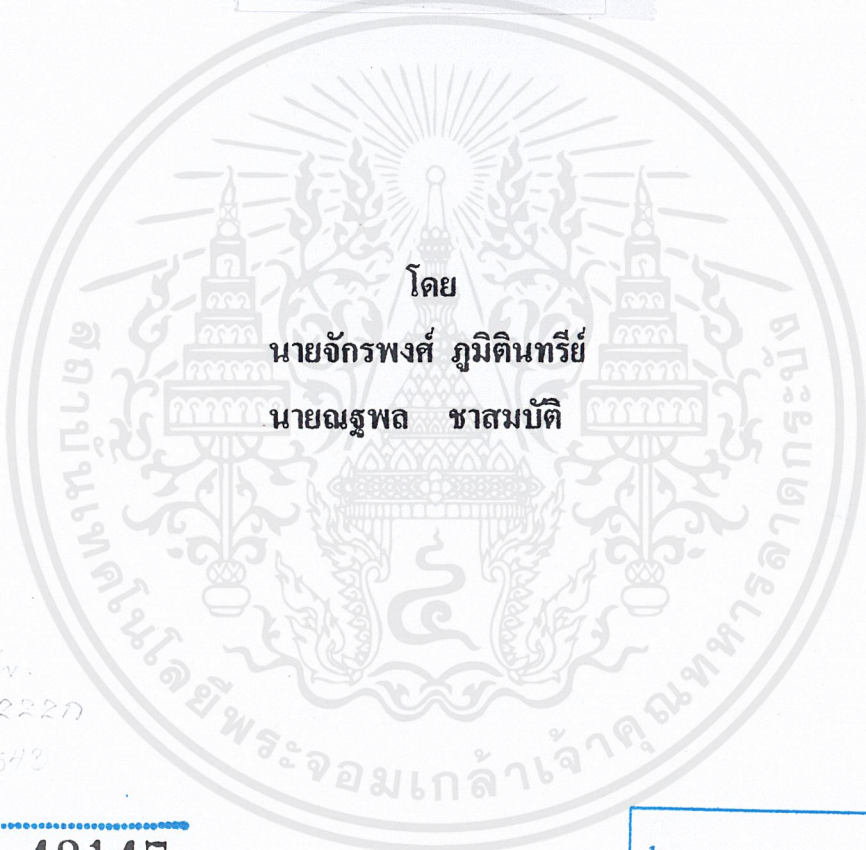


การสื่อสารไร้สายด้วยคอมพิวเตอร์

WIRELESS COMPUTER COMMUNICATION



โดย  
นายจักรพงษ์ ภูมิตินทรีย์  
นายณัฐพล ชาสมบัติ

รฟว.  
จ ๒๒๒๓  
๒๕๔๓

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 42147  
วัน, เดือน, ปี..... 14 พ.ค. 2545

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสื่อสารไร้สายด้วยคอมพิวเตอร์  
WIRELESS COMPUTER COMMUNICATION



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโท ปีการศึกษา 2543

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การสื่อสารไร้สายด้วยคอมพิวเตอร์

WIRELESS COMPUTER COMMUNICATION

ผู้จัดทำ

1. นายจักรพงษ์ ภูมิตินทรีย์ 40010114
2. นายณัฐพล ชาสมบัติ 40010207

น.ศ. นิตยา

อาจารย์ที่ปรึกษา

( รศ. นิตยา ลีถาวรจิ )



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสื่อสารไร้สายด้วยคอมพิวเตอร์

WIRELESS COMPUTER COMMUNICATION

โดย นายจักรพงษ์ ภูมิตินทรีย์ 40010114  
นายณัฐพล ชาสมบัติ 40010207

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. นิภา ลีลาสุทธิ

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการนำเสนอชุดอุปกรณ์สำหรับควบคุมการทำงานของอุปกรณ์หลาย ๆ ชนิดที่ต้องทำงานร่วมกัน โครงการนี้จะสามารถสั่งงานให้คอมพิวเตอร์ในเน็ตเวิร์กเดียวกัน ให้ทำการแลกเปลี่ยนข้อมูลและทำงานตามที่เครื่องหลักสั่งงานได้ โดยทำการควบคุมผ่านพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรม ซีรีส์พอร์ตที่ใช้จะพัฒนามาจากโปรแกรม Visual Basic 6.0 สำหรับติดต่อกับฮาร์ดแวร์และควบคุมการทำงานของระบบ

ABSTRACT

This project proposes equipment for group of hardware that need to work together. It can operates computers in same network to transfer data and status for main computer can controls all component. Project used computer's serial port to connect with other computers. Software develops from MS Visual Basic 6.0 language for control hardware and system.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 ระบบการสื่อสารโดยใช้แสง	10
รูปที่ 2.2 แสดงประสิทธิภาพทางคว้นดัมของสารกึ่งตัวนำชนิดต่าง ๆ	12
รูปที่ 2.3 วงจรสร้างสัญญาณอินฟราเรดอย่างง่าย	14
รูปที่ 2.4 บล็อกไดอะแกรมของตัวรับอินฟราเรด	15
รูปที่ 2.5 ไข่มมิ่งไดอะแกรมของวงจรับ	15
รูปที่ 2.6 วงจรจ่ายกำลังอย่างง่ายที่ใช้ทรานซิสเตอร์	16
รูปที่ 2.7 แสดงวงจรขับโหลด	17
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของวงจรภาคส่งอินฟราเรด	19
รูปที่ 3.2 แสดงการต่อใช้งานของไอซี 555	19
รูปที่ 3.3 บล็อกไดอะแกรมของวงจรภาครับอินฟราเรด	20
รูปที่ 3.4 แสดงส่วนประกอบของโมดูลรับอินฟราเรด	20
รูปที่ 3.5 แสดงวงจรรวมทั้งทางภาคเครื่องส่งและเครื่องรับ	21
รูปที่ 3.6 แสดงการส่งข้อมูล	22
รูปที่ 3.7 แสดงการหาสมาชิกใหม่	23
รูปที่ 3.8 แสดงการใส่ค่าในอาเรย์ลำดับ	24
รูปที่ 3.9 แสดงการทำงานรวม	25
รูปที่ 4.1 แสดงสัญญาณต่าง ๆ ที่ได้จากทางด้านส่งและทางด้านรับ ที่ความถี่ 600 Hz.	27
รูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณต่าง ๆ ที่ได้จากทางด้านส่งและทางด้านรับ ที่ความถี่ 1200 Hz.	28
รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณต่าง ๆ ที่ได้จากทางด้านส่งและทางด้านรับ ที่ความถี่ 2400 Hz.	29
รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณต่าง ๆ ที่ได้จากทางด้านส่งและทางด้านรับ ที่ความถี่ 4800 Hz.	30
รูปที่ 4.5 แสดงหน้าจอของโปรแกรมที่ทำการส่ง File ที่เป็นข้อมูลอักขระ และตัวเลข	31
รูปที่ 4.6 แสดงหน้าจอของโปรแกรมที่ทำการรับ File ที่เป็นข้อมูลอักขระ และตัวเลข	31
รูปที่ 4.7 แสดงหน้าจอของโปรแกรมโดยทำการส่ง File ที่เป็นรูปภาพ	32
รูปที่ 4.8 แสดงหน้าจอของโปรแกรมโดยทำการรับ File ที่เป็นรูปภาพ	32
รูปที่ 4.9 แสดงรูปวงจร	33
รูปที่ 4.10 แสดงรูปชิ้นงาน	33

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงรายละเอียดการต่อคอนเน็กเตอร์แบบ DB9 ตามมาตรฐาน RS-232-C	3
ตารางที่ 2.2 แสดง CommEvent Property เมื่อเกิดเหตุผิดพลาดใสการสื่อสาร	7
ตารางที่ 2.3 แสดง CommEvent Property เมื่อเกิดสถานะการสื่อสารขึ้น	8
ตารางที่ 2.4 แสดง Property ใน MSCOMM Control Property	8



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ	
สารบัญรูปภาพ	
สารบัญตาราง	
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีหรือหลักการ	2
2.1 มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ RS-232-C	2
2.1.1 สัญญาณข้อมูล	4
2.1.2 วงจรควบคุม	4
2.2 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม	5
2.3 การสื่อสารแบบ Synchronous และ Asynchronous	6
2.4 การสื่อสารผ่านทาง Serial Port ด้วย Verual Basic	6
2.4.1 MSCOMM CONTROL EVENTS	7
2.4.2 MSCOMM CONTROL PROPERTY	8
2.5 การสื่อสารโดยใช้แสง	9
2.5.1 แหล่งกำเนิดแสงและอุปกรณ์รับแสง	10
2.6 LED อินฟราเรดกำลังสูง	13
2.6.1 LED กำลังสูงที่ให้แสงย่านอินฟราเรด	13
2.6.2 คุณสมบัติของ LED อินฟราเรด	13
2.6.3 ระบบอินฟราเรด	14
2.7 เครื่องส่งและเครื่องรับอินฟราเรด	14
2.7.1 เครื่องส่งอินฟราเรด	14
2.7.2 เครื่องรับอินฟราเรด	15
2.8 การเพิ่มฟังก์ชันการควบคุม	15
2.9 วงจรจ่ายกำลังหรือวงจรขับเอาท์พุท	16
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	19
3.1 ส่วนของเครื่องส่งและเครื่องรับ	19
3.1.1 ส่วนของวงจรภาคส่งอินฟราเรด	19
3.1.2 ส่วนของวงจรภาครับอินฟราเรด	20
3.2 ส่วนของโปรแกรม	22
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	26
4.1 การทดลองด้านอุปกรณ์รับส่งสัญญาณอินฟราเรด	26
4.2 การทดลองด้านโปรแกรม	31

บทที่ 5 สรูปและวิจารณ์

ภาคผนวก

บรรณานุกรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

เนื่องจากการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกจะต้องใช้ RS-232-C ในการติดต่อ โดยการพัฒนาโปรแกรมในส่วนของคอมพิวเตอร์ได้เลือกใช้ Visual Basic ในการจัดทำโครงการดังกล่าว เพราะคิดว่า Visual Basic เป็นโปรแกรมที่ใช้เวลาในการเรียนรู้ไม่นานก็สามารถที่จะพัฒนาโปรแกรมใช้งานได้ไม่ยาก โดยมีจุดประสงค์หลัก คือ เพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ 2 เครื่องขึ้นไปสามารถสื่อสารส่งผ่านข้อมูลระหว่างกันได้โดยไม่ต้องใช้สายนำสัญญาณ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2 ทฤษฎีหรือหลักการ

### 2.1 มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ RS-232-C

การเชื่อมต่อแบบอนุกรมนั้นอาจจะกล่าวได้ว่า เป็นวิธีการเชื่อมต่อสื่อสารทั่วไปของอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ไม่ว่าจะมาจากผู้ผลิตรายใดก็ตาม แต่เนื่องจากว่าผู้ผลิตสินค้าทางอิเล็กทรอนิกส์ต่างก็ออกแบบพอร์ตสื่อสารอนุกรมของตนขึ้นมา ทำให้มีความแตกต่างกันในรายละเอียดของพอร์ตหรือวิธีในการรับส่งข้อมูล เพื่อให้แน่ใจว่าพอร์ตอนุกรมหนึ่งๆ นั้นสามารถที่จะติดต่อกับพอร์ตอนุกรมอื่นๆ ได้โดยไม่มีปัญหาทางด้านเทคนิค องค์การอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ของสหรัฐอเมริกา (EIA) ก็ได้กำหนดมาตรฐานของการเชื่อมต่อและคุณสมบัติของพอร์ตสื่อสารอนุกรมขึ้นมาในปี ค.ศ. 1969

ตัวองค์กร EIA เองนั้นนับได้ว่าเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ทั่วโลก ดังนั้นมาตรฐานดังกล่าวจึงกลายเป็นมาตรฐานสากลไปโดยปริยาย มาตรฐานอันหนึ่งที่ได้รับการรับรองโดย EIA แล้วก็คือมาตรฐานที่ 232 แบบ C หรือเป็นที่รู้จักกันในชื่อของ RS-232-C (Regulation Standard No. 232 Type C) มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบนี้มีความคล้ายคลึงกับมาตรฐาน CCITT V.24 และมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าใกล้เคียงกับมาตรฐาน CCITT V.28 และนอกจากนั้นก็มีความใกล้เคียงกับมาตรฐาน Mil-Std-188C ของกระทรวงกลาโหมสหรัฐฯ ด้วย

หลังจากนั้นในปี ค.ศ. 1970 EIA ได้กำหนดมาตรฐานใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่ามาตรฐาน RS-232-C ออกมาใหม่ ซึ่งก็ได้แก่มาตรฐาน RS-449, RS-422 และ RS-423 โดยที่มาตรฐานใหม่เหล่านี้จะมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าและคุณสมบัติทางกายภาพคล้ายๆ กัน ดังนั้นจึงถูกเรียกรวมๆ ไปว่าเป็นกลุ่มมาตรฐาน RS-449 แต่อย่างไรก็ตามทางบริษัท IBM และบริษัทผู้ผลิตเครื่องคอมพิวเตอร์ตระกูล PC (Personal Computer) อื่นๆ ก็ไม่ได้ให้ความสนใจมาตรฐานใหม่นี้เท่าไรนักถึงแม้ว่าจะสามารถส่งข้อมูลได้เร็วและระยะทางไกลกว่ามาตรฐาน RS-232-C ก็ตาม มีเพียงบริษัท Apple Computer เท่านั้นที่ได้นำเอามาตรฐานชุด RS-449 นี้ไปใช้กับผลิตภัณฑ์ Macintosh ของตน

มาตรฐาน RS-232-C นั้นแบ่งการเชื่อมต่อออกเป็น 2 ลักษณะคือ การต่อกับเทอร์มินอล (DTE : Data Terminal Equipment) และการต่อกับอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล (DCE : Data Communication Equipment) ซึ่งในกรณีปกตินั้น DCE จะต้องต่อเข้ากับ DTE เสมอ ยกตัวอย่างเช่น การต่อโมเด็มเข้ากับเครื่อง PC จะเป็นอุปกรณ์ DTE และโมเด็มก็จะเป็นอุปกรณ์ DCE

การเชื่อมต่อตามมาตรฐาน RS-232-C นั้นโดยปกติจะใช้คอนเน็กเตอร์รูปตัว D ชนิด 25 ขา กำหนดให้ปลายสายสัญญาณด้านหนึ่งที่เป็นคอนเน็กเตอร์ตัวผู้ใช้ต่อกับอุปกรณ์ DCE และปลายของสายสัญญาณอีกด้านหนึ่งจะต้องเป็นคอนเน็กเตอร์ตัวเมียใช้ต่อกับอุปกรณ์ DTE แต่ทว่ากฎและมาตรฐานนั้นมักจะถูกเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นผู้ผลิตอุปกรณ์คอมพิวเตอร์อื่น ๆ ก็ได้ออกแบบมาตรฐานคอนเน็กเตอร์แบบใหม่ออกมาเพื่อใช้แทนมาตรฐาน RS-232-C เดิม อย่างเช่นบริษัท IBM นั้นก็ได้ออกแบบคอนเน็กเตอร์แบบ 9 ขา ขึ้นมาใช้แทนคอนเน็กเตอร์แบบ 25 ขา และได้กำหนดให้เป็นมาตรฐานบน

เครื่อง IBM AT ซึ่ง IBM ในช่วงนั้นยังเป็นผู้นำทางด้านการพัฒนาเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลอยู่ คังนั้น ผู้ผลิตรายอื่นๆ ก็ได้นำเอามาตรฐานคอนเน็กเตอร์แบบใหม่ของ IBM ไปใช้เป็นมาตรฐานในผลิตภัณฑ์ของตนด้วย

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดการต่อคอนเน็กเตอร์แบบ DB9 ตามมาตรฐาน RS-232-C

หมายเลขขาสัญญาณ	ชื่อของสายสัญญาณ
1	Carrier Detect
2	Received Data
3	Transmitted Data
4	Data Terminal Ready
5	Signal Common
6	Data Set Ready
7	Request To Send
8	Clear To Send
9	Ring Indicator

จากตารางที่ 2.1 จะเห็นว่าสายนำสัญญาณที่ใช้ในมาตรฐาน RS-232-C นั้นจะมีทั้งหมด 9 เส้น ประกอบด้วย วงจรข้อมูล 2 วงจร คือ ขานำสัญญาณหมายเลข 2 และ 3 ซึ่งจะใช้ในการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครื่อง PC และ โมเด็ม ขานำสัญญาณหมายเลข 5 เป็นกราวด์ ส่วนวงจรชุดที่ 2 จะประกอบไปด้วย ขานำสัญญาณหมายเลข 7 และ 8 เป็นวงจรควบคุมสัญญาณที่เรียกว่า RTS และ CTS ซึ่งจะใช้ในการควบคุมการไหลของข้อมูลระหว่าง PC และ โมเด็ม (Hardware Flow Control) ขานำสัญญาณหมายเลข 6 ใช้บอก PC ว่าในขณะที่นั้นโมเด็มได้ทำการต่อเข้ากับสายโทรศัพท์เรียบร้อยแล้วและพร้อมที่จะส่ง ขานำสัญญาณหมายเลข 1 เป็นสัญญาณ Carrier Detect (CD) ใช้บอก PC ว่าในขณะที่นั้นโมเด็มได้รับสัญญาณพาหะ (carrier) อยู่หรือไม่ ขานำสัญญาณหมายเลข 4 (DTR : Data Terminal Ready) ใช้บอกโมเด็มว่าในขณะที่นั้นเทอร์มินอล (หรือ PC) พร้อมที่จะติดต่อกับโมเด็มหรือไม่ ส่วนขานำสัญญาณหมายเลข 9 จะใช้เป็นสัญญาณแสดงว่าในขณะที่นั้นโมเด็มได้รับสัญญาณกระดิ่งหรือไม่ ซึ่งมักจะไม่ได้ถูกนำมาใช้งานมากนัก

ในการสื่อสารแบบอนุกรมนี้ การที่จะทำให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สื่อสารกันได้ อย่างน้อยก็จำเป็นต้องใช้สายไฟฟ้าเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์สองตัวไม่ต่ำกว่าสองเส้น แต่จะเห็นว่ามาตรฐาน RS-232-C นั้นกำหนดให้คอนเน็กเตอร์มีขานำสัญญาณถึง 25 ขา ซึ่งอาจจะดูเหมือนว่าจะดูฟุ่มเฟือยเกินความจำเป็นจนเกินไป เหตุผลที่ต้องใช้คอนเน็กเตอร์แบบ 25 ขานี้ก็เพราะว่าอุปกรณ์สื่อสารแบบอนุกรมตามมาตรฐานนั้น จะต้องมียังวงจรไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับการรับส่งข้อมูลอยู่ตามวงจรด้วยกันก็คือ วงจรรับข้อมูล วงจรส่งข้อมูล และวงจรควบคุม ซึ่งมีสัญญาณที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารแบบอนุกรมอยู่เป็นจำนวนมาก คังที่จะกล่าวถึงรายละเอียดแยกเป็นประเภทดังต่อไปนี้

### 2.1.1 สัญญาณข้อมูล

ส่วนที่นับได้ว่าเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของมาตรฐาน RS-232-C ก็คือวงจรสำหรับส่งผ่านข้อมูล ซึ่งมีอยู่สองวงจรก็คือ วงจรที่ทำหน้าที่ส่งข้อมูลจาก DTE ไป DCE และอีกวงจรหนึ่งก็จะทำหน้าที่ตรงกันข้ามกับวงจรแรกก็คือ วงจรที่มีหน้าที่รับข้อมูลจาก DCE เพื่อส่งไปให้ DTE

ซึ่งเครื่อง PC นั้นจะส่งข้อมูลไปให้โมเด็มทางขานำสัญญาณหมายเลข 3 และรับข้อมูลกลับจากโมเด็มทางขานำสัญญาณหมายเลข 2 โดยใช้ขานำสัญญาณหมายเลข 5 เป็นกราวด์รวมทั้งสองวงจร

#### สัญญาณทางไฟฟ้าที่ขานำสัญญาณหมายเลข 2, 3 และ 5

มาตรฐาน RS-232-C นั้นจะให้ความสำคัญกับวิธีการส่งผ่านข้อมูลลงบนสายนำสัญญาณเป็นอย่างมาก โดยรูปแบบสัญญาณทางไฟฟ้าที่ใช้แทนข้อมูลนั้นก็ในรูปแบบสัญญาณง่ายๆ คือสัญญาณสี่เหลี่ยมที่ถูกสร้างจากไฟฟ้ากระแสตรงระดับแรงดันประมาณ 3 ถึง 25 โวลต์ แทนข้อมูล "0" และ -3 ถึง -25 โวลต์ จะแทนข้อมูล "1" สำหรับช่วงระดับแรงดัน -3 ถึง 3 โวลต์นั้นจะเป็นช่วงระดับแรงดันที่ใช้ในการแบ่งแยกระดับสถานะของสัญญาณระหว่างสถานะ "0" และสถานะ "1"

คุณสมบัติของสัญญาณแบบสี่เหลี่ยมนี้เมื่อถูกส่งออกมาในสายไฟฟ้าแบบธรรมดา มักจะเกิดความผิดเพี้ยนได้ง่าย เนื่องจากข้อจำกัดของสายนำสัญญาณหรืออาจมีสาเหตุมาจากสัญญาณรบกวนภายนอกอื่นๆ ทำให้การรับส่งข้อมูลมีระยะใช้งานอยู่ในช่วงที่จำกัด โดยเฉพาะการรับส่งข้อมูลที่มีความเร็วสูงนั้น คลื่นสี่เหลี่ยมจะเรียงชิดติดกัน จึงยังทำให้มีโอกาสเกิดความผิดพลาดของการรับข้อมูลได้ง่าย ดังนั้นมาตรฐาน RS-232-C จึงได้กำหนดความยาวของสายนำสัญญาณสำหรับการใช้งานที่ความเร็วต่างๆ ไว้ ยกตัวอย่างเช่น ถ้าหากจะใช้งานเชื่อมต่อตามมาตรฐาน RS-232-C ที่ความเร็วในการส่งข้อมูล 9600 BPS ก็จะมีระยะใช้งานได้ที่ระยะทางไม่เกินกว่า 50 ฟุต เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามคุณภาพของสัญญาณก็จะขึ้นอยู่กับคุณภาพของสายนำสัญญาณด้วยเช่นกัน

### 2.1.2 วงจรควบคุม

วงจรควบคุมของ RS-232-C นั้นมีอยู่ทั้งหมด 5 วงจร ซึ่งแต่ละวงจรจะมีหน้าที่ในการสร้างสัญญาณควบคุมต่างๆ ขึ้นมาเพื่อทำให้เครื่อง PC และโมเด็มทราบสถานะในการทำงานของกันและกันว่าอยู่ในสถานะใด โดยที่สัญญาณในวงจรควบคุมนั้นจะมีลักษณะทางกายภาพเช่นเดียวกับสัญญาณที่ปรากฏอยู่ในวงจรข้อมูล แต่โมเด็มส่วนใหญ่ๆนั้นไม่ได้ใช้วงจรควบคุมครบทุกวงจร นอกจากนี้ผู้ใช้ยังสามารถที่จะกำหนดให้โมเด็ม หรือ PC ไม่ตอบสนองต่อสัญญาณควบคุมบางอย่างได้ตามที่ต้องการ

ในการติดตั้งโมเด็มความเร็วสูงตั้งแต่ 9600 BPS ขึ้นไปนั้น การกำหนดพารามิเตอร์เกี่ยวกับสัญญาณควบคุมต่างๆ (Handshaking) เป็นเทคนิคสำคัญที่จะช่วยแก้ปัญหา หรือช่วยเพิ่มความเร็วในการรับส่งข้อมูลได้ ซึ่งจะกล่าวถึงการ โปรแกรม และกำหนดพารามิเตอร์ต่างๆ ของโมเด็มที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณควบคุมต่างๆ ให้สอดคล้องกับการทำงานนั้น จึงควรจะมี ความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับสัญญาณควบคุมต่างๆ เสียก่อน ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

## Request To Send และ Clear To Send (ขานำสัญญาณหมายเลข 7 และ 8)

วงจร RTS และ CTS นั้นเป็นวงจรที่ใช้สำหรับการควบคุมการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครื่อง PC และโมเด็ม โดยโมเด็มจะส่งสัญญาณ CTS สถานะ "ON" ให้แก่ PC เมื่อโมเด็มพร้อมที่จะรับข้อมูล และส่งสัญญาณ CTS สถานะ "OFF" เมื่อโมเด็มนั้นไม่พร้อมที่จะรับข้อมูลจากเครื่อง PC ได้ ในทำนองเดียวกันเครื่อง PC ก็จะทำให้สัญญาณ RTS สถานะ "ON" เมื่อ PC พร้อมที่จะรับข้อมูล และส่งสัญญาณ RTS สถานะ "OFF" เมื่อ PC ไม่พร้อมที่จะรับข้อมูลจากโมเด็ม วงจรควบคุมในส่วนนี้จะทำงานคล้ายกับสัญญาณไฟจราจรควบคุมการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครื่อง PC และโมเด็มนั่นเอง ซึ่งสัญญาณ RTS และ CTS นี้มีประโยชน์มากในการสื่อสารข้อมูลด้วยความเร็วสูง โดยสามารถป้องกันการล้นและสูญหายของข้อมูลได้เป็นอย่างดี

