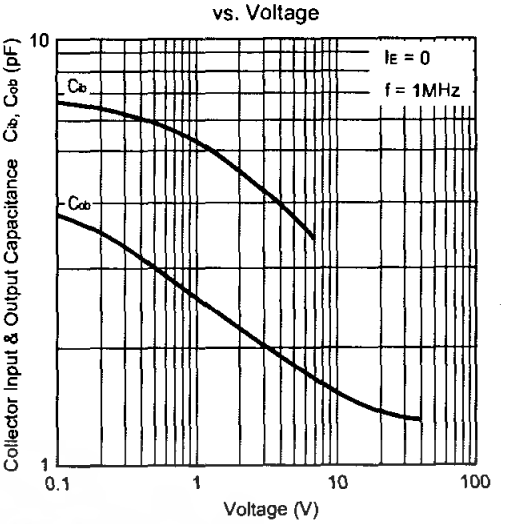
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

RENESAS

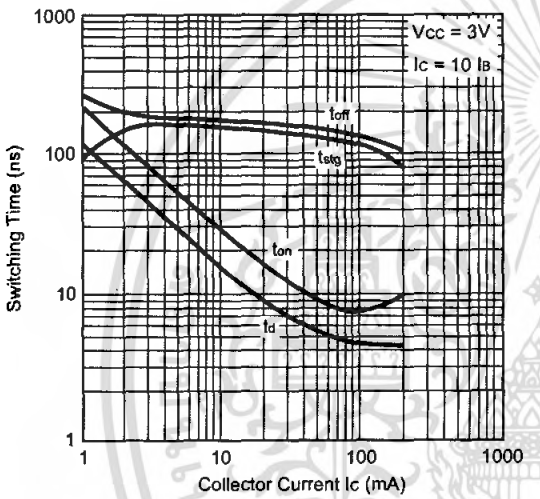
Base to Emitter & Collector to Emitter Saturation Voltage vs. Collector Current



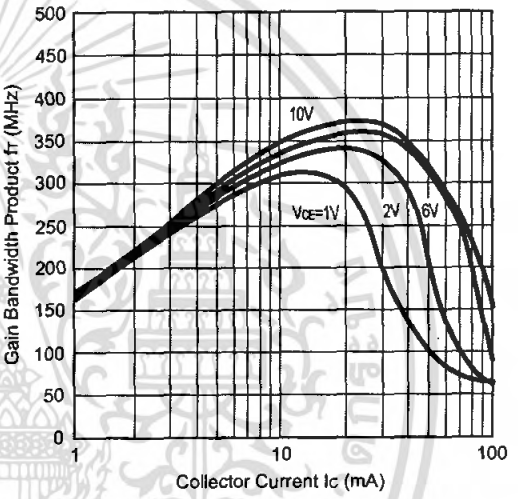
Collector Input & Output Capacitance vs. Voltage

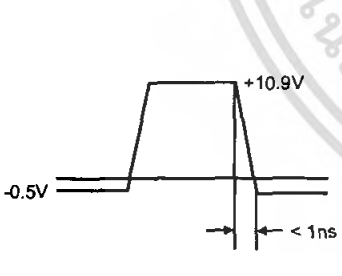


Switching Time vs. Collector Current



Gain Bandwidth Product vs. Collector Current





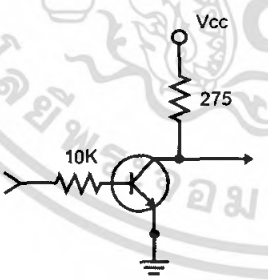
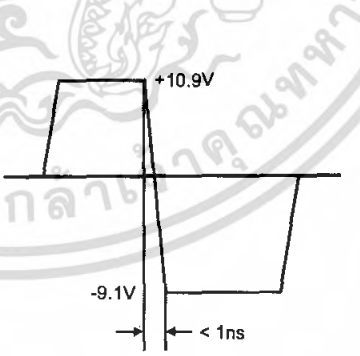


Figure 1 Delay and rise time equivalent test circuit



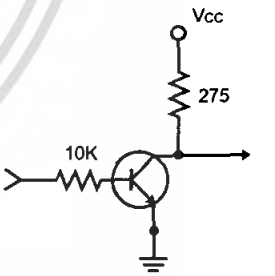
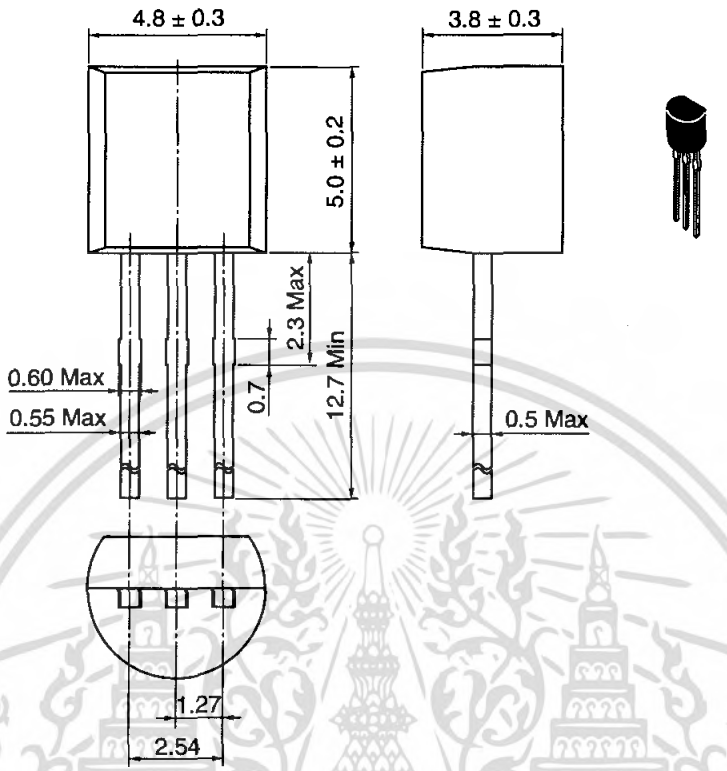