## Data Terminal Ready (ขานำสัญญาณหมายเลข 4) และ Data Set Ready (ขานำสัญญาณหมายเลข 6)

สัญญาณ DTR จะใช้เป็นที่บอกโมเด็มทราบว่าเครื่อง PC นั้นกำลังอยู่ในสถานะที่พร้อมจะติดต่อสื่อสารกับโมเด็มหรือไม่ และในกรณีเดียวกันสัญญาณ DSR นั้นก็จะใช้เป็นที่บอกให้เครื่อง PC ทราบว่าโมเด็มก็พร้อมที่จะติดต่อกับ PC หรือไม่ โดยที่สัญญาณ DSR นั้นจะอยู่ในสถานะ "ON" ก็ต่อเมื่อโมเด็มได้รับสัญญาณ DTR แล้ว

## Carrier Detect (ขานำสัญญาณหมายเลข 1) และ Ring Indicator (ขานำสัญญาณหมายเลข 9)

สัญญาณ CD นี้จะใช้เป็นที่บอก PC ให้ทราบว่าโมเด็มนั้นกำลังเชื่อมต่อกับโมเด็มเครื่องอื่นๆ และกำลังได้รับสัญญาณพาหะจากโมเด็มปลายทาง ส่วนสัญญาณ RI นั้นก็จะเป็นการบอกเครื่อง PC ให้ทราบว่ามีการเกิดสัญญาณกระดิ่งโทรศัพท์เรียกเข้ามาที่โมเด็ม ซึ่งโมเด็มส่วนใหญ่ในปัจจุบันก็มีวงจรที่ใช้ตอบรับโทรศัพท์โดยอัตโนมัติ (Auto-answer) อยู่ภายในตัวเองแล้ว จึงไม่จำเป็นต้องใช้งานสัญญาณ RI นี้ แต่ในบางกรณี โปรแกรมบางประเภทก็อาจจะใช้สัญญาณ RI นี้เป็นตัวกำหนดให้เริ่มทำการรันโปรแกรมอื่นๆ ได้เช่นกัน

## 2.2 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม

ข้อมูลที่ถูกส่งไปแบบอนุกรมนั้น โดยปกติแล้วจะเป็นข้อมูล "0" หรือ "1" เรียงต่อกันเป็นชุดๆ ซึ่งปกติแล้วข้อมูลที่ใช้สื่อสารกันทั่วไปจะประกอบไปด้วยข้อมูลจำนวน 8 บิตต่อหนึ่งตัวอักษร โดยข้อมูลแต่ละชุดนี้จะสามารถแทนตัวอักษรที่แตกต่างกันได้ถึง 256 แบบ ในเครื่อง PC ข้อมูลจะถูกเก็บอยู่ในรูปของข้อมูลขนาด 8 บิตหรือ 1 ไบต์อยู่แล้ว ไม่ว่าจะใช้ระบบปฏิบัติการ DOS, OS/2 หรือใช้เครื่อง PC ชนิด 32 บิตก็ตาม

ข้อมูลบางแบบนั้นอาจจะมีขนาดเพียง 7 บิต อย่างเช่นรหัส ASCII (American Standard Code for Information Interchange) ที่ใช้กันในคอมพิวเตอร์ทั่วๆ ไปนั่นก็เป็นรหัสขนาด 7 บิต ดังนั้นจึงใช้แทนตัวอักษรได้เพียง 128 ตัวเท่านั้น ยกตัวอย่างเช่น ตัวอักษร A นั้นจะมีรหัส ASCII ที่ใช้แทนมันคือ รหัสหมายเลข 41 (ดูในภาคผนวก)

ข้อมูลแบบอนุกรมจะถูกส่งไปตามสายนำสัญญาณโดยจะทยอยส่งออกไปทีละบิต ซึ่งบิตต่ำจะถูกส่งออกไปก่อน แล้วติดตามด้วยบิตที่สูงขึ้นมาเรื่อยๆจนครบชุดข้อมูลหนึ่งๆ สมมติว่าถ้าต้องการที่จะส่งตัวอักษร A ออกไปแบบอนุกรม ซึ่งตัวอักษร A นั้นมีรหัส ASCII ที่เป็นเลขฐานสองคือ 01000001 ดังนั้นบิตที่ถูกส่งออกไปก่อนก็คือ บิตที่อยู่ทางขวาสุดซึ่งก็คือ 1 นั่นเอง และหลังจากนั้นก็จะเป็น 0 ตัวถัดมาทางซ้ายเรียงต่อๆ กันตามลำดับไปจนครบชุดข้อมูล 1 ชุด

### 2.3 การสื่อสารแบบ Synchronous และ Asynchronous

การสื่อสารของเครื่อง PC ส่วนใหญ่นั้นเป็นแบบ Asynchronous ซึ่งก็หมายความว่าไม่มีการกำหนดช่วงเวลาตายตัวที่ใช้ส่งข้อมูลหนึ่งตัวอักษรออกไปที่พอร์ตอนุกรม นั่นก็หมายความว่า การส่งข้อมูลแต่ละครั้งนั้นจะต้องมีบิตเริ่ม (Start bit) และบิตสิ้นสุด (Stop bit) เป็นตัวกำหนดขอบเขตของข้อมูล บิตที่แสดงขอบเขตนี้จะถูกสร้างขึ้นโดยฮาร์ดแวร์จากวงจรสื่อสาร แต่สำหรับการสื่อสารแบบ Synchronous นั้นบิตเริ่มและบิตหยุดไม่มีความจำเป็นเนื่องจากเราได้กำหนดช่วงเวลาในการส่งข้อมูลต่อหนึ่งตัวอักษรไว้แล้ว

เมื่อ PC ได้ทำการเชื่อมต่อเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์โฮสต์อื่นๆ หรือศูนย์บริการข้อมูลอื่นๆ โมเด็มจะใช้การติดต่อแบบ Asynchronous เสมอ ส่วนการสื่อสารแบบ Synchronous นั้นจะใช้เฉพาะในงานพิเศษๆ ที่ต้องการความเร็วในการส่งข้อมูลสูงมาก เช่นการส่งข้อมูลระหว่าง LAN ซึ่งวงจรสื่อสารที่พบในเครื่อง PC ทั่วๆ ไปนั้นไม่สามารถทำงานในแบบ Synchronous ได้

การสื่อสารแบบ Synchronous นั้นมีประสิทธิภาพการทำงานที่สูงกว่าแบบ Asynchronous มาก แต่จะต้องการวงจรพิเศษที่ต้องใช้สำหรับการสื่อสารแบบ Synchronous โดยเฉพาะข้อมูลที่ส่งแบบ Synchronous นั้นจะไม่มีการขาดตอน โดยข้อมูลจะถูกแยกออกเป็นชุดๆ จากสัญญาณนาฬิกาที่ส่งไปพร้อมๆ กันในสายนำสัญญาณอีกเส้นหนึ่ง ดังนั้นจึงมีความเร็วในการส่งข้อมูลที่สูงมาก

หน้าที่ที่สำคัญของการสื่อสารแบบ Asynchronous คือ

ส่งสัญญาณ

1. เปลี่ยนสัญญาณแบบขนานจาก PC ทยอยส่งออกไปเป็นแบบอนุกรม
2. เพิ่มบิตเริ่มและบิตสิ้นสุด
3. เพิ่มสัญญาณควบคุมโมเด็มที่ต่อเชื่อม

รับสัญญาณ

1. เปลี่ยนสัญญาณเข้ามาแบบอนุกรมให้เป็นขนาน
2. ตรวจสอบความผิดพลาดของสัญญาณที่รับ
3. ตัดบิตเริ่มและบิตสิ้นสุดบิตออก
4. ส่งสัญญาณให้ว่า PC รู้ว่ารับสัญญาณไว้แล้ว

### 2.4 การสื่อสารผ่านทาง Serial Port ด้วย Visual Basic

การเขียนโปรแกรมสื่อสารผ่านทาง Serial Port ด้วย Visual Basic นั้น สิ่งที่ต้องเรียนรู้ประกอบไปด้วยรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ต้องมี MSCom Control ซึ่งก็จะมียอยู่แล้วเมื่อทำการติดตั้ง Visual Basic
  2. กำหนด Custom Control MSCOMM.OCX โดยการเลือก MSCOMM.OCX จากเมนู Project -> Components -> ที่ Control เลือก Microsoft Comm Control 6.0 (โครงการนี้ผู้จัดทำใช้ Visual Basic 6) จะได้ Control MSComm (รูปโทรศัพท์) ปรากฏในส่วนของ ToolBox
  3. นำ Control MSCOMM ไปไว้ใน Form ที่ต้องการใช้งาน
  4. กำหนด Properties ให้กับ Control เขียน function ที่เกี่ยวข้องกับ MSCOMM
- MSComm Control ใช้สำหรับการติดต่อกับ Serial Port ทั้งการรับและการส่งข้อมูลให้กับ Serial Port ซึ่งจะมีการติดต่อได้ 2 แบบ คือ

1. การสื่อสารแบบกระตุ้นด้วยเหตุการณ์ (Event-driven communications) หรือเป็นการเขียนโปรแกรมแบบกระตุ้นด้วยอินเทอร์รัพต์นั่นเอง โดยเมื่อมีข้อมูลเข้ามา ก็จะเกิด CommEvent ขึ้นกับ OnComm Events
2. การสื่อสารแบบโพลลิ่ง (Polling) โดยการวนรอบตรวจสอบข้อมูลจาก Serial Port ตลอดเวลา

MSComm Control ประกอบไปด้วย Events และ Properties ดังต่อไปนี้

#### 2.4.1 MSCOMM CONTROL EVENTS

MSComm Control จะมี Events เพียง Events เดียวเท่านั้น คือ OnComm Events ซึ่งประกอบไปด้วย CommEvent property ดังต่อไปนี้

- เมื่อเกิดเหตุผิดพลาดในการสื่อสาร จะแสดงใน CommEvent property ดังตารางที่ 2.2
- เมื่อเกิดสถานะการสื่อสารขึ้น จะแสดงใน CommEvent property ดังตารางที่ 2.3

ซึ่ง CommEvent ดังกล่าวจะเกิดขึ้นตามสถานะการสื่อสาร เราได้กำหนดไว้อย่างไร ซึ่งหากเป็นการเขียนโปรแกรมติดต่อสื่อสารแบบธรรมดาจะใช้เพียงไม่กี่ CommEvent เท่านั้น เช่น ComEvReceiver, ComEvSend ส่วนที่แสดงทั้งหมดนั้นจะใช้ก็ต่อเมื่อเราได้กำหนดให้มีเงื่อนไขมากขึ้นในการตรวจสอบสายสัญญาณ โดยเฉพาะการสื่อสารผ่านทางโมเด็ม

ตารางที่ 2.2 แสดง CommEvent Property เมื่อเกิดเหตุผิดพลาดในการสื่อสาร

CommEvent Property	ความหมาย
ComEventBreak	ได้รับสัญญาณเบรก
ComEventCDTO	เกิดการไทม์เอาต์ ขณะที่กำลังรอสัญญาณ CD (carrier Detect)
ComEventCTSTO	เกิดการไทม์เอาต์ ขณะที่กำลังรอสัญญาณ CTS (Clear To Send)
ComEventDSRTO	เกิดการไทม์เอาต์ ขณะที่กำลังรอสัญญาณ DSR (Data Set Ready)
ComEventFrame	เกิดความผิดพลาดทางเฟรม คือ ไม่พบบิตสิ้นสุดตามที่ควรจะเป็น
ComEventOverrun	เกิดความผิดพลาดโอเวอร์รัน คือ การที่รับข้อมูลไม่ทันในการประมวลผล
ComEventRxOver	บัฟเฟอร์รับข้อมูลเกิดโอเวอร์โฟลว์หรือรับตัวอักษรหลังจากการรับ EOF Char

ComEventRxParity	เกิดความผิดพลาดทางพริตตี้ คือ ตัวอักษรที่รับ ได้มีบิตพริตตี้ไม่ถูกต้อง
ComEventTxFull	บัฟเฟอร์ส่งข้อมูลเต็ม
ComEventDCB	ความผิดพลาดที่เกิดขึ้น โดยไม่ได้คาดถึง

ตารางที่ 2.3 แสดง CommEvent Property เมื่อเกิดสถานะการสื่อสารขึ้น

CommEvent Property	ความหมาย
ComEvCD	CD (Carrier Detect) เปลี่ยนสถานะ ซึ่งก็คือสายสัญญาณ Receiver Line Signal Detect (RLSD)
ComEvCTS	CTS (Clear To Send) มีการเปลี่ยนสถานะเกิดขึ้น
ComEvDSR	DSR (Data Set Ready) มีการเปลี่ยนสถานะเกิดขึ้น
ComEvRing	ตรวจจับสัญญาณ Ring Indicator ได้
ComEvReceive	ได้รับข้อมูลเก็บลง InputBuffer
ComEvSend	ส่งข้อมูลออกจาก OutputBuffer
ComEvEof	พบอักขระ EOF

#### 2.4.2 MSCOMM CONTROL PROPERTY

MSCOMM Control Property ประกอบไปด้วย property ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 แสดง Property ใน MSCOMM Control Property

Property	ความหมาย
Break	กำหนดหรือเคลียร์สัญญาณเบรก
CDHolding	ตรวจสอบสัญญาณ Carrier Detect (CD) ว่ายังคงมีสถานะอยู่หรือไม่
CDTimeout	กำหนดค่าหรือให้ค่าของเวลา (หน่วย มิลลิวินาที) ที่รอสัญญาณ Carrier Detect (CD)
CommEvent	ให้ผลของการเกิด Event ของ Communication
CommID	ให้ผลของเฮดเคิลของ Communication ที่เปิด
CommPort	กำหนดหรือให้ผลของหมายเลขคอมพอร์ตที่เปิด
CTSHolding	ตรวจสอบสัญญาณ Clear To Send (CTS) ว่ายังคงมีสถานะอยู่หรือไม่
CTSTimeout	กำหนดค่าหรือให้ค่าของเวลา (หน่วย มิลลิวินาที) ที่รอสัญญาณ Clear To Send (CTS)
DSRHolding	ตรวจสอบสัญญาณ Data Set Ready (DSR) ว่ายังคงมีสถานะอยู่หรือไม่
DSRTimeout	กำหนดค่าหรือให้ค่าของเวลา (หน่วย มิลลิวินาที) ที่รอสัญญาณ Data Set Ready (DSR)
DTREnable	อีนาเบิล สายสัญญาณ Data Terminal Ready (DTR)
Handshaking	กำหนดการแฮนด์เชคทางฮาร์ดแวร์ เพื่อคอยตรวจสอบการรับส่งข้อมูล
InBufferCount	ให้ผลของจำนวนข้อมูลที่อยู่ในบัฟเฟอร์รับข้อมูล
InBufferSize	กำหนดหรือให้ผลของขนาดบัฟเฟอร์รับข้อมูล
Input	ให้ผลหรือย้ายข้อมูลจากบัฟเฟอร์รับข้อมูล
InputLen	กำหนดหรือให้ผลของจำนวนข้อมูลที่จะนำมาจากบัฟเฟอร์รับข้อมูล
Interval	กำหนดอัตราความเร็วสำหรับการใช้งานในโหมดโพลลิง
NullDiscard	กำหนดให้มีการรับ Null Character เก็บลงบัฟเฟอร์รับข้อมูล
OutBufferCount	จำนวนข้อมูลที่รออยู่ในบัฟเฟอร์ส่งข้อมูล

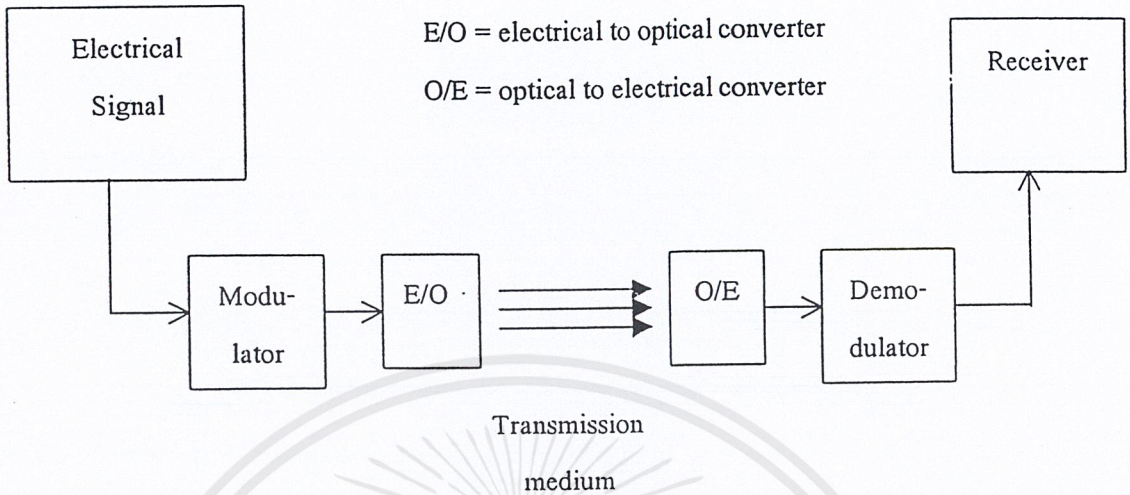
OutBufferSize	กำหนดหรือให้ผลขนาดของบัฟเฟอร์ส่งข้อมูล
Output	ส่งข้อมูลให้กับบัฟเฟอร์ส่งข้อมูลเพื่อส่งออก
ParityReplace	กำหนดให้ส่งอักขระนี้แทนหากเกิดการผิดพลาดในข้อมูล
PortOpen	กำหนดหรือให้ผลของสถานะพอร์ตว่าเปิดหรือปิดอยู่
Rthreshold	กำหนดหรือให้ผลของจำนวนข้อมูลที่เก็บลงบัฟเฟอร์รับข้อมูลก่อนการเกิด CommEvent ในการรับข้อมูล
RTSEnable	อินามิต สัญญาณ Request To Send (RTS)
Settings	กำหนดอัตราบอด พาริตี ข้อมูล บิตสิ้นสุด
Sthreshold	กำหนดหรือให้ผลของจำนวนข้อมูลที่เก็บลงบัฟเฟอร์ส่งข้อมูลก่อนการเกิด CommEvent ในการส่งข้อมูล

สิ่งสำคัญที่ต้องกำหนดเพื่อให้ MSComm Control ทำงานได้ คือ

1. กำหนด ComPort โดยใช้ CommPort Property เช่น `MSComm1.CommPort=1` ใช้ Com1
2. กำหนด Settings โดยใช้ Settings Property เช่น `MSComm1.Settings = "9600,N,8,1"` คือ กำหนดให้ 9600 baud , no parity , 8 data and 1 stop bit
3. กำหนด InputLen โดยใช้ InputLen Property เช่น `MSComm1.InputLen = 0` คือ ให้มีการอ่านข้อมูลมาทั้งหมดในบัฟเฟอร์เมื่อมีการใช้ Input Property
4. กำหนด PortOpen โดยใช้ PortOpen Property เช่น `MSComm1.PortOpen = True` เป็นการเปิด Port ใช้งาน
5. กำหนด Rthreshold โดยใช้ Rthreshold Property เมื่อต้องการใช้งาน Event-driven เช่น `MSComm1.Rthreshold = 1` ให้เกิด Event-driven ทุกครั้งเมื่อมีข้อมูลในบัฟเฟอร์รับข้อมูล

## 2.5 การสื่อสารโดยใช้แสง

แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูงมาก กล่าวคือ สูงถึงหลัก  $10^{14}$  Hz ในขณะที่คลื่นพาห์สูงสุดที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันอยู่ในหลัก  $10^{10}$  Hz เท่านั้น การที่คลื่นพาห์สูงขึ้นไปจะทำให้มีโอกาสที่จะได้แบนด์วิดท์ในการส่งสัญญาณกว้างขึ้น ซึ่งก็เท่ากับสามารถเพิ่มปริมาณของข่าวสารที่จะส่งในช่วงเวลาที่เท่ากัน เนื่องจากความถี่ที่สูงขนาดความถี่แสงนี้เป็นความถี่ที่สูงมาก และสูงเกินกว่าที่วงจรอิเล็กทรอนิกส์จะติดตามการเปลี่ยนแปลงได้ทัน เพราะฉะนั้นในระบบส่งและรับสัญญาณจึงอาศัยการเปลี่ยนความเข้มของแสงเป็นส่วนใหญ่ โดยด้านส่งจะมีอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนสัญญาณทางไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณทางแสง และทางด้านรับจะมีอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนสัญญาณทางแสงให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.1 สำหรับตัวกลางที่อยู่ระหว่างอุปกรณ์ทางด้านส่งและอุปกรณ์ทางด้านรับนั้นอาจจะเป็นบรรยากาศธรรมดาหรือสายออปติคัลไฟเบอร์ (optical fiber) ก็ได้ อย่างไรก็ตามตัวกลางที่ใช้ในการนำแสงได้ดีเยี่ยมคือสายออปติคัลไฟเบอร์ ซึ่งมีลักษณะพิเศษมากมาย อันดับรองลงมาก็คือ การส่งผ่านบรรยากาศ ซึ่งมีลักษณะพิเศษคือ เป็นวิธีที่ง่าย สะดวก และมีราคาถูก ความยาวคลื่นของแสงที่นำมาใช้ในงานสื่อสาร มีความยาวคลื่นยาวกว่าแสงที่สามารถมองเห็นได้ คือ อยู่ในช่วงอินฟราเรด (infrared) และ



รูปที่ 2.1 ระบบการสื่อสารโดยใช้แสง

ความยาวคลื่นที่ถูกนำมาใช้ในระบบจริง ๆ คือความยาวคลื่นประมาณ 0.85 ไมโครเมตร ซึ่งเป็นแสงในช่วงอินฟราเรดที่ไม่สามารถมองเห็นได้

### 2.5.1 แหล่งกำเนิดแสงและอุปกรณ์รับแสง (Optical light source and optical detector)

แหล่งกำเนิดแสงและอุปกรณ์รับแสง นับว่าเป็นอุปกรณ์หลักในระบบการสื่อสารโดยใช้แสง และความสามารถของอุปกรณ์ทั้งสองนี้จะเกี่ยวข้องโดยตรงกับความสามารถของระบบ ในเรื่องนี้จะกล่าวถึงคุณสมบัติที่จำเป็นและชนิดของอุปกรณ์ที่ใช้งานกันอยู่ในปัจจุบัน

#### 1) แหล่งกำเนิดแสง

แหล่งกำเนิดแสงในระบบการสื่อสารโดยใช้แสงจะทำหน้าที่เหมือนเครื่องกำเนิดสัญญาณคลื่นพาห์ในระบบสื่อสารโดยทั่วไป และเนื่องจากวิธีการส่งที่เชื่อถือได้ที่สุด คือการส่งแบบผ่านสายออปติคัลไฟเบอร์ ฉะนั้นเงื่อนไขที่จำเป็นของแหล่งกำเนิดแสงส่วนหนึ่งจึงถูกกำหนดจากคุณสมบัติของสายออปติคัลไฟเบอร์ด้วย เงื่อนไขที่จำเป็นสำหรับแหล่งกำเนิดแสงมีดังนี้คือ

- ความยาวคลื่นของแสงที่กำเนิดแสงที่ได้จากแหล่งกำเนิดแสงจะต้องมีความยาวคลื่นที่ความเชื่อถือได้สูง แหล่งกำเนิดแสงจะต้องมีความเชื่อถือได้สูง กล่าวคือมีอายุใช้งานยาวสามารถส่งผ่านไปใอากาศได้ดีเพราะมีผลต่อความเสียหายของสัญญาณที่ได้ทางด้านรับนาน โดยเฉพาะเมื่อคำนึงถึงการใช้กับระบบโทรศัพท์ที่มีการใช้แหล่งกำเนิดแสงอยู่หลาย ๆ จุดในสายเดียวกัน (เครื่องทวนสัญญาณทุกแห่งจะต้องมีแหล่งกำเนิดแสง) แหล่งกำเนิดแสงควรมีอายุการใช้งานเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 1 ล้านชั่วโมงหรือมากกว่า 100 ปี การที่ต้องการอายุใช้งานเฉลี่ยยาวถึงขนาดนี้ก็เพราะว่าถ้าในระบบมีการใช้แหล่งกำเนิด

แสงอยู่ 10 จุด และเมื่อจุดใดจุดหนึ่งเกิดใช้งานไม่ได้ก็จะทำให้ระบบรวมใช้งานไม่ได้ เมื่อเป็นเช่นนี้ โอกาสที่ระบบจะใช้งานไม่ได้ก็จะลดลงเป็น 1/10 ของอายุเฉลี่ยของแหล่งกำเนิดแสงนั้น นั่นคือลดลง เหลือเพียง 10 ปีเท่านั้น ดังนั้นอายุใช้งานเฉลี่ยของแหล่งกำเนิดแสงจึงควรจะยาวที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

- กำลังแสง (optical output) เมื่อคำนึงถึงการออกแบบระบบ ซึ่งจะต้องสูญเสียไปในสาย ออปติคัลไฟเบอร์หรือตัวกลางอื่น ๆ และความไวของอุปกรณ์รับแสงมีจำกัด กำลังแสงที่ได้จากแหล่งกำเนิดแสงจะต้องมีขนาดสูงเพียงพอ โดยทั่วไปมักจะต้องการกำลังแสงที่สูงกว่า 1 มิลลิวัตต์ขึ้นไป

- ประสิทธิภาพของแหล่งกำเนิดแสง คือ อัตราร้อยละของกำลังแสงที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับกำลังไฟ ฟ่ำที่ใช้ไป ถ้าประสิทธิภาพนี้ยิ่งสูงก็ยิ่งดี ถ้าประสิทธิภาพต่ำจะมีปัญหาในการป้อนกำลังไฟฟ้าให้แก่ ระบบ ปัจจุบันประสิทธิภาพที่ทำได้มีค่าประมาณ 10 %

นอกจากนี้แล้วเงื่อนไขที่จะทำให้ความสามารถของระบบสูงและการใช้งานสะดวกมีดังนี้คือ

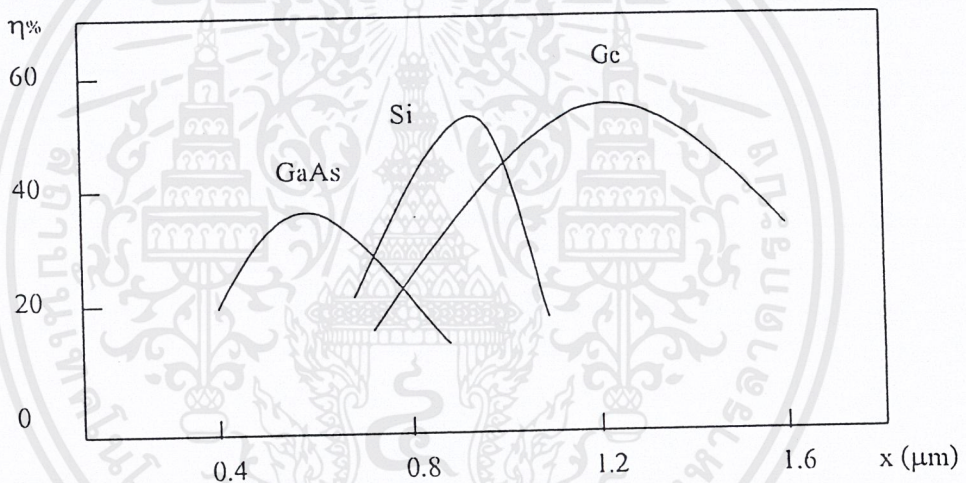
- แสงที่ได้จากแหล่งกำเนิดแสง ควรมีแถบความยาวคลื่นที่แคบมาก เพื่อให้สามารถส่งผ่าน สายออปติคัลไฟเบอร์และตัวกลางอื่น ๆ ได้ดีโดยมีการผิดเพี้ยนของรูปสัญญาณน้อย
- สามารถทำการมอดูเลตได้โดยง่าย การมอดูเลตสัญญาณข่าวสารเข้ากับสัญญาณแสงจะต้อง ทำได้โดยไม่มีปัญหาอะไรยุ่งยาก
- ขนาดเล็กและน้ำหนักเบา เมื่อคำนึงถึงการใช้งานในระบบจริง ๆ ขนาดเล็กและน้ำหนักเบา ย่อมจะได้เปรียบกว่า
- ราคาถูก ราคาของอุปกรณ์ควรจะถูกลงกว่าระบบที่ใช้งานอยู่ก่อนแล้ว

แหล่งกำเนิดแสงที่มีคุณสมบัติตรงตามเงื่อนไขดังกล่าวข้างต้น คือแหล่งกำเนิดแสงแบบสารกึ่ง ตัวนำ ซึ่งเป็นการนำเอาสารประกอบกึ่งตัวนำ (compound semiconductor) ชนิดต่าง ๆ มาจัดให้อยู่ใน โครงสร้างที่เหมาะสมที่สามารถทำให้กำเนิดแสงออกมา โดยการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า แหล่งกำเนิด แสงแบบสารกึ่งตัวนำมีอยู่ 2 ชนิด ซึ่งมีโครงสร้างแตกต่างกันคือ ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode ย่อว่า LED) และเลเซอร์ไดโอด (Laser Diode ย่อว่า LD) สำหรับชนิดของสารประกอบกึ่งตัวนำที่ ใช้นั้นจะเปลี่ยนไปตามความยาวคลื่นของแสงที่ต้องการสำหรับการสื่อสารโดยใช้แสงนั้น GaAlAs (Galium Aluminium Arsenide) เป็นสารประกอบกึ่งตัวนำชนิดแรกที่น่ามาใช้ แหล่งกำเนิดแสงที่ใช้สาร ประกอบกึ่งตัวนำชนิดนี้จะให้แสงที่มีความยาวคลื่นประมาณ 0.8 ไมโครเมตรได้ดีที่สุด แหล่งกำเนิดแสง แบบ LED เมื่อเปรียบเทียบกับแบบ LD แล้ว แบบ LED จะมีโครงสร้างที่ง่ายกว่า ทำให้ประดิษฐ์ได้ง่าย กว่าและราคาก็ถูกลง แต่การตอบสนองต่อความถี่สูงจะสู้แบบ LD ไม่ได้ และแถบความยาวคลื่นของ แสงที่เปล่งออกมาจะกว้างกว่าจึงทำให้ความสามารถในการส่งข่าวต่ำกว่าแบบ LD ดังนั้น LED จึงมักใช้ ในระบบที่ไม่ต้องการความสามารถสูงนัก ส่วน LD จะใช้ในระบบที่ต้องการความสามารถสูง เช่นใน ระบบโทรศัพท์ เป็นต้น

## 2) อุปกรณ์รับแสง

อุปกรณ์รับแสงเป็นอุปกรณ์ที่แปลงสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งเป็นอุปกรณ์สำคัญอย่างหนึ่งในระบบการสื่อสารโดยใช้แสง เงื่อนไขที่จำเป็นสำหรับอุปกรณ์รับแสงจะมีดังนี้ คือ ต้องมีความไวสูงในช่วงความยาวคลื่นของแสงที่ใช้งาน ต้องสามารถตอบสนองความถี่สูงได้ คือตอบสนองการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณแสงได้อย่างรวดเร็ว ระดับสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นต้องมีค่าต่ำ อุปกรณ์รับแสงโดยทั่วไปขณะที่แปลงสัญญาณแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้ามักจะมีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นพร้อมกันไปเสมอ อุปกรณ์รับแสงที่ดีจะต้องมีระดับสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นนี้ต่ำและต้องมีคุณสมบัติไม่เปลี่ยนแปลงไปตามเงื่อนไขภายนอก

เงื่อนไขที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ นับว่าเป็นเงื่อนไขที่จำเป็นสำหรับอุปกรณ์รับแสงทั้งสิ้นและอุปกรณ์รับแสงที่มีคุณสมบัติตรงตามเงื่อนไขเหล่านี้ เท่าที่พบในปัจจุบัน ก็คืออุปกรณ์รับแสงที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ



รูปที่ 2.2 แสดงประสิทธิภาพทางคว้นคัมของสารกึ่งตัวนำชนิดต่าง ๆ

รูปที่ 2.2 แสดงประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้าของสารกึ่งตัวนำชนิดต่าง ๆ ประสิทธิภาพที่แสดงไว้ในรูปเป็นประสิทธิภาพทางคว้นคัม ซึ่งหมายถึง อัตราของการเกิดโฟโตอิเล็กตรอน (photo electron) ของสารกึ่งตัวนำชนิดนั้น ๆ จากรูปจะเห็นได้ว่า Si (Silicon) และ GaAs (Galium Arsenide) จะมีประสิทธิภาพสูงที่ความยาวคลื่นบริเวณ 0.8 ไมโครเมตร สำหรับความยาวคลื่นที่สูงกว่า 0.9 ไมโครเมตรขึ้นไปนั้น Ge (Germanium) จะใช้ได้ดีกว่า

อุปกรณ์รับแสงแบบสารกึ่งตัวนำที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีอยู่ 2 แบบด้วยกัน คือ แบบโฟโตไดโอด (Photo Diode ; PD) และแบบอะวอลานซ์โฟโตไดโอด (Avalanche Photo Diode ; APD) แบบ PD เป็นแบบที่มีโครงสร้างง่ายกว่า สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นน้อยกว่า แต่ความไวและการตอบสนองความถี่สูงแบบ APD ไม่ได้ เพราะฉะนั้นในระบบที่ต้องการความสามารถสูงจะใช้ APD ส่วนในระบบที่ส่งแถบความถี่ไม่กว้างนักและระยะทางที่ส่งสัญญาณไม่ไกลนัก PD ก็จะใช้งานได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.6 LED อินฟราเรดกำลังสูง

เหตุผลที่เราเลือกใช้แสงในการสื่อสารทางโทรคมนาคมนั้นมีเหตุผลใหญ่ ๆ 2 ข้อคือ

- 1) สามารถป้องกันการสอดแทรกต่าง ๆ ทั้งยังทำให้เกิดความปลอดภัยในการสื่อสาร
- 2) สัญญาณภายนอกต่าง ๆ เช่นจากมอเตอร์ ไม่สามารถที่จะรบกวนได้

สำหรับย่านความถี่แสงที่เราใช้ส่งนี้จะใช้แสงในย่านอินฟราเรด

### 2.6.1 LED กำลังสูงที่ให้แสงย่านอินฟราเรด

รอยต่อ P-N ของ LED เป็นแหล่งกำเนิดโฟตอนที่ดีมากแต่ก็ไม่สามารถปล่อยโฟตอนออกมาได้ทั้งหมด เช่น รอยต่อของแกเลียมอาร์เซไนด์ (GaAs) ซึ่งให้แสงย่านใกล้อินฟราเรดทำให้เกิดโฟตอนประมาณ 88 เปอร์เซ็นต์เท่านั้นเนื่องจากโฟตอนที่ถูกปล่อยออกมาจากรอยต่อส่วนหนึ่งถูกสกัดกั้นโดยกรอบของชิ้นสาร

### 2.6.2 คุณสมบัติของ LED อินฟราเรด

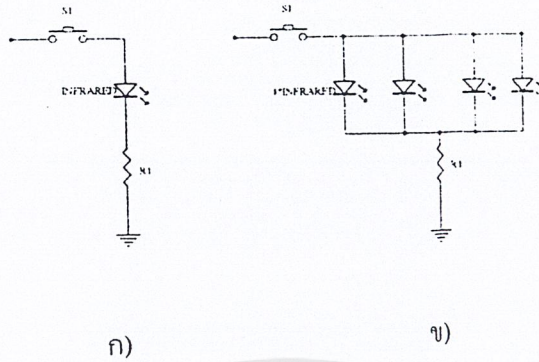
แรงดันตกคร่อมที่รอยต่อ P-N ของไดโอด ต้องมีค่ามากกว่าแรงดันเทอร์มิสโตนจึงจะสามารถทำให้ไดโอดนำกระแสได้ สำหรับซิลิกอนไดโอดแรงดันทำงานมีค่าประมาณ 0.6 โวลต์ ส่วน LED ที่ให้แสงในย่านที่ตามองเห็นได้ถ้าทำจากสาร GaP ซึ่งให้แสงสีเขียว จะมีค่าแรงดันประมาณ 2.1 ถึง 2.8 โวลต์ ถ้าเป็น LED ที่ทำจาก AlGaAs ให้แสงสีแดงมีแรงดันทำงาน 1.75 ถึง 2.5 โวลต์ ส่วน LED ที่ให้แสงใกล้ย่านอินฟราเรด ทำจากสาร GaAs มีแรงดันทำงาน 1.5 โวลต์ โดยให้แสงที่มีความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร และถ้าทำจาก AlGaAs จะให้แสงความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร ที่แรงดัน 1.75 โวลต์ พลังงานที่ได้จากการเปล่งแสงของ LED หาได้จากกระแสไบอัสตรงของไดโอด และต้องระวังไม่ให้กระแสส่วนนี้มีค่าสูงจนเกิดความร้อนอันจะทำอันตรายต่อชิ้นไดโอด

ซิลิกอน LED ที่ทำจาก GaAs ให้กำลังงานประมาณ 5 มิลลิวัตต์ที่กระแสไบอัสตรงค่าเดียวกัน ส่วนข้อดีของ LED ชนิด AlGaAs คือมี Rise time และ Fall time ที่เร็วกว่าคือประมาณ 0.5 ไมโครวินาที ในขณะที่ GaAs ซิลิกอนไดโอดมีค่า 1.5 ไมโครวินาที

ข้อดีอีกประการหนึ่งคือ การเปล่งแสงของ LED ที่มีความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร (AlGaAs) จะใกล้เคียงกับความยาวคลื่นที่ซิลิกอนโฟโตทรานซิสเตอร์มีความไวสูงสุดจึงเป็นการเหมาะสมที่จะใช้ LED ที่มีความยาวคลื่น 880 นาโนเมตรแทน LED ที่มีความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร

นอกจากนั้นแล้ว LED ที่ให้ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตรไม่สามารถถูกดูดกลืนโดยละอองน้ำเหมือน LED ชนิดที่ให้ความยาวคลื่น 940 นาโนเมตร จึงสามารถที่จะนำไปใช้ในการตรวจจับไอน้ำในอากาศได้

### 2.6.3 ระบบอินฟราเรด



ก) การไบอัสอินฟราเรดธรรมดา

ข) การไบอัสอินฟราเรดเพื่อเพิ่มปริมาณความเข้มของแสง

รูปที่ 2.3 วงจรสร้างสัญญาณอินฟราเรดอย่างง่าย

การใช้แสงอินฟราเรดเป็นสัญญาณควบคุมสามารถตัดปัญหาการรบกวนของแสงภายนอกอื่น ๆ ลงไปได้ ยิ่งกว่านั้นวงจรใช้งานของระบบอินฟราเรดยังเป็นวงจรที่ง่ายและไม่ซับซ้อนมีความเชื่อถือได้สูงในการใช้งาน

การส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดสามารถกระทำได้ด้วยวงจรง่าย ๆ ดังรูปที่ 2.3 (ก) ซึ่งประกอบด้วย LED ที่เปล่งแสงในย่านอินฟราเรดต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟโดยมีความต้านทาน R1 ทำหน้าที่จำกัดกระแส

สัญญาณแสงที่ส่งออกมาโดย LED เพียงตัวเดียวจะเหมาะกับการใช้งานในระยะใกล้ไม่กี่เมตรเท่านั้น การเพิ่มกำลังส่งของอินฟราเรดให้ไปได้ไกลขึ้นทำได้โดยใช้ LED หลายตัวต่อขนานกันดังรูป 2.3 (ข) ปัจจุบันมี LED ย่านอินฟราเรดรุ่นใหม่ที่ทำให้กำลังส่งหรือความเข้มแสงสูงพอช่วยให้สัญญาณไปได้ไกลกว่าเดิม

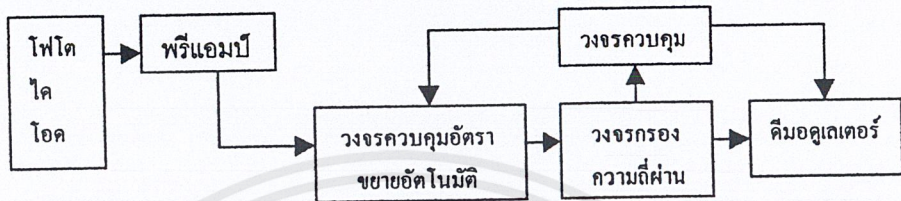
## 2.7 เครื่องส่งและเครื่องรับอินฟราเรด

### 2.7.1 เครื่องส่งอินฟราเรด

การเพิ่มกำลังส่งของอินฟราเรดนอกเหนือจากการเพิ่มจำนวน LED แล้ว อาจจะทำให้ได้โดยเพิ่มกระแสขับ LED ให้สูงสุดโดยใช้ความต้านทานที่มีค่าต่ำลง แต่ต้องระวังในเรื่องของกำลังงานเฉลี่ยที่ตกคร่อมตัว LED ต้องไม่เกินขอบเขตที่ LED จะทนได้ ซึ่งสามารถกระทำได้โดยการจำกัดช่วงเวลาในการทำงานของ LED ให้สั้นลงด้วยการใช้สัญญาณพัลส์เป็นตัวขับกระแสเบสของทรานซิสเตอร์ให้ LED ซึ่งสัญญาณพัลส์นี้สามารถนำมาจากเอาต์พุตของไอซี 555

## 2.7.2 เครื่องรับอินฟราเรด

วงจรรับสัญญาณอินฟราเรดพื้นฐานจะประกอบด้วยส่วนของตัวรับแสงที่ใช้โฟโตทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่แปลงสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า ในการติดตั้งโฟโตทรานซิสเตอร์เพื่อรับแสงควรมีแผ่นกรองแสงชนิดที่ให้แสงอินฟราเรดผ่านได้วางไว้ด้านหน้าเพื่อป้องกันการรบกวนของคลื่นแสงความถี่อื่นที่อาจตกกระทบเข้ามา ซึ่งวงจรรับสัญญาณอินฟราเรดพื้นฐานจะมี บล็อก ไดอะแกรมดังนี้

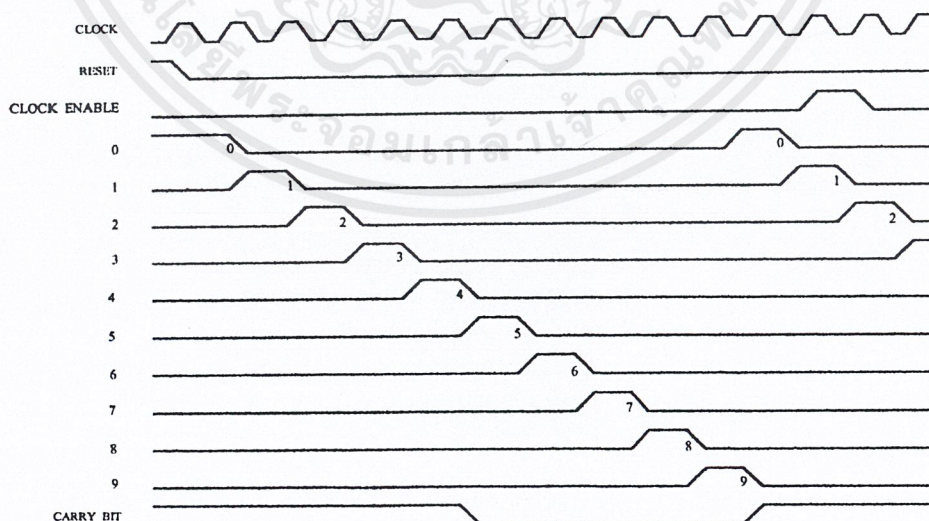


รูปที่ 2.4 บล็อกไดอะแกรมของตัวรับอินฟราเรด

จากบล็อกไดอะแกรมด้านบนพบว่าสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากโฟโตทรานซิสเตอร์จะถูกขยายด้วยวงจรพรีแอมป์ต่อจากนั้นสัญญาณที่ผ่านการขยายแล้วจะถูกควบคุมอัตราขยายอัตโนมัติและผ่านวงจรรองความถี่ผ่านหลังจากนั้นจะถูกคิมอคูเลเตอร์สัญญาณความถี่คลื่นพาหะออกจากสัญญาณข้อมูล ทำให้เราได้สัญญาณข้อมูลที่เครื่องรับเหมือนกับที่เครื่องส่งทำการส่งมา

## 2.8 การเพิ่มฟังก์ชันการควบคุม

เราสามารถเพิ่มฟังก์ชันการทำงานของระบบได้มากมายโดยใช้วงจรนับซึ่งมีไทม์มิงไดอะแกรม (Timing Diagram) ดังนี้

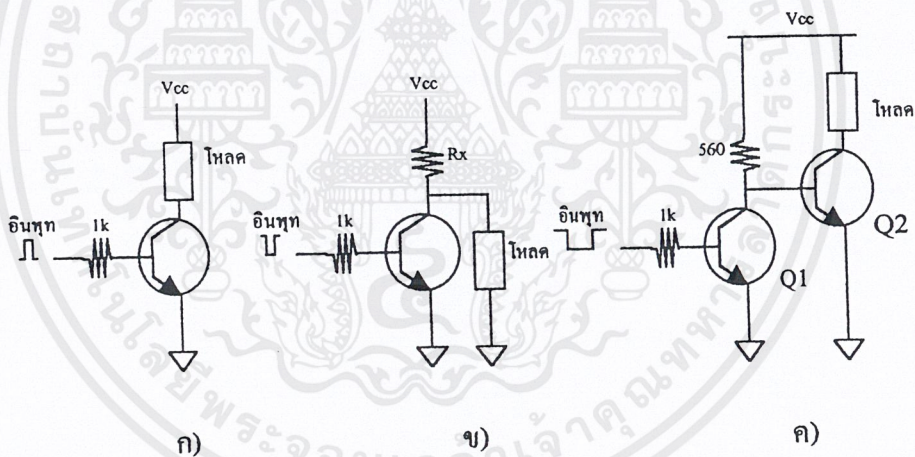


รูปที่ 2.5 ไทม์มิงไดอะแกรมของวงจรมับ

จากไทม์มิงไดอะแกรมจะเห็นว่าเมื่อมีสัญญาณนาฬิกาถูกแรกเข้ามาสัญญาณเอาต์พุตจะออกที่ Q1 และเมื่อมีสัญญาณนาฬิกาถูกต่อไปเข้ามาสัญญาณเอาต์พุตจะออกที่ Q2, Q3, Q4, ...ต่อไปเรื่อย ๆ จนถึง Q9 แล้วจะวนกลับมาที่ Q0 ใหม่เป็นเช่นนี้เรื่อยไป

## 2.9 วงจรจ่ายกำลังหรือวงจรขับเอาต์พุต

การนำสัญญาณควบคุมไปใช้จำเป็นต้องอาศัยชุดวงจรจ่ายกำลังสำหรับโหลดหรือวงจรขับโหลดทางอินพุต เพื่อจ่ายกระแสและแรงดันที่เหมาะสมกับโหลดแต่ละชนิด หากสัญญาณควบคุมถูกใช้เพียงแค่ว่าสำหรับขับ LED ให้สว่างหรือดับเพื่อแสดงสภาวะการทำงานก็อาจนำ LED ต่อเข้าโดยตรงกับสัญญาณควบคุมได้เลย (อาจเพิ่มตัวต้านทานเพื่อจำกัดกระแสอีกตัวหนึ่ง) แต่ถ้าหากต้องการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการกระแสและแรงดันมากกว่าที่ไอซีจะขับได้ต้องใช้ทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์หรือเป็นตัวขยายกระแสให้กับโหลด โดยใช้สัญญาณควบคุมเป็นตัวกำหนดลักษณะการทำงานของทรานซิสเตอร์อีกทอดหนึ่งโดยปกติสัญญาณควบคุมที่เรากล่าวถึงมักจะมีอยู่ในรูปสัญญาณดิจิทัลที่ขับออกมาจากไอซี



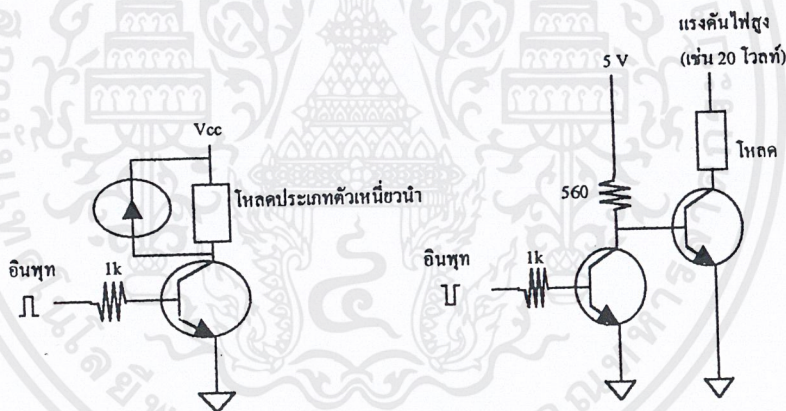
รูปที่ 2.6 วงจรจ่ายกำลังอย่างง่ายที่ใช้ทรานซิสเตอร์

จากวงจรจ่ายกำลังอย่างง่ายที่ใช้ทรานซิสเตอร์ในรูป ก) จะพบว่าโหลดจะทำงานเมื่ออินพุตเป็น “1” และค่าของกระแสที่โหลดต้องการจะต้องไม่เกินค่าของกระแสคอลเลกเตอร์ที่ถูกควบคุมโดยกระแสเบสซึ่งเป็นสัญญาณควบคุมในรูปดิจิทัล วงจรนี้สามารถใช้กับโหลดที่กินกระแสได้หลายแอมแปร์ เช่น ทรานซิสเตอร์กำลังสูงเบอร์ 2N3055 สามารถจ่ายกระแสให้โหลดได้มากถึง 15 แอมแปร์

สำหรับวงจรในรูป ข) มีหลักการการทำงานตรงข้ามกับรูป ก) คือ โหลดจะทำงานเมื่อสัญญาณอินพุตเป็น "0" ซึ่งทรานซิสเตอร์จะไม่ทำงาน ทำให้มีแรงดันตกคร่อมโหลดสูงเกือบเท่าแหล่งจ่าย  $V_{CC}$  ทำให้มีกระแสไหลผ่านตัวต้านทาน  $R_x$  ผ่านโหลดครบวงจร ในขณะที่อินพุตเป็น "1" ทรานซิสเตอร์จะทำงานทำให้แรงดันตกคร่อมโหลดเป็นศูนย์จึงไม่มีกระแสไหลผ่านโหลด