Figure 2 Storage and fall time equivalent test circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช

Package Dimensions

As of January, 2003
Unit: mm



Package Code	TO-92 (1)
JEDEC	Conforms
JEITA	Conforms
Mass (reference value)	0.25 g

Ordering Information

Part Name	Quantity	Shipping Container
2N3904	2500pcs	Radial Taping (Hold Box)

Note: For some grades, production may be terminated. Please contact the Renesas sales office to check the state of production before ordering the product.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Renesas Technology Corp. Sales Strategic Planning Div. Nippon Bldg., 2-6-2, Ohte-machi, Chiyoda-ku, Tokyo 100-0004, Japan

Keep safety first in your circuit designs!
1. Renesas Technology Corp. puts the maximum effort into making semiconductor products better and more reliable, but there is always the possibility that trouble may occur with them. Trouble with semiconductors may lead to personal injury, fire or property damage.
Remember to give due consideration to safety when making your circuit designs, with appropriate measures such as (i) placement of substitutive, auxiliary circuits, (ii) use of nonflammable material or (iii) prevention against any malfunction or mishap.

Notes regarding these materials
1. These materials are intended as a reference to assist our customers in the selection of the Renesas Technology Corp. product best suited to the customer's application; they do not convey any license under any intellectual property rights, or any other rights, belonging to Renesas Technology Corp. or a third party.
2. Renesas Technology Corp. assumes no responsibility for any damage, or infringement of any third-party's rights, originating in the use of any product data, diagrams, charts, programs, algorithms, or circuit application examples contained in these materials.
3. All information contained in these materials, including product data, diagrams, charts, programs and algorithms represents information on products at the time of publication of these materials, and are subject to change by Renesas Technology Corp. without notice due to product improvements or other reasons. It is therefore recommended that customers contact Renesas Technology Corp. or an authorized Renesas Technology Corp. product distributor for the latest product information before purchasing a product listed herein.
The information described here may contain technical inaccuracies or typographical errors.
Renesas Technology Corp. assumes no responsibility for any damage, liability, or other loss rising from these inaccuracies or errors.
Please also pay attention to information published by Renesas Technology Corp. by various means, including the Renesas Technology Corp. Semiconductor home page (http://www.renesas.com).
4. When using any or all of the information contained in these materials, including product data, diagrams, charts, programs, and algorithms, please be sure to evaluate all information as a total system before making a final decision on the applicability of the information and products. Renesas Technology Corp. assumes no responsibility for any damage, liability or other loss resulting from the information contained herein.
5. Renesas Technology Corp. semiconductors are not designed or manufactured for use in a device or system that is used under circumstances in which human life is potentially at stake. Please contact Renesas Technology Corp. or an authorized Renesas Technology Corp. product distributor when considering the use of a product contained herein for any specific purposes, such as apparatus or systems for transportation, vehicular, medical, aerospace, nuclear, or undersea repeater use.
6. The prior written approval of Renesas Technology Corp. is necessary to reprint or reproduce in whole or in part these materials.
7. If these products or technologies are subject to the Japanese export control restrictions, they must be exported under a license from the Japanese government and cannot be imported into a country other than the approved destination.
Any diversion or reexport contrary to the export control laws and regulations of Japan and/or the country of destination is prohibited.
8. Please contact Renesas Technology Corp. for further details on these materials or the products contained therein.

RENESAS

RENESAS SALES OFFICES

http://www.renesas.com

Renesas Technology America, Inc.
450 Holger Way, San Jose, CA 95134-1368, U.S.A
Tel: <1> (408) 382-7500 Fax: <1> (408) 382-7501

Renesas Technology Europe Limited.
Dukes Meadow, Millboard Road, Bourne End, Buckinghamshire, SL8 5FH, United Kingdom
Tel: <44> (1628) 585 100, Fax: <44> (1628) 585 900

Renesas Technology Europe GmbH
Dornacher Str. 3, D-85622 Feldkirchen, Germany
Tel: <49> (89) 380 70 0, Fax: <49> (89) 929 30 11

Renesas Technology Hong Kong Ltd.
7/F., North Tower, World Finance Centre, Harbour City, Canton Road, Hong Kong
Tel: <852> 2265-6688, Fax: <852> 2375-6836

Renesas Technology Taiwan Co., Ltd.
FL 10, #99, Fu-Hsing N. Rd., Taipei, Taiwan
Tel: <886> (2) 2715-2888, Fax: <886> (2) 2713-2999

Renesas Technology (Shanghai) Co., Ltd.
26/F., Ruijin Building, No.205 Maoming Road (S), Shanghai 200020, China
Tel: <86> (21) 6472-1001, Fax: <86> (21) 6415-2952

Renesas Technology Singapore Pte. Ltd.
1, Harbour Front Avenue, #06-10, Keppel Bay Tower, Singapore 098632
Tel: <65> 6213-0200, Fax: <65> 6278-8001

© 2004. Renesas Technology Corp., All rights reserved. Printed in Japan.

Colophon .1.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้