ส่วนวงจรในรูป ค) นั้นเป็นการรวมการทำงานในรูป ก) และ ข) เข้าด้วยกันคือเมื่ออินพุตเป็น "0" ทำให้ Q1 ไม่ทำงานจะมีแรงดันตกคร่อม  $V_{CE}$  สูงเกือบเท่าแหล่งจ่ายทำให้มีกระแสไหลผ่านตัวต้านทาน 560 โอห์ม ไบอัสให้ขาเบสของ Q2 ทำให้ Q2 ทำงานมีกระแสไหลผ่านโหลดครบวงจรแต่เมื่อสัญญาณอินพุตเป็น "1" จะทำให้ Q1 ทำงาน มีแรงดันตกคร่อม  $V_{CE}$  ของ Q1 เป็น 0 โวลต์ทำให้ Q2 ที่ขาเบสได้รับไบอัสกลับ จึงไม่มีกระแสไหลผ่านโหลด

ข้อสังเกต ในการใช้ทรานซิสเตอร์กำลังสูงกับโหลดที่ต้องการค่าแรงดันหรือกระแสมาก ๆ อาจต้องมีการใส่แผ่นระบายความร้อน (Heatsink) ให้กับทรานซิสเตอร์ด้วย



รูปที่ 2.7 แสดงวงจรขับโหลด

ในกรณีที่โหลดเป็นอุปกรณ์ประเภทตัวเหนี่ยวนำ เช่น ขดลวดในรีเลย์ มอเตอร์ไฟฟ้าหรือ กระจกไฟฟ้าเมื่อมีการป้อนไฟเข้าไปมันจะทำงานทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นรอบขดลวดนั้นและ ขณะที่ขดลวดเริ่มทำงานหรือหยุดทำงาน จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กกระทันหันขึ้นที่ขดลวดและจะเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า electromotive force (EMF) หรือเกิดการไหลย้อนกลับของแรงดันไฟฟ้านั้นเองซึ่งจะมีขนาดของแรงดันไฟฟ้าที่สูงมาก อาจเป็นอันตรายต่อวงจรควบคุมได้โดยเฉพาะตัวทรานซิสเตอร์ที่ขับโหลดนั่นเองจะเป็นตัวที่เสียหายก่อน เนื่องจากกระแสแรงดันที่ไหลย้อนกลับมานั้นมีทิศทางตรงกันข้ามกับกระแสและแรงดันเดิม จึงทำให้อุปกรณ์ที่ต่ออยู่กับขดลวดได้รับความเสียหาย

แต่ก็มีวิธีแก้ไขได้โดยการดัดวงจรกระแสที่ไม่ต้องการเหล่านี้ออกไปโดยใช้ไดโอดต่อคร่อมกับโหลดประเภทตัวเหนี่ยวนำ ในทางปฏิบัติอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการควบคุมมีความต้องการใช้แรงดันที่สูงกว่าแรงดันที่ใช้ควบคุม เช่น ใช้ไฟบ้าน 220 โวลท์ จึงมักนิยมใช้โหลดเป็นอุปกรณ์ประเภทรีเลย์เพื่อทำหน้าที่เป็นสวิตช์เปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่อ



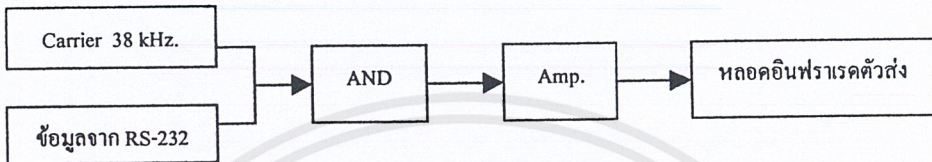
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3  
การคำนวณและการสร้าง

การทำงานเบื้องต้น

3.1 ส่วนของเครื่องส่งและเครื่องรับ

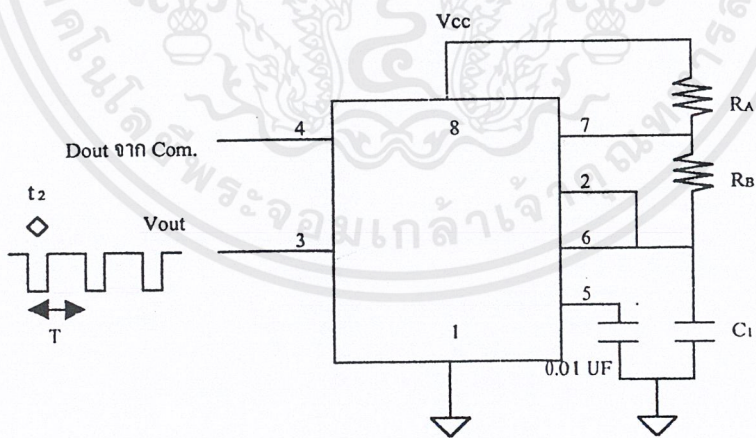
3.1.1 ส่วนของวงจรภาคส่งอินฟราเรด



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของวงจรส่งอินฟราเรด

จากบล็อกไดอะแกรมของวงจรภาคส่งอินฟราเรด ส่วนของวงจรสร้างคลื่นพาหะและมอดูเลตได้นำ LM555 มาประยุกต์ใช้ และส่วนของวงจรส่งอินฟราเรดใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ซึ่งมีหลักการทำงานแบบดังนี้

- 1) วงจรสร้างความถี่คลื่นพาหะ 1 kHz โดยใช้ไอซี 555 มาประยุกต์ใช้งานเป็นวงจรอะอสซิลเลเตอร์แบบตรีโวลเบรเตอร์สามารถคำนวณหาค่า RA และ RB ได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.2 แสดงการต่อใช้งานไอซี 555

จาก data sheet ของไอซี 555

$$t_2/T = \text{duty cycle} = \text{ช่วงเวลาขณะ off} / 1 \text{ คาบเวลา}$$

$$t_2 = 0.693R_B C$$

$$t_1 = 0.693(R_A + R_B)C$$

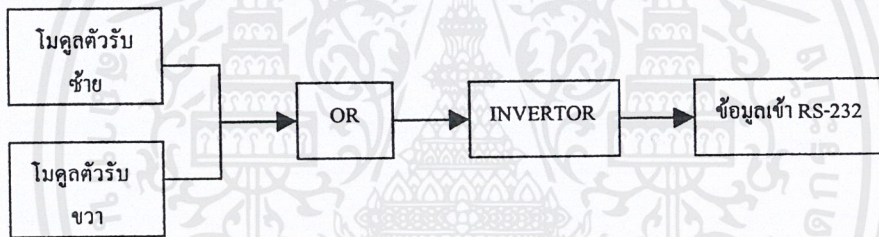
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อกำหนดให้ duty cycle = 7.0 เปอร์เซ็นต์และ  $f = 1 \text{ kHz}$  จะได้  $R_A = 1 \text{ k}\Omega$  และ  $R_B = 13 \text{ k}\Omega$
- BD139 เป็น npn transistor จะทำหน้าที่ในการช่วยขับกระแสให้กับ infrared diode โดยเราจะเลือกความต้านทาน  $15 \Omega$  ขับกระแสเบสของ BD139
  - ความต้านทานที่ต่ออยู่กับขาอิมิตเตอร์ของ BD139 จะช่วยจำกัดกระแสให้กับ infrared diode สำหรับโครงการนี้เลือกใช้  $2 \Omega$  จะทำให้ได้กระแส  $300 \text{ mA}$

### การทำงานของวงจรถ่ายทอด

เมื่อแหล่งจ่ายกำลังงานคือแบตเตอรี่ จ่ายกำลังงานให้กับ LM555 ซึ่งต่อเป็นวงจรถ่ายทอดพัลส์ 555 วัตต์ สัญญาณเอาต์พุตของไอซี 555 จะมีลักษณะ on เท่ากับ 7 เปอร์เซ็นต์ไปขับ LED ที่ต่อขนานกัน 2 ชุดเพื่อให้ LED ส่งสัญญาณออกไป

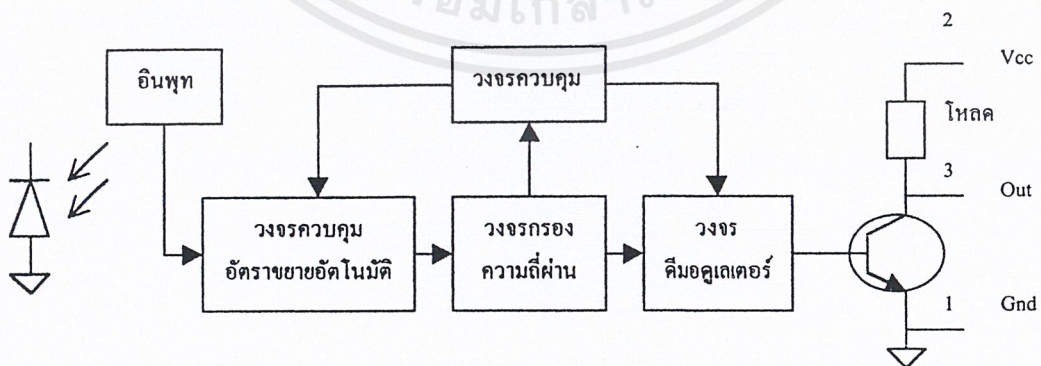
### 3.1.2 ส่วนของวงจรถ่ายทอดอินฟราเรด



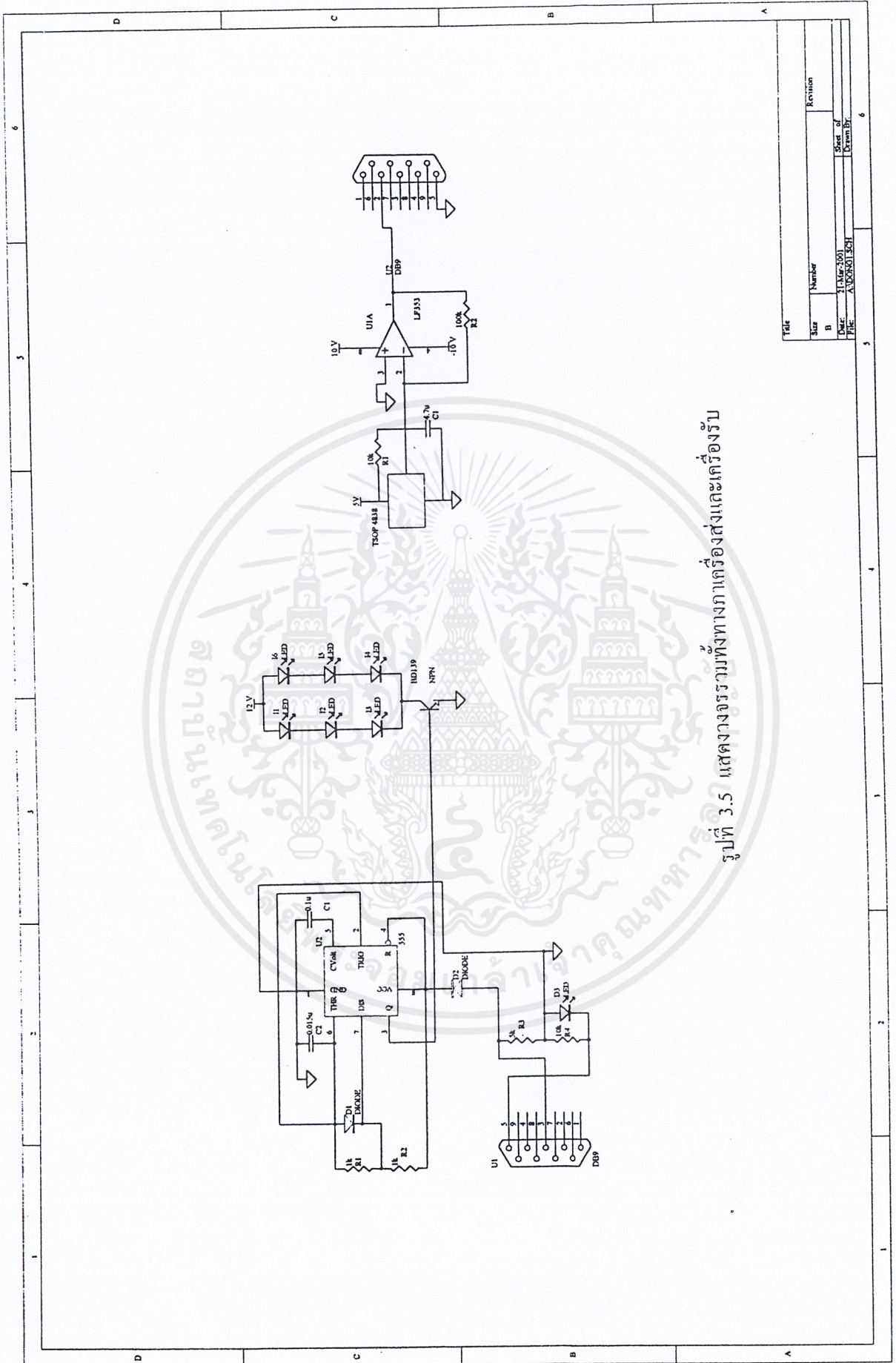
รูปที่ 3.3 บล็อกไดอะแกรมของวงจรถ่ายทอดอินฟราเรด

### การออกแบบวงจรถ่ายทอดอินฟราเรด

โมดูลรับอินฟราเรดเป็นการนำ TSOP4838 มาใช้ซึ่งภายในมีองค์ประกอบดังนี้



รูปที่ 3.4 แสดงส่วนประกอบของโมดูลรับอินฟราเรด



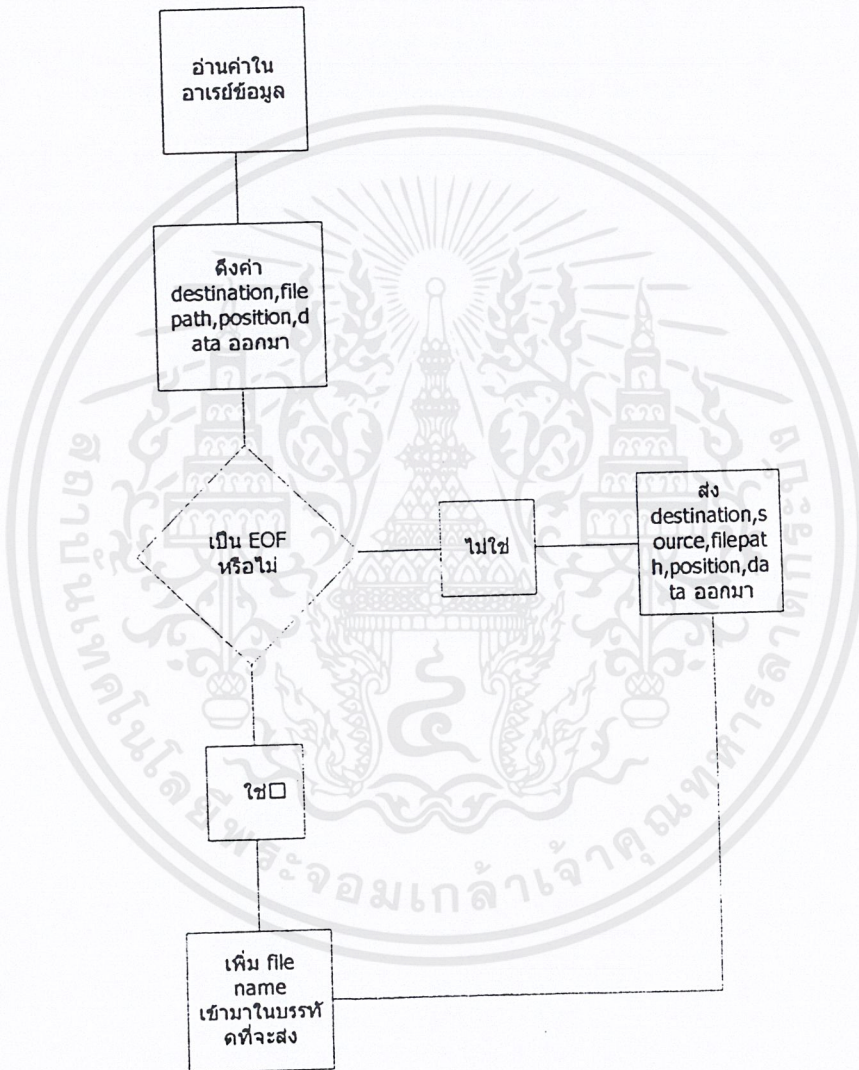
Title	Number	Revision
B		
DATE: 11/06/2561	Set of	
FILE: A202501324	Drawn By	

รูปที่ 3.5 แสดงวงจรรวมทั้งทางภาเครื่องส่งและเครื่องรับ

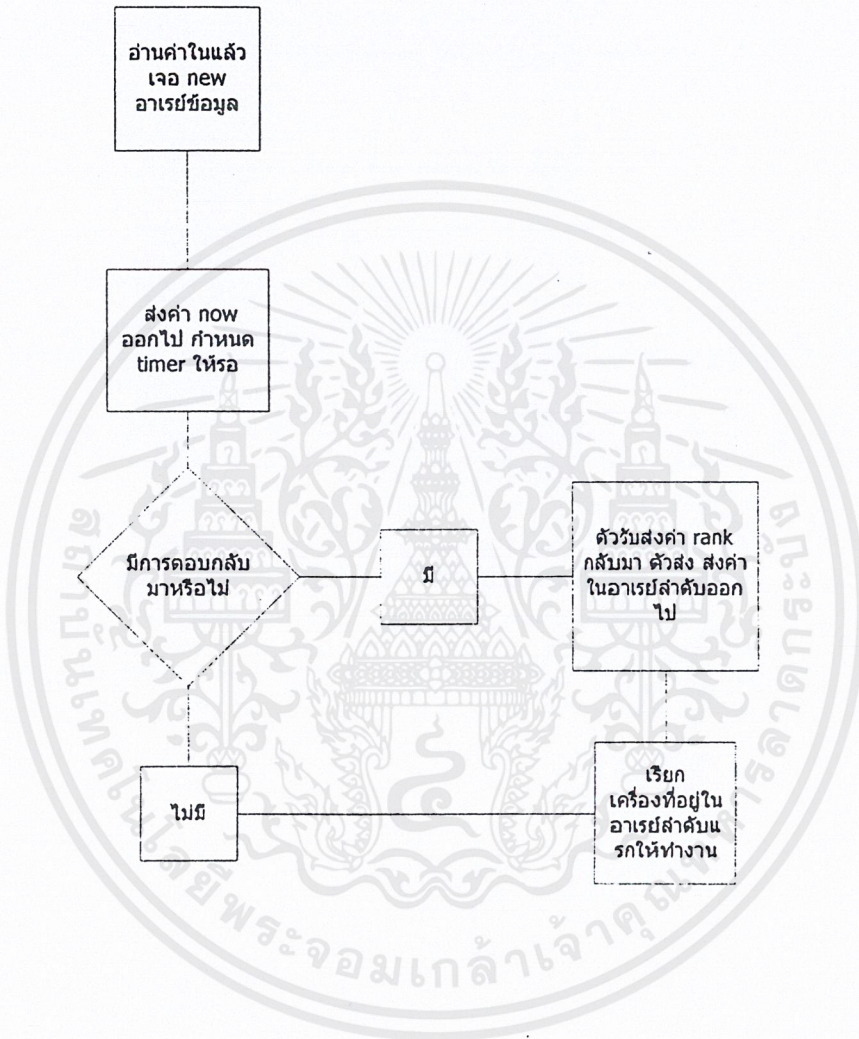
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 ส่วนของโปรแกรม

การเขียนโปรแกรมได้แสดงไว้ในภาคผนวก ซึ่งมีหลักการทำงานที่แสดงไว้เป็น Flow Chart ดังรูปที่ 3.6 ถึง รูปที่ 3.9

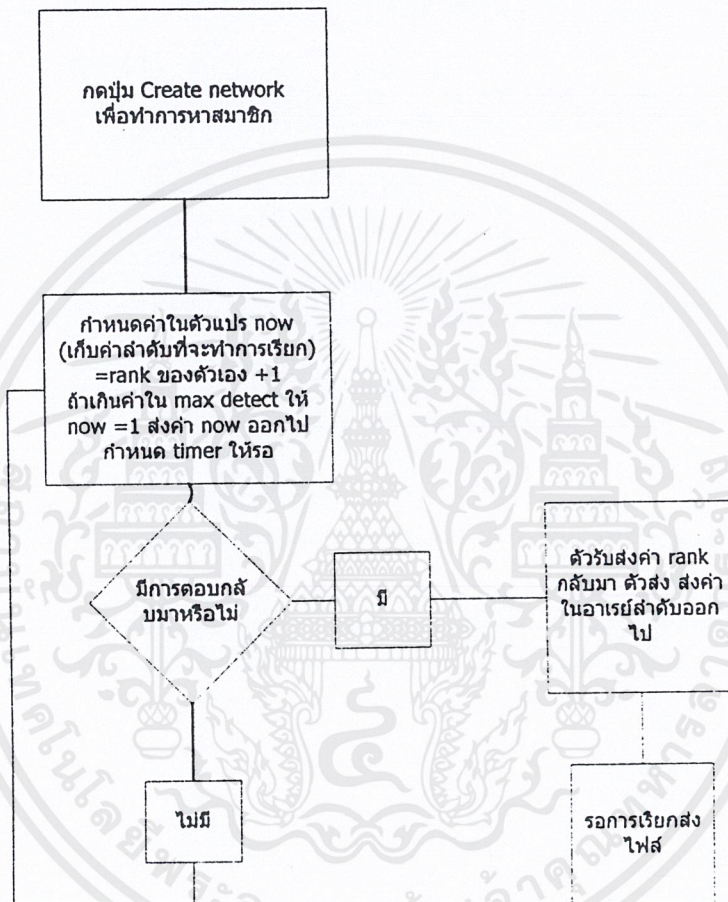


รูปที่ 3.6 แสดงการส่งข้อมูล

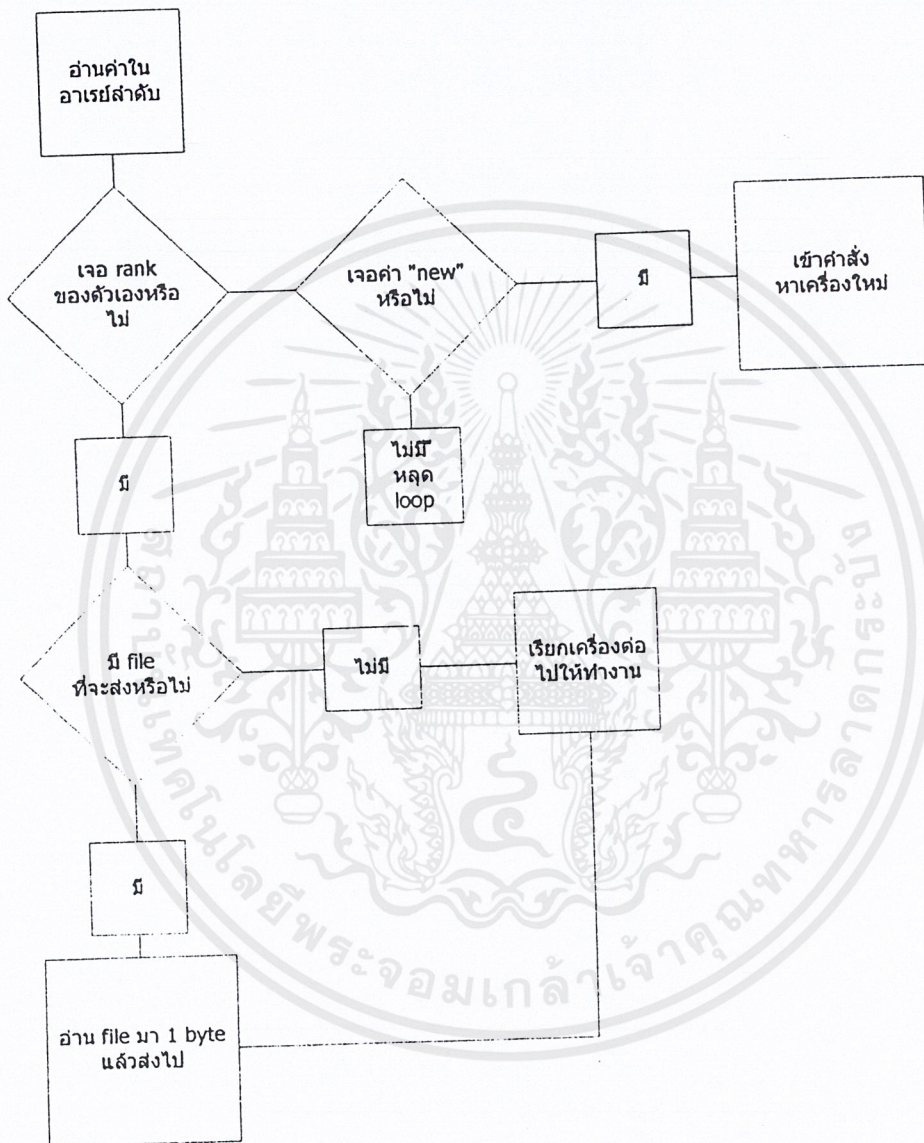


รูปที่ 3.7 แสดงการหาสมาชิกใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 23  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 แสดงการใส่ค่าในอาเรย์ลำดับ



รูปที่ 3.9 แสดงการทำงานรวม

**บทที่ 4**  
**การทดลองและผลการทดลอง**

**4.1 การทดลองด้านอุปกรณ์รับส่งสัญญาณอินฟราเรด**

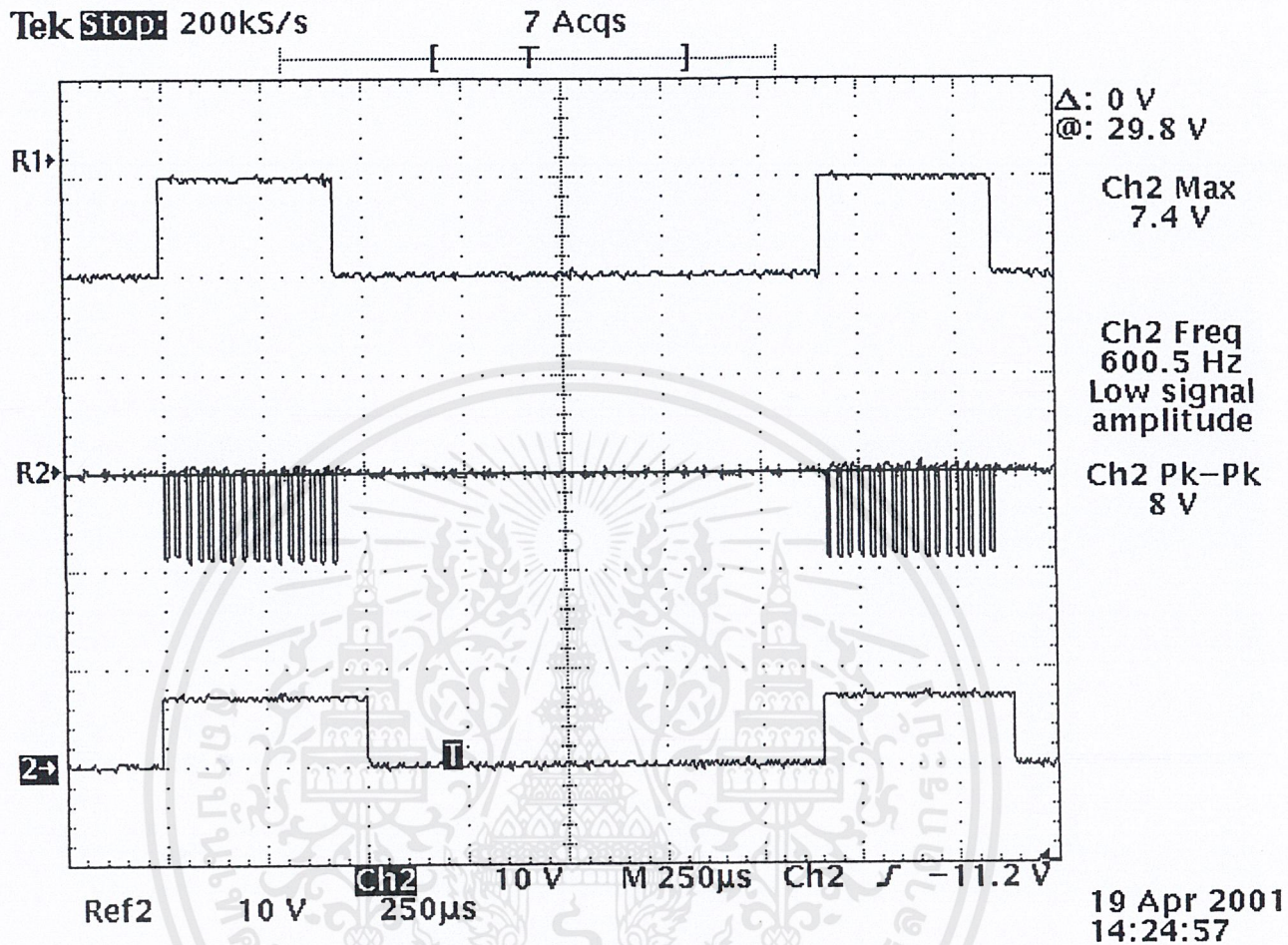
**จุดประสงค์** : เพื่อทดสอบการทำงานของอุปกรณ์รับส่งสัญญาณอินฟราเรดระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อดูว่ามีความสามารถในการรับส่งข้อมูลได้ดีเพียงใด ที่ความถี่ต่าง ๆ

**วิธีการทดลอง** : ต่อวงจรรับส่งสัญญาณอินฟราเรดดังรูปที่ 3.5 โดยทางด้านส่งจะสร้างสัญญาณพัลส์ที่มีความถี่ประมาณ 38 กิโลเฮิร์ต เพื่อใช้เป็นความถี่คลื่นพาห์ จากนั้นนำสัญญาณพาห์ที่ได้ไปมอดูเลตกับสัญญาณที่มีความถี่ต่าง ๆ ต่อไปนี้

1. สัญญาณข้อมูลที่มีความถี่ 600 Hz.
2. สัญญาณข้อมูลที่มีความถี่ 1200 Hz.
3. สัญญาณข้อมูลที่มีความถี่ 2400 Hz.
4. สัญญาณข้อมูลที่มีความถี่ 4800 Hz.

แล้ววัดสัญญาณที่รับได้จากวงจรรับสัญญาณอินฟราเรด ซึ่งผลการทดลองที่ได้แสดงไว้

ในรูปที่ 4.1 - 4.4

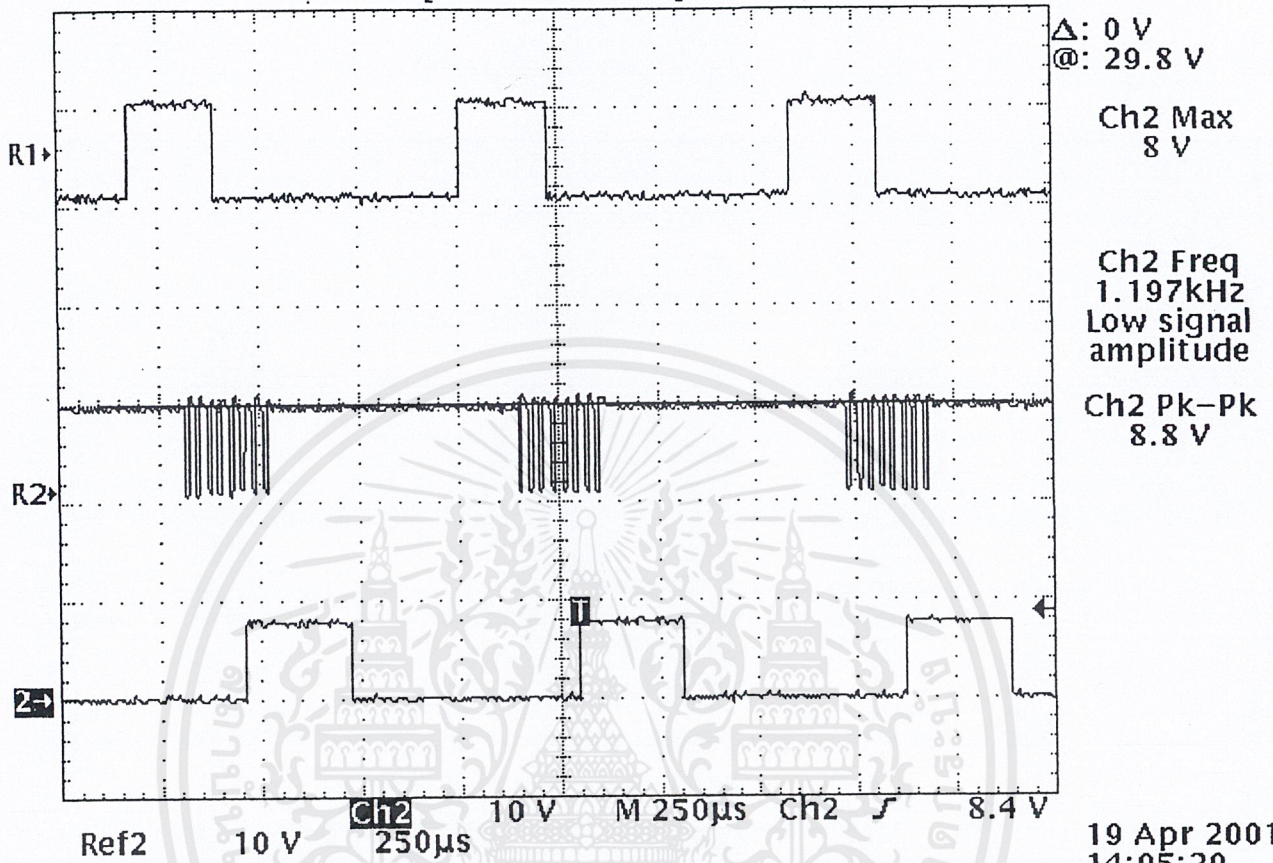


รูปที่ 4.1 แสดงสัญญาณต่าง ๆ ที่ได้จากทางด้านส่งและทางด้านรับ ที่ความถี่ 600 Hz.

- รูปบน เป็นสัญญาณพัลส์ที่ความถี่ 600 Hz. ซึ่งเป็นสัญญาณข้อมูลที่ได้จากฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์
- รูปกลาง เป็นสัญญาณที่ผ่านการมอดูเลตจากวงจรมอดูเลตทางด้านภาคส่ง ระหว่างสัญญาณข้อมูลที่มีความถี่ 600 Hz. กับสัญญาณคลื่นพาห์ 38 kHz. ซึ่งสัญญาณที่ได้จะถูกกลับเฟส
- รูปล่าง เป็นสัญญาณที่ได้จากทางภาครับสัญญาณอินฟราเรด ซึ่งสัญญาณที่รับได้จากโมดูลตัวรับจะต้องทำการกลับเฟสสัญญาณโดยใช้ NOT GATE ก่อนแล้วจึงค่อยส่งเข้าคอมพิวเตอร์ทางพอร์ต RS-232

Tek Stop: 200kS/s

196 Acqs

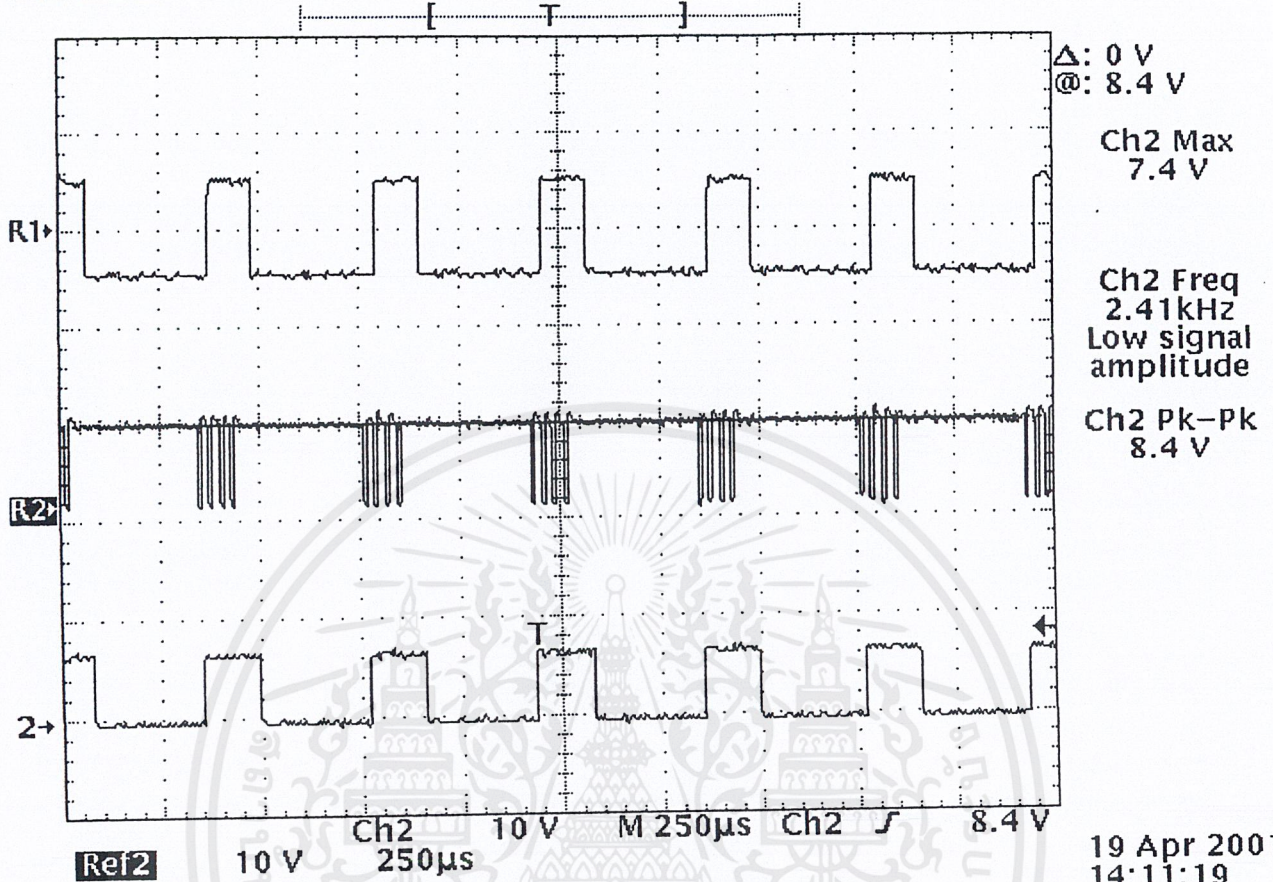


รูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณต่าง ๆ ที่ได้จากทางด้านส่งและทางด้านรับ ที่ความถี่ 1200 Hz.

- รูปบน เป็นสัญญาณพัลส์ที่ความถี่ 1200 Hz. ซึ่งเป็นสัญญาณข้อมูลที่ได้จากฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์
- รูปกลาง เป็นสัญญาณที่ผ่านการมอดูเลตจากวงจรมอดูเลตทางด้านภาคส่ง ระหว่างสัญญาณข้อมูลที่ความถี่ 1200 Hz. กับสัญญาณคลื่นพาห์ 38 kHz. ซึ่งสัญญาณที่ได้จะถูกกลับเฟส
- รูปล่าง เป็นสัญญาณที่ได้จากทางภาครับสัญญาณอินฟราเรด ซึ่งสัญญาณที่รับได้จากโมดูลตัวรับจะต้องทำการกลับเฟสสัญญาณโดยใช้ NOT GATE ก่อนแล้วจึงค่อยส่งเข้าคอมพิวเตอร์ทางพอร์ต RS-232

Tek Stop: 200kS/s

49 Acqs



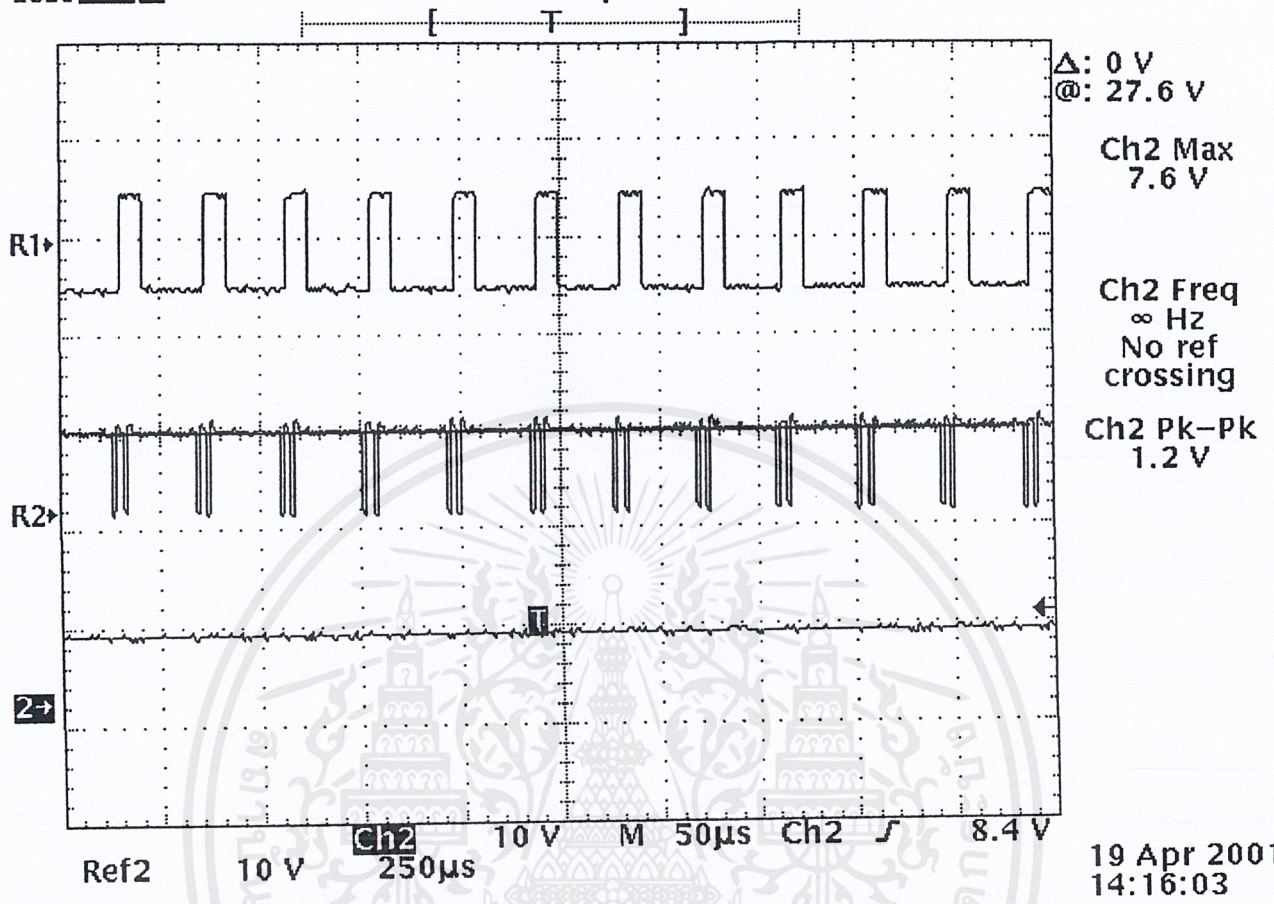
19 Apr 2001  
14:11:19

รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณต่าง ๆ ที่ได้จากทางด้านส่งและทางด้านรับ ที่ความถี่ 2400 Hz.

- รูปบน เป็นสัญญาณพัลส์ที่มีความถี่ 2400 Hz. ซึ่งเป็นสัญญาณข้อมูลที่ได้จากฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์
- รูปกลาง เป็นสัญญาณที่ผ่านการมอดูเลตจากวงจรมอดูเลตทางด้านภาคส่ง ระหว่างสัญญาณข้อมูลที่มีความถี่ 2400 Hz. กับสัญญาณคลื่นพาห์ 38 kHz. ซึ่งสัญญาณที่ได้จะถูกกลับเฟส
- รูปล่าง เป็นสัญญาณที่ได้จากทางภาครับสัญญาณอินฟราเรด ซึ่งสัญญาณที่รับได้จากโมดูลตัวรับจะต้องทำการกลับเฟสสัญญาณโดยใช้ NOT GATE ก่อนแล้วจึงค่อยส่งเข้าคอมพิวเตอร์ทางพอร์ต RS-232

Tek Stop: 1MS/s

39 Acqs

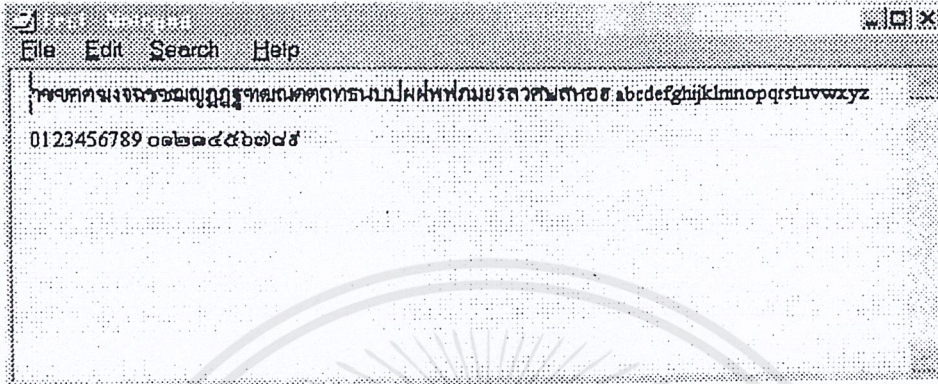


รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณต่าง ๆ ที่ได้จากทางด้านส่งและทางด้านรับ ที่ความถี่ 4800 Hz.

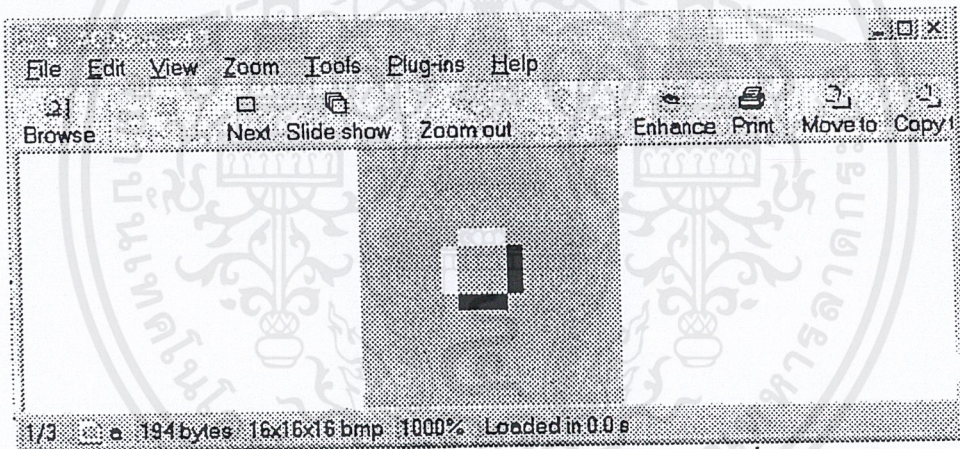
- รูปบน เป็นสัญญาณพัลส์ที่มีความถี่ 4800 Hz. ซึ่งเป็นสัญญาณข้อมูลที่ได้จากฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์
- รูปกลาง เป็นสัญญาณที่ผ่านการมอดูเลตจากวงจรมอดูเลตทางด้านภาคส่ง ระหว่างสัญญาณข้อมูลที่มีความถี่ 4800 Hz. กับสัญญาณคลื่นพาห์ 38 kHz. ซึ่งสัญญาณที่ได้จะถูกกลับเฟส
- รูปล่าง เป็นสัญญาณที่ได้จากทางภาครับสัญญาณอินฟราเรด ซึ่งจะเห็นว่าสัญญาณที่ได้นี้มีระดับสัญญาณเป็น HIGH ตลอด ซึ่งเป็นผลมาจากสัญญาณข้อมูลที่มีความถี่ 4800 Hz. นี้ โมดูลรับอินฟราเรดทางด้านรับมีความเร็วไม่พอที่จะสามารถรับสัญญาณได้

#### 4.2 การทดลองด้านโปรแกรม

ทำการตั้งอุปกรณ์แล้วทดสอบโดยการส่งข้อมูล 2 ชุดพร้อมๆกันจากเครื่องที่ 1 ไปเครื่องที่ 2 เป็นไฟล์ txt และ bmp ที่มีขนาด 92 และ 194 ไบต์ตามลำดับ

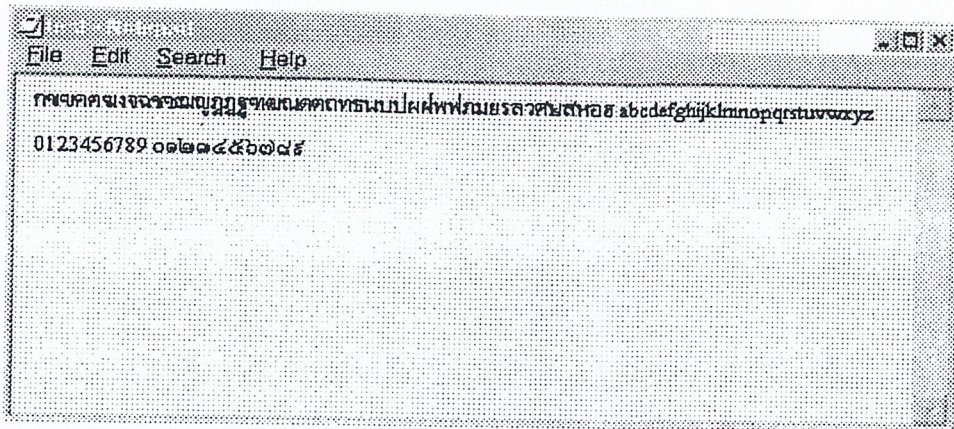


รูปที่ 4.5 แสดงหน้าจอของโปรแกรมที่ทำการส่ง File ที่เป็นข้อมูลอักขระ และตัวเลข

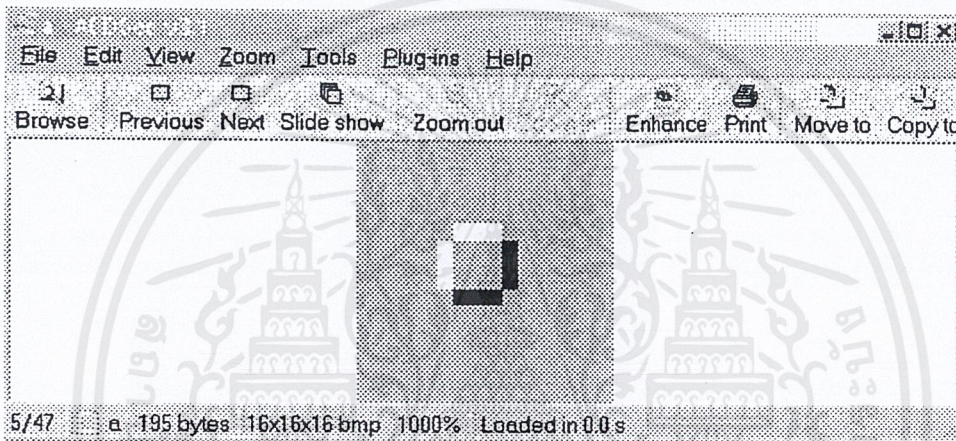


รูปที่ 4.6 แสดงหน้าจอของโปรแกรมโดยทำการส่ง File ที่เป็นรูปภาพ

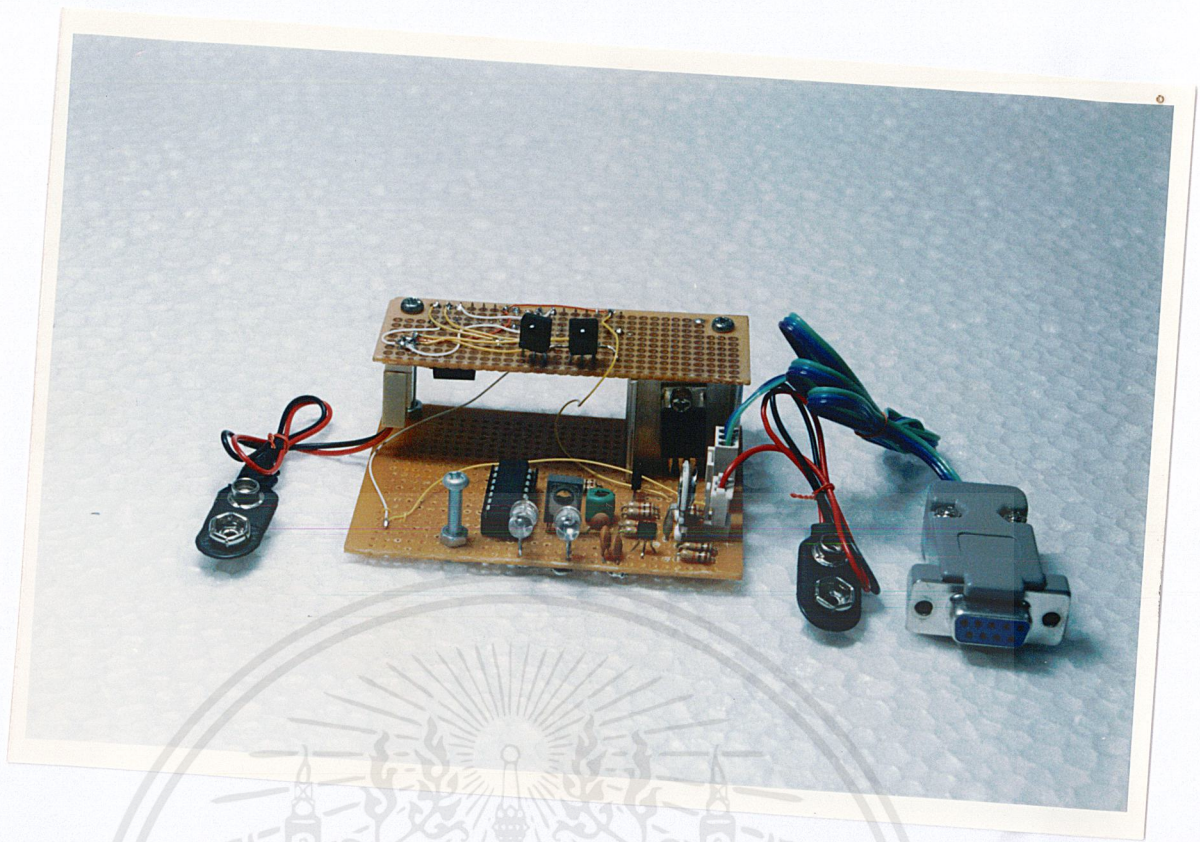
เมื่อทำการส่งไฟล์แล้วพบว่าที่ความเร็ว 1200 bps ใช้ความเร็วในการส่ง Test.txt และ a.bmp เป็นเวลา 1.04 และ 1.56 นาที ตามลำดับ ที่ความเร็ว 2400 bps ใช้ความเร็วในการส่ง Test.txt และ a.bmp เป็นเวลา 28.66 และ 54.69 นาที ตามลำดับ โดยมีความถูกต้อง 100% แต่ขนาดจะเพิ่มขึ้น 1 ไบต์ดังแสดงในรูปผลการทดลอง



รูปที่ 4.7 แสดงหน้าจอของโปรแกรมที่ทำการรับ File ที่เป็นข้อมูลอักขระ และตัวเลข



รูปที่ 4.8 แสดงหน้าจอของโปรแกรมโดยทำการรับ File ที่เป็นรูปภาพ



รูปที่ 4.9 แสดงรูปวงจร



รูปที่ 4.10 แสดงรูปชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์

โครงการนี้ใช้หลักการส่งข้อมูลโดยใช้คลื่นพาหะเป็นแสงอินฟราเรดที่ความถี่ 38 KHz โดยเครื่องคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องจะได้รับข้อมูลไปพร้อม ๆ กันทุกเครื่อง แล้วใช้การทำงานของโปรแกรมแยกข้อมูลของแต่ละเครื่องออกจากกัน ทำงานโดยใช้วงจรสร้างคลื่นพาหะออกมาก่อนแล้วทำการรวมกับข้อมูล ในขั้นตอนนี้จะใช้ความเร็วสูงสุดได้ที่ 19200 bps ส่วนค่านับใช้ TSOP4838 มีความถี่กลางอยู่ที่ 38 KHz มีแบนวิทซ์ประมาณ 1 KHz ทำให้ความเร็วสูงสุดที่จะรับได้เป็น 1200 bps

สรุปปัญหาด้านฮาร์ดแวร์คือวงจรออสซิลเลเตอร์จะต้องทำงานได้อย่างแน่นอนเพราะการที่คลื่นพาหะหายไปเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ข้อมูลผิดพลาด ความเร็วที่ต่ำเกินไปกินเวลามากในการส่งข้อมูลแต่ละชุดทำให้มีโอกาสผิดพลาดมากขึ้น และการติดตั้งหลอดอินฟราเรดต้องมีทิศทางกระจายออกเพื่อให้ได้รับทั่วกันทุกเครื่อง

สรุปปัญหาด้านโปรแกรมคือโปรแกรมนี้พัฒนาด้วย Visual Basic ซึ่งไม่ได้ติดต่อกับตัวฮาร์ดแวร์โดยตรงทำให้มีปัญหาด้านความเร็วบ้างแต่ไม่มากนัก และควรจัดตั้งเครื่องหนึ่งเป็นเครื่องที่ใช้เก็บข้อมูลจะเหมาะสมกว่าเมื่อเพื่อจำนวนสมาชิกขึ้น

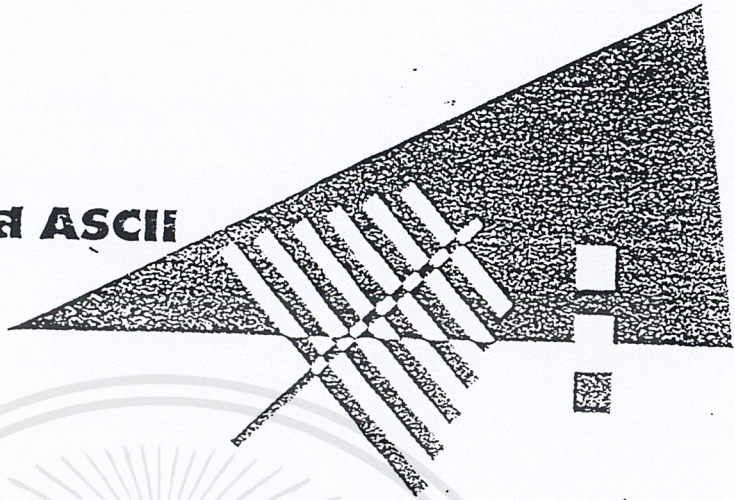
### การแก้ปัญหาและการพัฒนา

ปัญหาด้านระยะทางสามารถแก้ได้ด้วยการออกแบบวงจรเพื่อเพิ่มจำนวนหลอดอินฟราเรด และเพิ่มตัวรับเพื่อเพิ่มมุมรับข้อมูล แต่ด้วยคุณสมบัติของแสงที่ต้องเดินทางเป็นเส้นตรงทำให้มีโอกาสถูกขัดขวางระหว่างส่งข้อมูลได้จึงควรใช้คลื่นวิทยุมากกว่าแต่ความยุ่งยากก็จะมากขึ้นเช่นกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ตารางรหัส ASCII



CODE	CHAR	CODE	CHAR
00	NUL	10	DLE
01	SOH	11	DC1
02	STX	12	DC2
03	ETX	13	DC3
04	EOT	14	DC4
05	ENQ	15	NAK
06	ACK	16	SYN
07	BEL	17	ETB
08	BS	18	CAN
09	TAB	19	EM
0A	LF	1A	SUB
0B	VT	1B	ESC
0C	FF	1C	FS
0D	CR	1D	GS
0E	SO	1E	RS
0F	SI	1F	US

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CODE	CHAR	CODE	CHAR
20 <sup>1</sup>		39	9
21	!	3A	:
22	“	3B	;
23	#	3C	<
24	\$	3D	=
25	%	3E	>
26	&	3F	?
27 <sup>2</sup>	‘	40	@
28	(	41	A
29	)	42	B
2A	*	43	C
2B	+	44	D
2C <sup>3</sup>	,	45	E
2D	-	46	F
2E	.	47	G
2F	/	48	H
30	0	49	I
31	1	4A	J
32	2	4B	K
33	3	4C	L
34	4	4D	M
35	5	4E	N
36	6	4F	O
37	7	50	P
38	8	51	Q

<sup>1</sup> space    <sup>2</sup> single    <sup>3</sup> comma

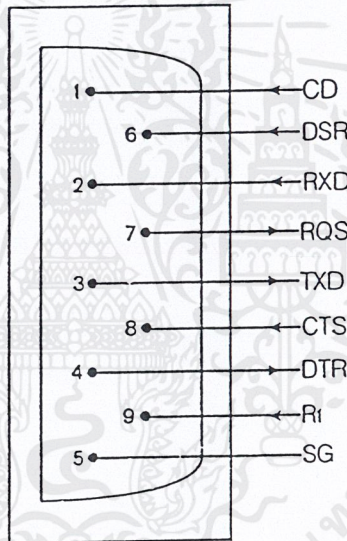
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CODE	CHAR	CODE	CHAR
52	R	6B	k
53	S	6C	l
54	T	6D	m
55	U	6E	n
56	V	6F	o
57	W	70	p
58	X	71	q
59	Y	72	r
5A	Z	73	s
5B	[	74	t
5C	\	75	u
5D	]	76	v
5E	↑	77	w
5F <sup>4</sup>	←	78	x
60 <sup>5</sup>	·	79	y
61	a	7A	z
62	b	7B	{
63	c	7C	
64	d	7D <sup>6</sup>	}
65	e	7E	~
66	f	7F <sup>7</sup>	RUBOUT
67	g		
68	h		
69	i		
6A	j		

<sup>4</sup> or underline    <sup>5</sup> accent mark    <sup>6</sup> or All MODE    <sup>7</sup> or DEL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### หัวต่อแบบ DB-9 ในไอพีเอ็มพีซีเอที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TK  
nt



Industrial Blocks

LM555/LM555C

## LM555/LM555C Timer

### General Description

The LM555 is a highly stable device for generating accurate time delays or oscillation. Additional terminals are provided for triggering or resetting if desired. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For astable operation as an oscillator, the free running frequency and duty cycle are accurately controlled with two external resistors and one capacitor. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output circuit can source or sink up to 200 mA or drive TTL circuits.

- Adjustable duty cycle
- Output can source or sink 200 mA
- Output and supply TTL compatible
- Temperature stability better than 0.005% per °C
- Normally on and normally off output

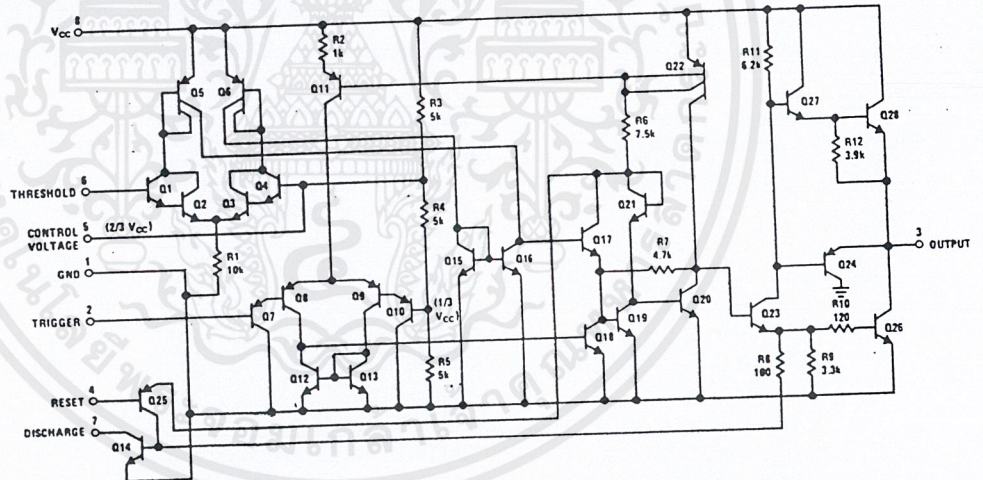
### Applications

- Precision timing
- Pulse generation
- Sequential timing
- Time delay generation
- Pulse width modulation
- Pulse position modulation
- Linear ramp generator

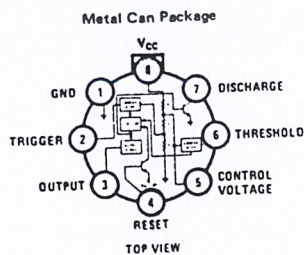
### Features

- Direct replacement for SE555/NE555
- Timing from microseconds through hours
- Operates in both astable and monostable modes

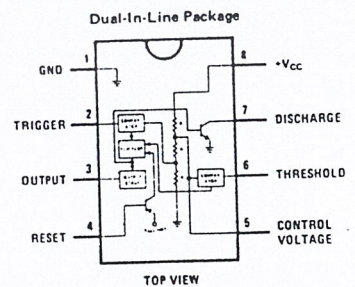
### Schematic Diagram



### Connection Diagrams



Order Number LM555H, LM555CH  
See NS Package H08C



Order Number LM555CN  
See NS Package N08B  
Order Number LM555J or LM555CJ  
See NS Package J08A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage	+18V
Power Dissipation (Note 1)	600 mW
Operating Temperature Ranges	
LM555C	0°C to +70°C
LM555	-55°C to +125°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	300°C

## Electrical Characteristics (T<sub>A</sub> = 25°C, V<sub>CC</sub> = +5V to +15V, unless otherwise specified)

PARAMETER	CONDITIONS	LIMITS						UNITS
		LM555			LM555C			
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Supply Voltage		4.5		18	4.5		16	V
Supply Current	V <sub>CC</sub> = 5V, R <sub>L</sub> = ∞ V <sub>CC</sub> = 15V, R <sub>L</sub> = ∞ (Low State) (Note 2)		3 10	5 12		3 10	6 15	mA mA
Timing Error, Monostable								%
Initial Accuracy			0.5			1		%
Drift with Temperature	R <sub>A</sub> , R <sub>B</sub> = 1k to 100k, C = 0.1μF, (Note 3)		30			50		ppm/°C
Accuracy over Temperature			1.5			1.5		%
Drift with Supply			0.05			0.1		%/V
Timing Error, Astable								%
Initial Accuracy			1.5			2.25		%
Drift with Temperature			90			150		ppm/°C
Accuracy over Temperature			2.5			3.0		%
Drift with Supply			0.15			0.30		%/V
Threshold Voltage			0.667			0.667		x V <sub>CC</sub>
Trigger Voltage	V <sub>CC</sub> = 15V V <sub>CC</sub> = 5V	4.8 1.45	5 1.67	5.2 1.9		5 1.67		V V
Trigger Current			0.01	0.5		0.5	0.9	μA
Reset Voltage		0.4	0.5	1	0.4	0.5	1	V
Reset Current			0.1	0.4		0.1	0.4	mA
Threshold Current	(Note 4)		0.1	0.25		0.1	0.25	μA
Control Voltage Level	V <sub>CC</sub> = 15V V <sub>CC</sub> = 5V	9.6 2.9	10 3.33	10.4 3.8	9 2.6	10 3.33	11 4	V V
Pin 7 Leakage Output High			1	100		1	100	nA
Pin 7 Sat (Note 5)								mV
Output Low	V <sub>CC</sub> = 15V, I <sub>7</sub> = 15 mA V <sub>CC</sub> = 4.5V, I <sub>7</sub> = 4.5 mA		150 70			180 80		mV mV
Output Low				100			200	mV
Output Voltage Drop (Low)	V <sub>CC</sub> = 15V I <sub>SINK</sub> = 10 mA I <sub>SINK</sub> = 50 mA I <sub>SINK</sub> = 100 mA I <sub>SINK</sub> = 200 mA V <sub>CC</sub> = 5V I <sub>SINK</sub> = 8 mA I <sub>SINK</sub> = 5 mA		0.1 0.4 2 2.5	0.15 0.5 2.2		0.1 0.4 2 2.5	0.25 0.75 2.5	V V V V
Output Voltage Drop (High)	V <sub>CC</sub> = 5V I <sub>SINK</sub> = 8 mA I <sub>SINK</sub> = 5 mA I <sub>SOURCE</sub> = 200 mA, V <sub>CC</sub> = 15V I <sub>SOURCE</sub> = 100 mA, V <sub>CC</sub> = 15V V <sub>CC</sub> = 5V		0.1 0.1 3	0.25 12.5 13.3 3.3		0.25 12.5 13.3 3.3	0.35 12.5 13.3 3.3	V V V V
Rise Time of Output				100			100	ns
Fall Time of Output				100			100	ns

Note 1: For operating at elevated temperatures the device must be derated based on a +150°C maximum junction temperature and a thermal resistance of +45°C/W junction to case for TO-5 and +150°C/W junction to ambient for both packages.

Note 2: Supply current when output high typically 1 mA less at V<sub>CC</sub> = 5V.

Note 3: Tested at V<sub>CC</sub> = 5V and V<sub>CC</sub> = 15V.

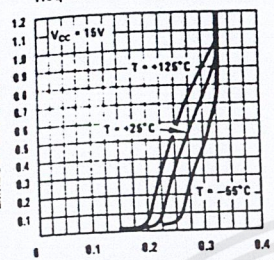
Note 4: This will determine the maximum value of R<sub>A</sub> + R<sub>B</sub> for 15V operation. The maximum total (R<sub>A</sub> + R<sub>B</sub>) is 20 MΩ.

Note 5: No protection against excessive pin 7 current is necessary providing the package dissipation rating will not be exceeded.

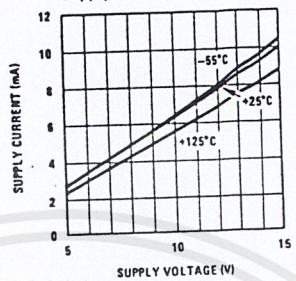
Typical Performance Characteristics

UNITS  
 V  
 mA  
 mA  
 %  
 $\text{dm}^{\circ}\text{C}$   
 %  
 %/V  
 %  
 $\text{dm}^{\circ}\text{C}$   
 %  
 %/V  
 $\times V_{CC}$   
 V  
 V  
 $\mu\text{A}$   
 V  
 mA  
 $\mu\text{A}$   
 V  
 V  
 nA  
 mV  
 mV  
 V  
 V  
 V  
 V  
 V  
 V  
 V  
 V  
 ns  
 ns  
 ermal

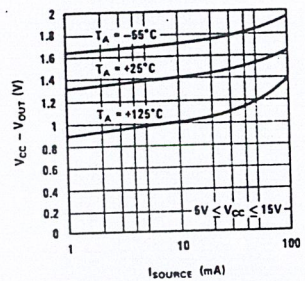
Minimum Pulse Width Required for Triggering



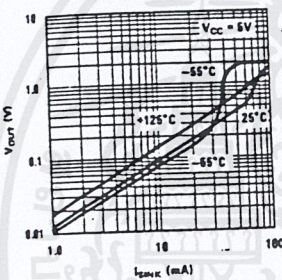
Supply Current vs Supply Voltage



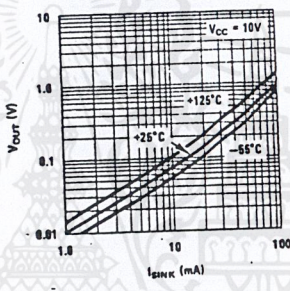
High Output Voltage vs Output Source Current



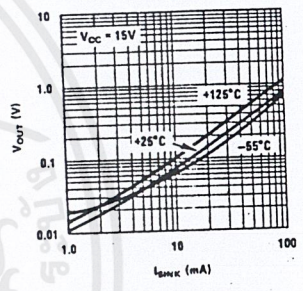
Low Output Voltage vs Output Sink Current



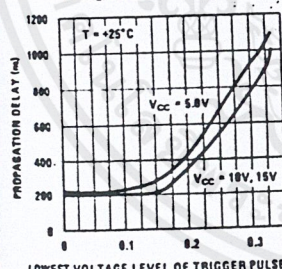
Low Output Voltage vs Output Sink Current



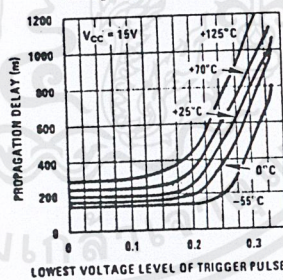
Low Output Voltage vs Output Sink Current



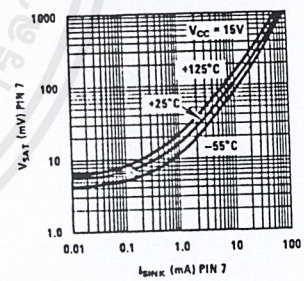
Output Propagation Delay vs Voltage Level of Trigger Pulse



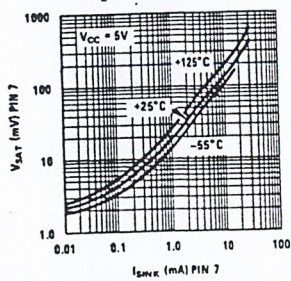
Output Propagation Delay vs Voltage Level of Trigger Pulse



Discharge Transistor (Pin 7) Voltage vs Sink Current



Discharge Transistor (Pin 7) Voltage vs Sink Current



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Applications Information

### MONOSTABLE OPERATION

In this mode of operation, the timer functions as a one-shot (Figure 1). The external capacitor is initially held discharged by a transistor inside the timer. Upon application of a negative trigger pulse of less than  $1/3 V_{CC}$  to pin 2, the flip-flop is set which both releases the short circuit across the capacitor and drives the output high.

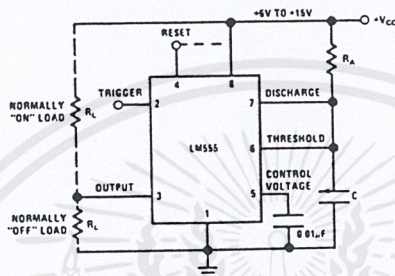


FIGURE 1. Monostable

The voltage across the capacitor then increases exponentially for a period of  $t = 1.1 R_A C$ , at the end of which time the voltage equals  $2/3 V_{CC}$ . The comparator then resets the flip-flop which in turn discharges the capacitor and drives the output to its low state. Figure 2 shows the waveforms generated in this mode of operation. Since the charge and the threshold level of the comparator are both directly proportional to supply voltage, the timing interval is independent of supply.

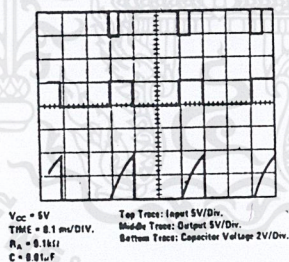


FIGURE 2. Monostable Waveforms

During the timing cycle when the output is high, the further application of a trigger pulse will not effect the circuit. However the circuit can be reset during this time by the application of a negative pulse to the reset terminal (pin 4). The output will then remain in the low state until a trigger pulse is again applied.

When the reset function is not in use, it is recommended that it be connected to  $V_{CC}$  to avoid any possibility of false triggering.

Figure 3 is a nomograph for easy determination of R, C values for various time delays.

NOTE: In monostable operation, the trigger should be driven high before the end of timing cycle.

### ASTABLE OPERATION

If the circuit is connected as shown in Figure 4 (pins 2 and 6 connected) it will trigger itself and free run as a

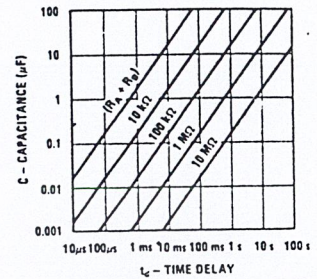


FIGURE 3. Time Delay

multivibrator. The external capacitor charges through  $R_A + R_B$  and discharges through  $R_B$ . Thus the duty cycle may be precisely set by the ratio of these two resistors.

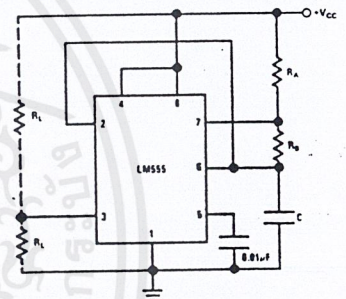


FIGURE 4. Astable

In this mode of operation, the capacitor charges and discharges between  $1/3 V_{CC}$  and  $2/3 V_{CC}$ . As in the triggered mode, the charge and discharge times, and therefore the frequency are independent of the supply voltage.

Figure 5 shows the waveforms generated in this mode of operation.

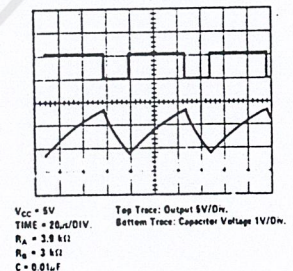


FIGURE 5. Astable Waveforms

The charge time (output high) is given by:

$$t_1 = 0.693 (R_A + R_B) C$$

And the discharge time (output low) by:

$$t_2 = 0.693 (R_B) C$$

Thus the total period is:

$$T = t_1 + t_2 = 0.693 (R_A + 2R_B) C$$

### Applications Information (Continued)

The frequency of oscillation is:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(R_A + 2R_B)C}$$

Figure 6 may be used for quick determination of these RC values.

The duty cycle is:  $D = \frac{R_B}{R_A + 2R_B}$

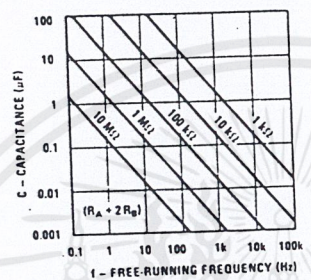
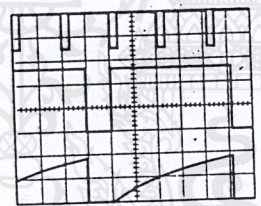


FIGURE 6. Free Running Frequency

#### FREQUENCY DIVIDER

The monostable circuit of Figure 1 can be used as a frequency divider by adjusting the length of the timing cycle. Figure 7 shows the waveforms generated in a divide by three circuit.



V<sub>CC</sub> = 5V  
TIME = 20μs/DIV.  
R<sub>A</sub> = 0.1kΩ  
C = 0.01μF

Top Trace: Input 4V/Div.  
Middle Trace: Output 2V/Div.  
Bottom Trace: Capacitor 2V/Div.

FIGURE 7. Frequency Divider

#### PULSE WIDTH MODULATOR

When the timer is connected in the monostable mode and triggered with a continuous pulse train, the output pulse width can be modulated by a signal applied to pin 5. Figure 8 shows the circuit, and in Figure 9 are some waveform examples.

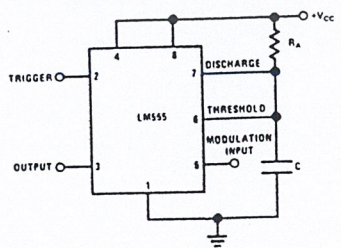
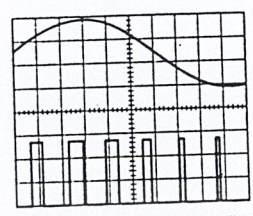


FIGURE 8. Pulse Width Modulator



V<sub>CC</sub> = 5V  
TIME = 0.2 ms/DIV.  
R<sub>A</sub> = 0.1kΩ  
C = 0.01μF

Top Trace: Modulation 1V/Div.  
Bottom Trace: Output 2V/Div.

FIGURE 9. Pulse Width Modulator

#### PULSE POSITION MODULATOR

This application uses the timer connected for astable operation, as in Figure 10, with a modulating signal again applied to the control voltage terminal. The pulse position varies with the modulating signal, since the threshold voltage and hence the time delay is varied. Figure 11 shows the waveforms generated for a triangle wave modulation signal.

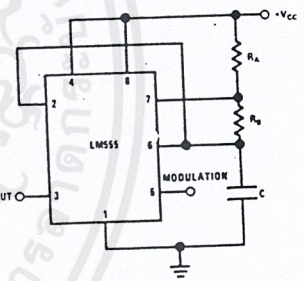
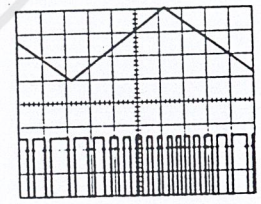


FIGURE 10. Pulse Position Modulator



V<sub>CC</sub> = 5V  
TIME = 0.1 ms/DIV.  
R<sub>A</sub> = 3.9kΩ  
R<sub>B</sub> = 3kΩ  
C = 0.01μF

Top Trace: Modulation Input 1V/Div.  
Bottom Trace: Output 2V/Div.

FIGURE 11. Pulse Position Modulator

#### LINEAR RAMP

When the pullup resistor, R<sub>A</sub>, in the monostable circuit is replaced by a constant current source, a linear ramp is

ough  
duty  
two

and  
the  
ere-  
age.  
ode

Applications Information (Continued)

generated. Figure 12 shows a circuit configuration that will perform this function.

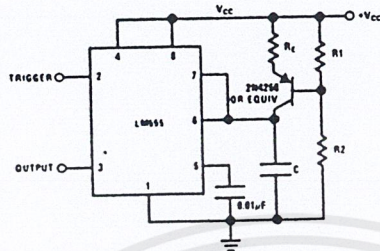


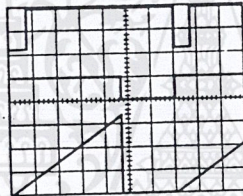
FIGURE 12.

Figure 13 shows waveforms generated by the linear ramp.

The time interval is given by:

$$T = \frac{2/3 V_{CC} R_E (R_1 + R_2) C}{R_1 V_{CC} - V_{BE} (R_1 + R_2)}$$

$V_{BE} \approx 0.6V$



$V_{CC} = 5V$   
 TIME = 2µs/DIV.  
 $R_1 = 47 k\Omega$   
 $R_2 = 100 k\Omega$   
 $R_E = 2.7 k\Omega$   
 $C = 0.01\mu F$

Top Trace: Input 3V/Div.  
 Middle Trace: Output 5V/Div.  
 Bottom Trace: Capacitor Voltage 1V/Div.

FIGURE 13. Linear Ramp

50% DUTY CYCLE OSCILLATOR

For a 50% duty cycle, the resistors  $R_A$  and  $R_B$  may be connected as in Figure 14. The time period for the out-

put high is the same as previous,  $t_1 = 0.693 R_A C$ . For the output low it is  $t_2 =$

$$\left( \frac{R_A R_B}{R_A + R_B} \right) \cdot \ln \left( \frac{R_B - 2R_A}{2R_B - R_A} \right)$$

Thus the frequency of oscillation is  $f = \frac{1}{t_1 + t_2}$

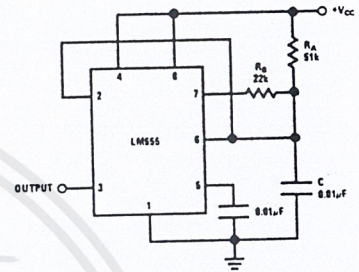


FIGURE 14. 50% Duty Cycle Oscillator

Note that this circuit will not oscillate if  $R_B$  is greater than  $1/2 R_A$  because the junction of  $R_A$  and  $R_B$  cannot bring pin 2 down to  $1/3 V_{CC}$  and trigger the lower comparator.

ADDITIONAL INFORMATION

Adequate power supply bypassing is necessary to protect associated circuitry. Minimum recommended is  $0.1\mu F$  in parallel with  $1\mu F$  electrolytic.

Lower comparator storage time can be as long as  $10\mu s$  when pin 2 is driven fully to ground for triggering. This limits the monostable pulse width to  $10\mu s$  minimum.

Delay time reset to output is  $0.47\mu s$  typical. Minimum reset pulse width must be  $0.3\mu s$ , typical.

Pin 7 current switches within 30 ns of the output (pin 3) voltage.

## 54LS04/DM54LS04/DM74LS04 Hex Inverting Gates

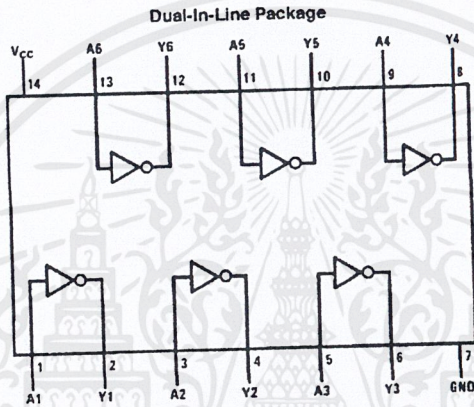
### General Description

This device contains six independent gates each of which performs the logic INVERT function.

### Features

- Alternate Military/Aerospace device (54LS04) is available. Contact a National Semiconductor Sales Office/Distributor for specifications.

### Connection Diagram



TL/F/6345-1

Order Number 54LS04DMQB, 54LS04FMQB, 54LS04LMQB, DM54LS04J, DM54LS04W, DM74LS04M or DM74LS04N  
See NS Package Number E20A, J14A, M14A, N14A or W14B

### Function Table

$$Y = \bar{A}$$

Input	Output
A	Y
L	H
H	L

H = High Logic Level  
L = Low Logic Level

### Absolute Maximum Ratings (Note)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	7V
Input Voltage	7V
Operating Free Air Temperature Range	-55°C to +125°C
DM54LS and 54LS	0°C to +70°C
DM74LS	-65°C to +150°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C

Note: The "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. The device should not be operated at these limits. The parametric values defined in the "Electrical Characteristics" table are not guaranteed at the absolute maximum ratings. The "Recommended Operating Conditions" table will define the conditions for actual device operation.

### Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	DM54LS04			DM74LS04			Units
		Min	Nom	Max	Min	Nom	Max	
V <sub>CC</sub>	Supply Voltage	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
V <sub>IH</sub>	High Level Input Voltage	2			2			V
V <sub>IL</sub>	Low Level Input Voltage			0.7			0.8	V
I <sub>OH</sub>	High Level Output Current			-0.4			-0.4	mA
I <sub>OL</sub>	Low Level Output Current			4			8	mA
T <sub>A</sub>	Free Air Operating Temperature	-55		125	0		70	°C

### Electrical Characteristics over recommended operating free air temperature range (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ (Note 1)	Max	Units	
V <sub>I</sub>	Input Clamp Voltage	V <sub>CC</sub> = Min, I <sub>I</sub> = -18 mA			-1.5	V	
V <sub>OH</sub>	High Level Output Voltage	V <sub>CC</sub> = Min, I <sub>OH</sub> = Max, V <sub>IL</sub> = Max	DM54	2.5	3.4	V	
			DM74	2.7	3.4		
V <sub>OL</sub>	Low Level Output Voltage	V <sub>CC</sub> = Min, I <sub>OL</sub> = Max, V <sub>IH</sub> = Min	DM54		0.25	0.4	V
			DM74		0.35	0.5	
		I <sub>OL</sub> = 4 mA, V <sub>CC</sub> = Min	DM74		0.25	0.4	
I <sub>I</sub>	Input Current @ Max Input Voltage	V <sub>CC</sub> = Max, V <sub>I</sub> = 7V			0.1	mA	
I <sub>IH</sub>	High Level Input Current	V <sub>CC</sub> = Max, V <sub>I</sub> = 2.7V			20	μA	
I <sub>IL</sub>	Low Level Input Current	V <sub>CC</sub> = Max, V <sub>I</sub> = 0.4V			-0.36	mA	
I <sub>OS</sub>	Short Circuit Output Current	V <sub>CC</sub> = Max (Note 2)	DM54	-20	-100	mA	
			DM74	-20	-100		
I <sub>CCH</sub>	Supply Current with Outputs High	V <sub>CC</sub> = Max		1.2	2.4	mA	
I <sub>CCL</sub>	Supply Current with Outputs Low	V <sub>CC</sub> = Max		3.6	6.6	mA	

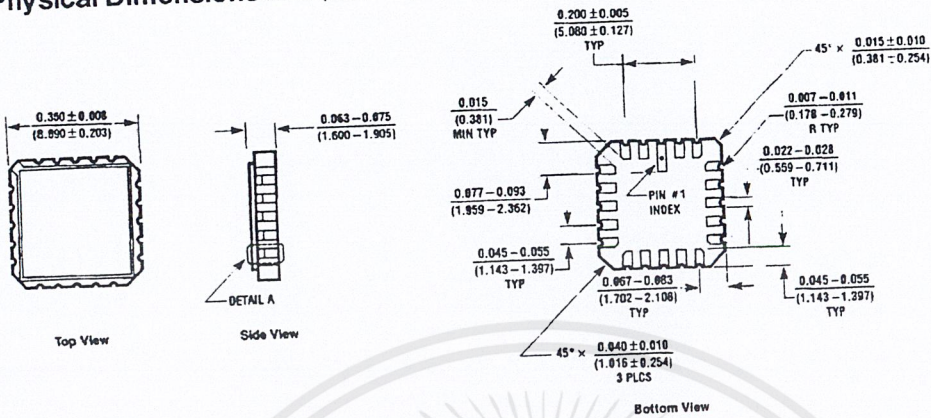
### Switching Characteristics at V<sub>CC</sub> = 5V and T<sub>A</sub> = 25°C (See Section 1 for Test Waveforms and Output Load)

Symbol	Parameter	R <sub>L</sub> = 2 kΩ				Units
		C <sub>L</sub> = 15 pF		C <sub>L</sub> = 50 pF		
		Min	Max	Min	Max	
t <sub>PLH</sub>	Propagation Delay Time Low to High Level Output	3	10	4	15	ns
t <sub>PHL</sub>	Propagation Delay Time High to Low Level Output	3	10	4	15	ns

Note 1: All typicals are at V<sub>CC</sub> = 5V, T<sub>A</sub> = 25°C.

Note 2: Not more than one output should be shorted at a time, and the duration should not exceed one second.

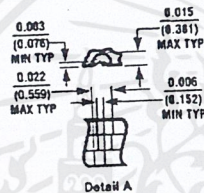
**Physical Dimensions** inches (millimeters)



Top View

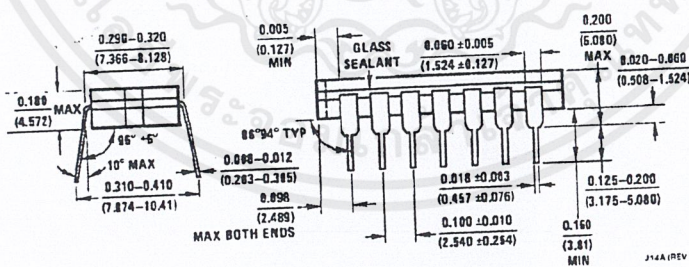
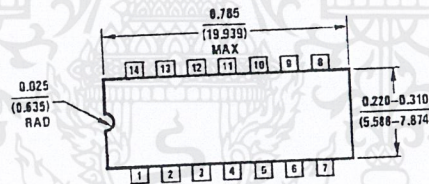
Side View

Bottom View



Ceramic Leadless Chip Carrier Package (E)  
Order Number 54LS04LMQB  
NS Package Number E20A

L20A (REV D)

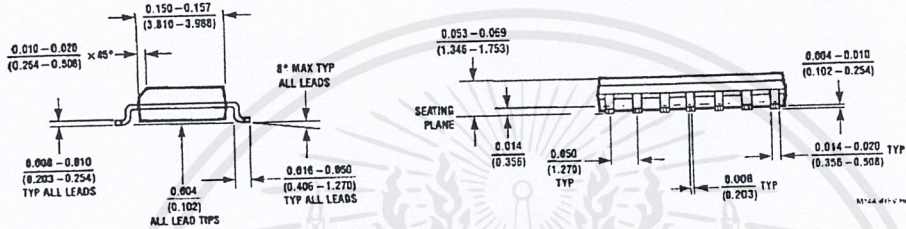
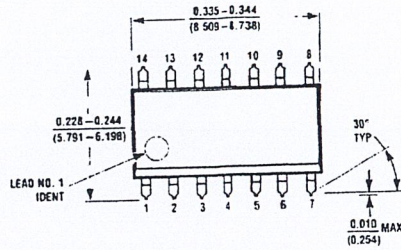


14-Lead Ceramic Dual-In-Line Package (J)  
Order Number 54LS04DMQB or DM54LS04J  
NS Package Number J14A

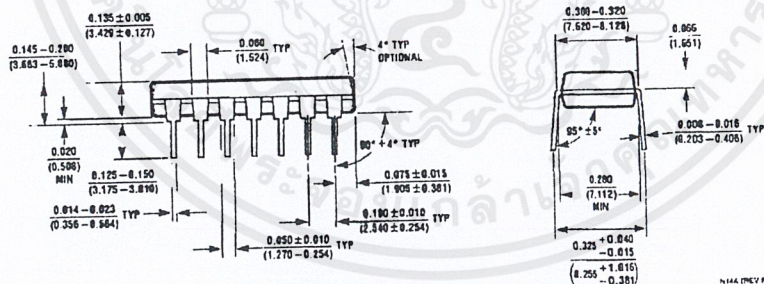
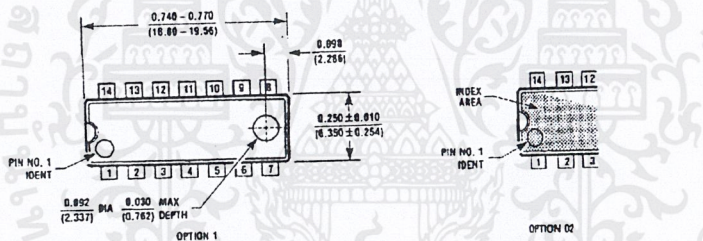
J14A (REV D)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Physical Dimensions** inches (millimeters) (Continued)



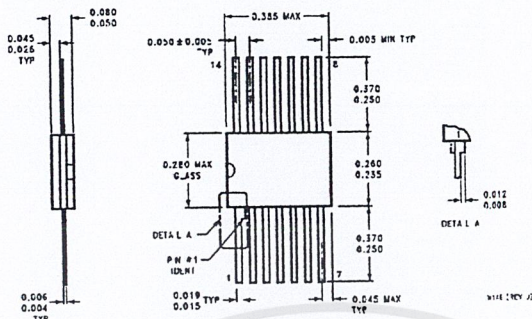
**14-Lead Small Outline Molded Package (M)**  
**Order Number DM74LS04M**  
**NS Package Number M14A**



**14-Lead Molded Dual-in-Line Package (N)**  
**Order Number DM74LS04N**  
**NS Package Number N14A**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) (Continued)



14-Lead Ceramic Flat Package (W)  
 Order Number 54LS04FMQB or DM54LS04W  
 NS Package Number W14B

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform, when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.



National Semiconductor Corporation  
 1111 West Bardin Road  
 Arlington, TX 76017  
 Tel: 1(800) 272-9959  
 Fax: 1(800) 737-7018

National Semiconductor Europe  
 Fax: (+49) 0-180-530 85 88  
 Email: cnjwge@tevm2.nsc.com  
 Deutsch Tel: (+49) 0-180-530 85 85  
 English Tel: (+49) 0-180-532 78 32  
 Français Tel: (+49) 0-180-532 69 56  
 Italiano Tel: (+49) 0-180-534 16 80

National Semiconductor Hong Kong Ltd.  
 13th Floor, Straight Block,  
 Ocean Centre, 5 Canton Rd.  
 Tsimshatsui, Kowloon  
 Hong Kong  
 Tel: (852) 2737-1600  
 Fax: (852) 2736-0960

National Semiconductor Japan Ltd.  
 Tel: 81-043-299-2309  
 Fax: 81-043-299-2408

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## DM74LS08 Quad 2-Input AND Gates

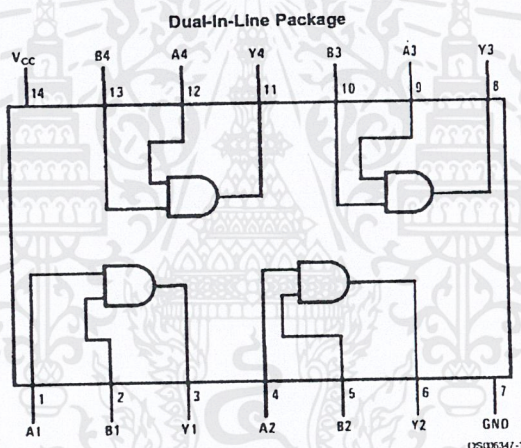
### General Description

This device contains four independent gates each of which performs the logic AND function.

### Features

- Alternate Military/Aerospace device (54LS08) is available. Contact a Fairchild Semiconductor Sales Office/Distributor for specifications.

### Connection Diagram



Order Number 54LS08DMQB, 54LS08FMQB, 54LS08LMQB, DM54LS08J, DM54LS08W, DM74LS08M or DM74LS08N  
See NS Package Number E20A, J14A, M14A, N14A or W14B

### Function Table

$$Y = AB$$

Inputs		Output
A	B	Y
L	L	L
L	H	L
H	L	L
H	H	H

H = High Logic Level  
L = Low Logic Level

### Absolute Maximum Ratings (Note 1)

Supply Voltage	7V	DM54LS and 54LS	-55°C to +125°C
Input Voltage	7V	DM74LS	0°C to +70°C
Operating Free Air Temperature Range		Storage Temperature Range	-65°C to +150°C

### Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	DM54LS08			DM74LS08			Units
		Min	Nom	Max	Min	Nom	Max	
V <sub>CC</sub>	Supply Voltage	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
V <sub>IH</sub>	High Level Input Voltage	2			2			V
V <sub>IL</sub>	Low Level Input Voltage			0.7			0.8	V
I <sub>OH</sub>	High Level Output Current			-0.4			-0.4	mA
I <sub>OL</sub>	Low Level Output Current			4			8	mA
T <sub>A</sub>	Free Air Operating Temperature	-55		125	0		70	°C

Note 1: The "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. The device should not be operated at these limits. The parametric values defined in the "Electrical Characteristics" table are not guaranteed at the absolute maximum ratings. The "Recommended Operating Conditions" table will define the conditions for actual device operation.

### Electrical Characteristics

over recommended operating free air temperature range (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ (Note 2)	Max	Units
V <sub>I</sub>	Input Clamp Voltage	V <sub>CC</sub> = Min, I <sub>I</sub> = -18 mA			-1.5	V
V <sub>OH</sub>	High Level Output Voltage	V <sub>CC</sub> = Min, I <sub>OH</sub> = Max, V <sub>IH</sub> = Min	DM54	2.5	3.4	V
			DM74	2.7	3.4	
V <sub>OL</sub>	Low Level Output Voltage	V <sub>CC</sub> = Min, I <sub>OL</sub> = Max, V <sub>IL</sub> = Max	DM54	0.25	0.4	V
			DM74	0.35	0.5	
		I <sub>OL</sub> = 4 mA, V <sub>CC</sub> = Min	DM74	0.25	0.4	
I <sub>I</sub>	Input Current @ Max Input Voltage	V <sub>CC</sub> = Max, V <sub>I</sub> = 7V			0.1	mA
I <sub>IH</sub>	High Level Input Current	V <sub>CC</sub> = Max, V <sub>I</sub> = 2.7V			20	µA
I <sub>IL</sub>	Low Level Input Current	V <sub>CC</sub> = Max, V <sub>I</sub> = 0.4V			-0.36	mA
I <sub>OS</sub>	Short Circuit Output Current	V <sub>CC</sub> = Max (Note 3)	DM54	-20	-100	mA
			DM74	-20	-100	
I <sub>CCH</sub>	Supply Current with Outputs High	V <sub>CC</sub> = Max		2.4	4.8	mA
I <sub>CCL</sub>	Supply Current with Outputs Low	V <sub>CC</sub> = Max		4.4	8.8	mA

### Switching Characteristics

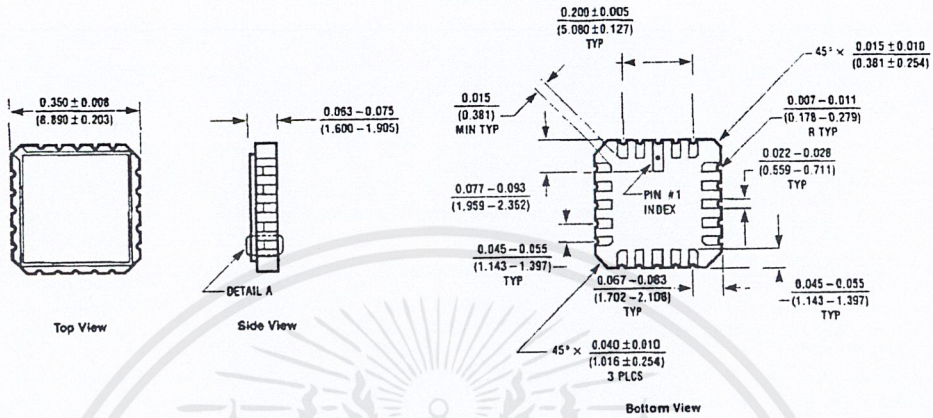
at V<sub>CC</sub> = 5V and T<sub>A</sub> = 25°C (See Section 1 for Test Waveforms and Output Load)

Symbol	Parameter	R <sub>L</sub> = 2 kΩ				Units
		C <sub>L</sub> = 15 pF		C <sub>L</sub> = 50 pF		
		Min	Max	Min	Max	
t <sub>PLH</sub>	Propagation Delay Time Low to High Level Output	4	13	6	18	ns
t <sub>PHL</sub>	Propagation Delay Time High to Low Level Output	3	11	5	18	ns

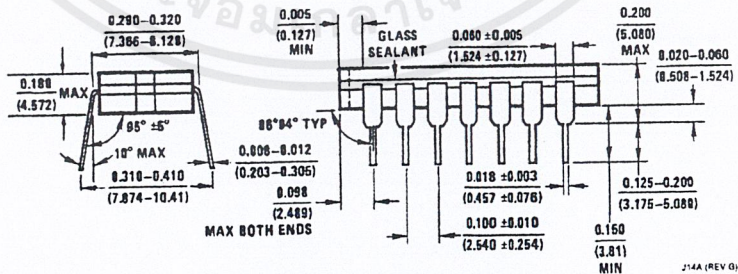
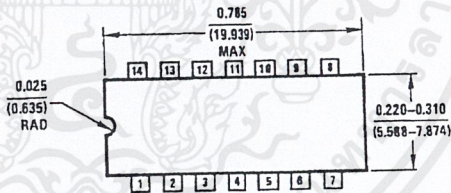
Note 2: All typicals are at V<sub>CC</sub> = 5V, T<sub>A</sub> = 25°C.

Note 3: Not more than one output should be shorted at a time, and the duration should not exceed one second.

**Physical Dimensions** inches (millimeters) unless otherwise noted



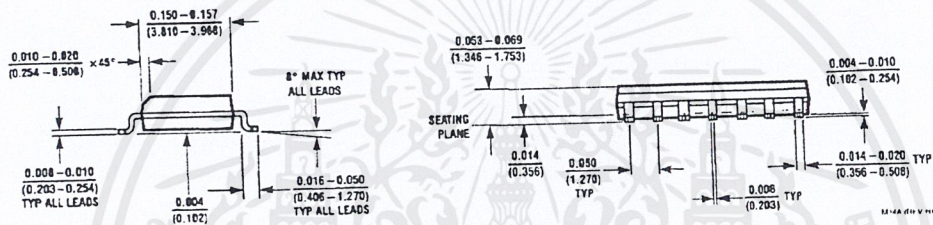
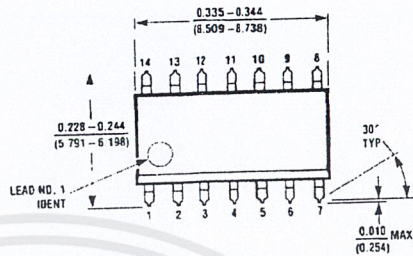
**Ceramic Leadless Chip Carrier Package (E)**  
**Order Number 54LS08LMQB**  
**Package Number E20A**



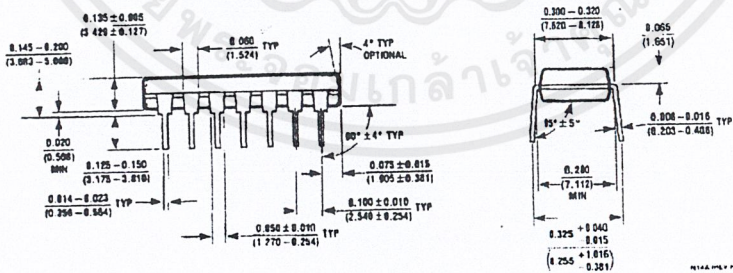
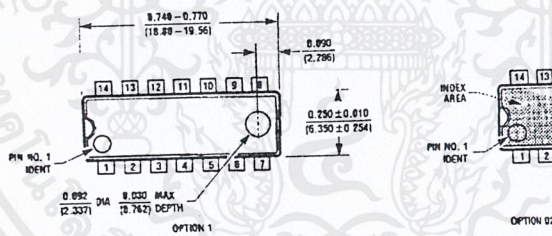
**14-Lead Ceramic Dual-In-Line Package (J)**  
**Order Number 54LS08DMQB or DM54LS08J**  
**Package Number J14A**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Physical Dimensions** inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



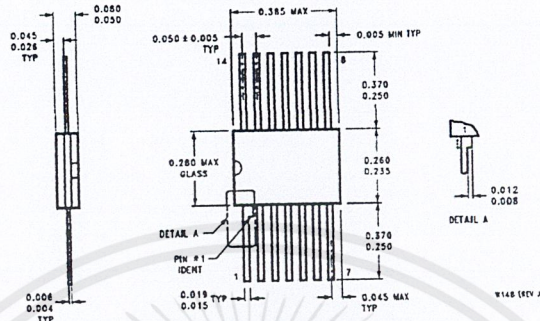
**14-Lead Small Outline Molded Package (M)**  
Order Number DM74LS08M  
Package Number M14A



**14-Lead Molded Dual-In-Line Package (N)**  
Order Number DM74LS08N  
Package Number N14A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Physical Dimensions** inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



**14-Lead Ceramic Flat Package (W)**  
**Order Number 54LS08FMQB or DM54LS08W**  
**Package Number W14B**

**LIFE SUPPORT POLICY**

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component in any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

Fairchild Semiconductor Corporation  
 Americas  
 Customer Response Center  
 Tel: 1-888-522-5372

Fairchild Semiconductor Europe  
 Fax: +49 (0) 1 80-530 85 86  
 Email: europe.support@nsc.com  
 Deutsch Tel: +49 (0) 8 141-35-0  
 English Tel: +44 (0) 1 793-85-68-66  
 Italy Tel: +39 (0) 2 57 5631

Fairchild Semiconductor Hong Kong Ltd.  
 13th Floor, Straight Block,  
 Ocean Centre, 5 Canton Rd.  
 Tsimshatsui, Kowloon  
 Hong Kong  
 Tel: +852 2737-7200  
 Fax: +852 2314-0061

National Semiconductor Japan Ltd.  
 Tel: 81-3-5620-6175  
 Fax: 81-3-5620-6179

[www.fairchildsemi.com](http://www.fairchildsemi.com)

Fairchild does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and Fairchild reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## DM74LS32 Quad 2-Input OR Gates

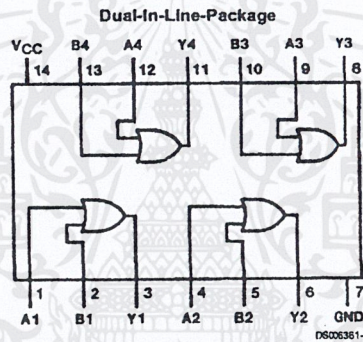
### General Description

This device contains four independent gates each of which performs the logic OR function.

### Features

- Alternate Military/Aerospace device (54LS32) is available. Contact a Fairchild Semiconductor Sales Office/Distributor for specifications.

### Connection Diagram



Order Number 54LS32DMQB, 54LS32FMQB, 54LS32LMB, DM54LS32J, DM54LS32W, DM74LS32M or DM74LS32N  
See Package Number E20A, J14A, M14A, N14A or W14B

### Function Table

$$Y = A + B$$

Inputs		Output
A	B	Y
L	L	L
L	H	H
H	L	H
H	H	H

H = High Logic Level  
L = Low Logic Level

### Absolute Maximum Ratings (Note 1)

Supply Voltage  
Input Voltage  
Operating Free Air Temperature Range

7V  
7V

DM54LS and 54LS  
DM74LS  
Storage Temperature Range

-55°C to +125°C  
0°C to +70°C  
-65°C to +150°C

### Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	DM54LS32			DM74LS32			Units
		Min	Nom	Max	Min	Nom	Max	
V <sub>CC</sub>	Supply Voltage	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
V <sub>IH</sub>	High Level Input Voltage	2			2			V
V <sub>IL</sub>	Low Level Input Voltage			0.7			0.8	V
I <sub>OH</sub>	High Level Output Current			-0.4			-0.4	mA
I <sub>OL</sub>	Low Level Output Current			4			8	mA
T <sub>A</sub>	Free Air Operating Temperature	-55		125	0		70	°C

Note 1: The "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. The device should not be operated at these limits. The parametric values defined in the "Electrical Characteristics" table are not guaranteed at the absolute maximum ratings. The "Recommended Operating Conditions" table will define the conditions for actual device operation.

### Electrical Characteristics

over recommended operating free air temperature range (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ (Note 2)	Max	Units
V <sub>I</sub>	Input Clamp Voltage	V <sub>CC</sub> = Min, I <sub>I</sub> = -18 mA			-1.5	V
V <sub>OH</sub>	High Level Output Voltage	V <sub>CC</sub> = Min, I <sub>OH</sub> = Max	DM54	2.5	3.4	V
		V <sub>IH</sub> = Min	DM74	2.7	3.4	
V <sub>OL</sub>	Low Level Output Voltage	V <sub>CC</sub> = Min, I <sub>OL</sub> = Max	DM54		0.25	V
		V <sub>IL</sub> = Max	DM74		0.35	
		I <sub>OL</sub> = 4 mA, V <sub>CC</sub> = Min	DM74		0.25	
I <sub>I</sub>	Input Current @ Max Input Voltage	V <sub>CC</sub> = Max, V <sub>I</sub> = 7V			0.1	mA
I <sub>IH</sub>	High Level Input Current	V <sub>CC</sub> = Max, V <sub>I</sub> = 2.7V			20	µA
I <sub>IL</sub>	Low Level Input Current	V <sub>CC</sub> = Max, V <sub>I</sub> = 0.4V			-0.36	mA
I <sub>OS</sub>	Short Circuit Output Current	V <sub>CC</sub> = Max	DM54	-20	-100	mA
		(Note 3)	DM74	-20	-100	
I <sub>CCH</sub>	Supply Current with Outputs High	V <sub>CC</sub> = Max		3.1	6.2	mA
I <sub>CCL</sub>	Supply Current with Outputs Low	V <sub>CC</sub> = Max		4.9	9.8	mA

### Switching Characteristics

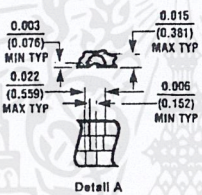
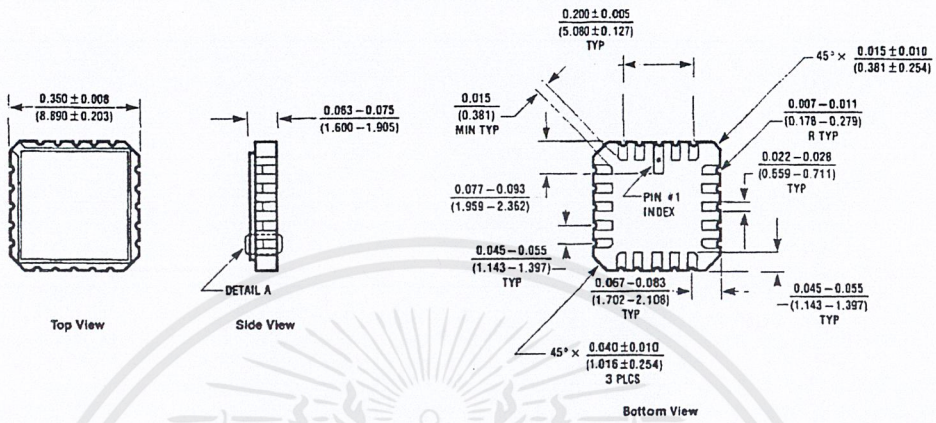
at V<sub>CC</sub> = 5V and T<sub>A</sub> = 25°C

Symbol	Parameter	R <sub>L</sub> = 2 kΩ				Units
		C <sub>L</sub> = 15 pF		C <sub>L</sub> = 50 pF		
		Min	Max	Min	Max	
t <sub>PLH</sub>	Propagation Delay Time Low to High Level Output	3	11	4	15	ns
t <sub>PHL</sub>	Propagation Delay Time High to Low Level Output	3	11	4	15	ns

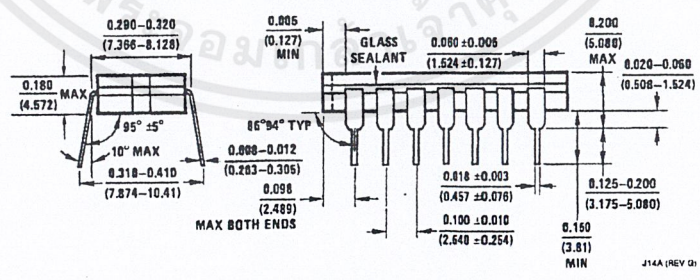
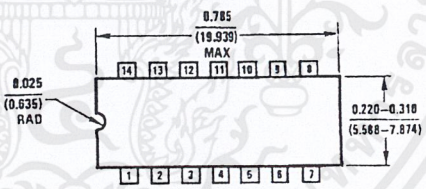
Note 2: All typicals are at V<sub>CC</sub> = 5V, T<sub>A</sub> = 25°C.

Note 3: Not more than one output should be shorted at a time, and the duration should not exceed one second.

**Physical Dimensions** inches (millimeters) unless otherwise noted

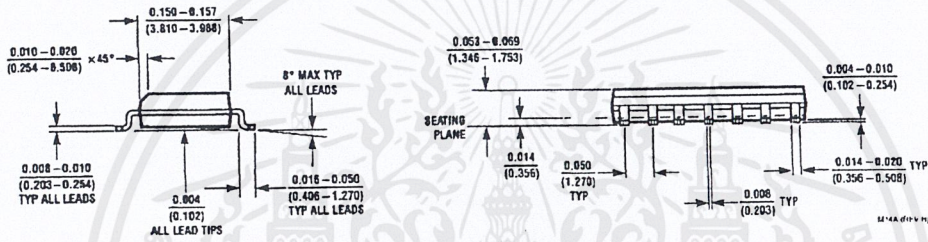
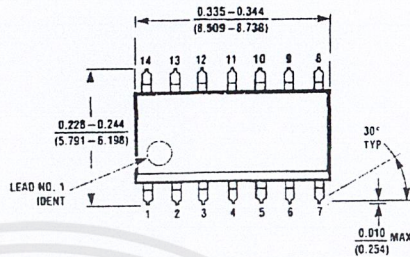


Ceramic Leadless Chip Carrier Package (E)  
Order Number 54LS32LMQB  
Package Number E20A

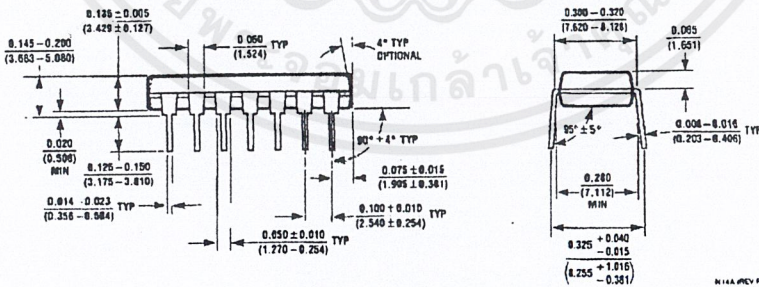
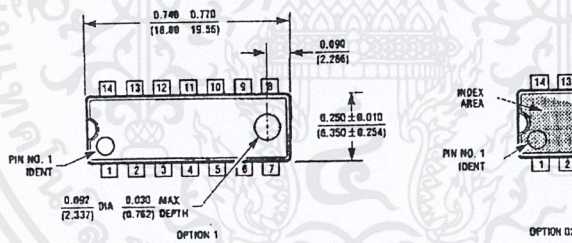


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Physical Dimensions** inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



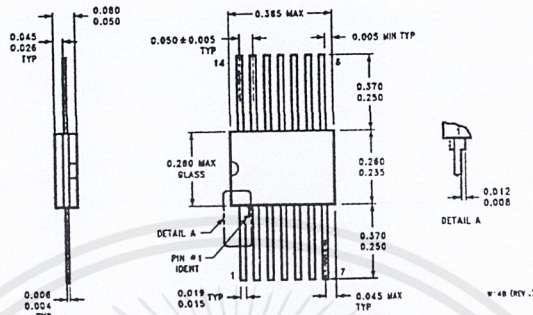
**14-Lead Small Outline Molded Package (M)**  
**Order Number DM74LS32M**  
**Package Number M14A**



**14-Lead Molded Dual-In-Line Package (N)**  
**Order Number DM74LS32N**  
**Package Number N14A**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Physical Dimensions** inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



14-Lead Ceramic Flat Package (W)  
Order Number 54LS32FMB or DM54LS32W  
Package Number W14B

**LIFE SUPPORT POLICY**

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component in any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

Fairchild Semiconductor Corporation  
Americas  
Customer Response Center  
Tel: 1-888-522-5372

Fairchild Semiconductor Europe  
Fax: +49 (0) 1 80-530 85 86  
Email: europe.support@fsc.com  
Deutsch Tel: +49 (0) 8 141-35-0  
English Tel: +44 (0) 1 793-85-68-56  
Italy Tel: +39 (0) 2 57 5631

Fairchild Semiconductor Hong Kong Ltd.  
13th Floor, Straight Block,  
Ocean Centre, 5 Canton Rd.  
Tsimshesui, Kowloon  
Hong Kong  
Tel: +852 2737-7200  
Fax: +852 2314-0961

National Semiconductor Japan Ltd.  
Tel: 81-3-5620-6175  
Fax: 81-3-5620-6179

www.fairchildsemi.com

Fairchild does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and Fairchild reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Photo Modules for PCM Remote Control Systems

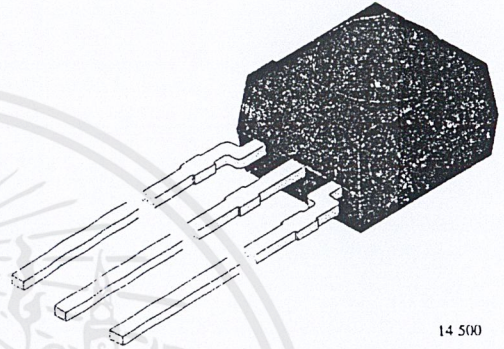
## Available types for different carrier frequencies

Type	fo	Type	fo
TSOP4830	30 kHz	TSOP4833	33 kHz
TSOP4836	36 kHz	TSOP4837	36.7 kHz
TSOP4838	38 kHz	TSOP4840	40 kHz
TSOP4856	56 kHz		

## Description

The TSOP48.. – series are miniaturized receivers for infrared remote control systems. PIN diode and preamplifier are assembled on lead frame, the epoxy package is designed as IR filter.

The demodulated output signal can directly be decoded by a microprocessor. TSOP48.. is the standard IR remote control receiver series, supporting all major transmission codes.

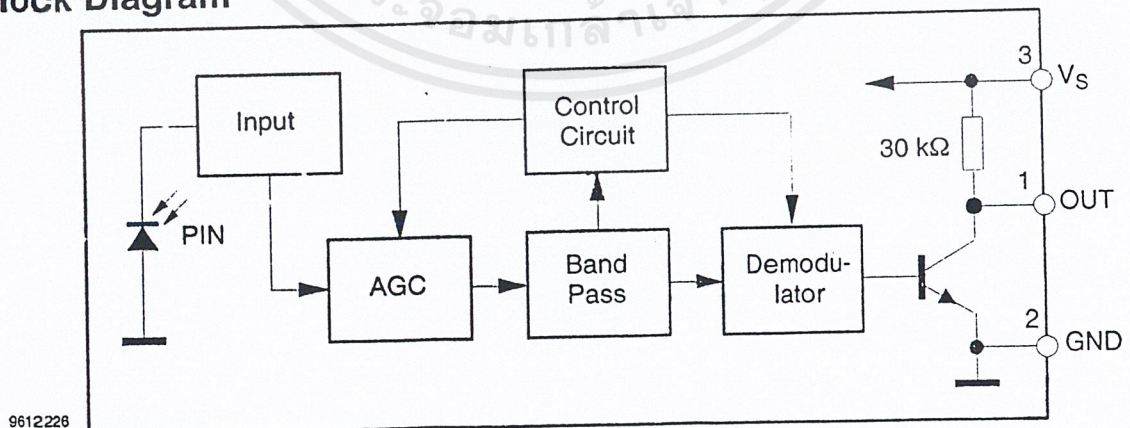


14 500

## Features

- Photo detector and preamplifier in one package
- Internal filter for PCM frequency
- Improved shielding against electrical field disturbance
- TTL and CMOS compatibility
- Output active low
- Low power consumption
- High immunity against ambient light
- Continuous data transmission possible (800 bit/s)
- Suitable burst length  $\geq 10$  cycles/burst

## Block Diagram



9612226

### Absolute Maximum Ratings

T<sub>amb</sub> = 25°C

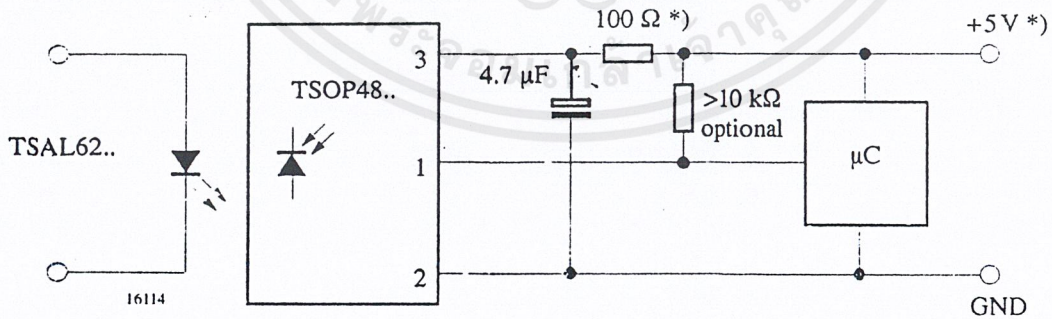
Parameter	Test Conditions	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	(Pin 3)	V <sub>S</sub>	-0.3...6.0	V
Supply Current	(Pin 3)	I <sub>S</sub>	5	mA
Output Voltage	(Pin 1)	V <sub>O</sub>	-0.3...6.0	V
Output Current	(Pin 1)	I <sub>O</sub>	5	mA
Junction Temperature		T <sub>j</sub>	100	°C
Storage Temperature Range		T <sub>stg</sub>	-25...+85	°C
Operating Temperature Range		T <sub>amb</sub>	-25...+85	°C
Power Consumption	(T <sub>amb</sub> ≤ 85 °C)	P <sub>tot</sub>	50	mW
Soldering Temperature	t ≤ 10 s, 1 mm from case	T <sub>sd</sub>	260	°C

### Basic Characteristics

T<sub>amb</sub> = 25°C

Parameter	Test Conditions	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Supply Current (Pin 3)	V <sub>S</sub> = 5 V, E <sub>v</sub> = 0	I <sub>SD</sub>	0.8	1.1	1.5	mA
	V <sub>S</sub> = 5 V, E <sub>v</sub> = 40 klx, sunlight	I <sub>SH</sub>		1.4		mA
Supply Voltage (Pin 3)		V <sub>S</sub>	4.5		5.5	V
Transmission Distance	E <sub>v</sub> = 0, test signal see fig.7, IR diode TSAL6200, I <sub>F</sub> = 250 mA	d		35		m
Output Voltage Low (Pin 1)	I <sub>O</sub> SL = 0.5 mA, E <sub>θ</sub> = 0.7 mW/m <sup>2</sup>	V <sub>O</sub> SL			250	mV
Irradiance (30 – 40 kHz)	Pulse width tolerance: t <sub>pi</sub> - 5/f <sub>o</sub> < t <sub>po</sub> < t <sub>pi</sub> + 6/f <sub>o</sub> , test signal see fig.7	E <sub>θ</sub> min		0.2	0.4	mW/m <sup>2</sup>
Irradiance (56 kHz)	Pulse width tolerance: t <sub>pi</sub> - 5/f <sub>o</sub> < t <sub>po</sub> < t <sub>pi</sub> + 6/f <sub>o</sub> , test signal see fig.7	E <sub>θ</sub> min		0.3	0.6	mW/m <sup>2</sup>
Irradiance	t <sub>pi</sub> - 5/f <sub>o</sub> < t <sub>po</sub> < t <sub>pi</sub> + 6/f <sub>o</sub>	E <sub>θ</sub> max	30			W/m <sup>2</sup>
Directivity	Angle of half transmission distance	φ <sub>1/2</sub>		±45		deg

### Application Circuit



\*) recommended to suppress power supply disturbances

## Suitable Data Format

The circuit of the TSOP48.. is designed in that way that unexpected output pulses due to noise or disturbance signals are avoided. A bandpassfilter, an integrator stage and an automatic gain control are used to suppress such disturbances.

The distinguishing mark between data signal and disturbance signal are carrier frequency, burst length and duty cycle.

The data signal should fulfill the following condition:

- Carrier frequency should be close to center frequency of the bandpass (e.g. 38kHz).
- Burst length should be 10 cycles/burst or longer.
- After each burst which is between 10 cycles and 70 cycles a gap time of at least 14 cycles is necessary.
- For each burst which is longer than 1.8ms a corresponding gap time is necessary at some time in the data stream. This gap time should be at least 4 times longer than the burst.
- Up to 800 short bursts per second can be received continuously.

Some examples for suitable data format are: NEC Code, Toshiba Micom Format, Sharp Code, RC5 Code, RC6 Code, R-2000 Code.

When a disturbance signal is applied to the TSOP48.. it can still receive the data signal. However the sensitivity is reduced to that level that no unexpected pulses will occur.

Some examples for such disturbance signals which are suppressed by the TSOP48.. are:

- DC light (e.g. from tungsten bulb or sunlight)
- Continuous signal at 38kHz or at any other frequency
- Signals from fluorescent lamps with electronic ballast with high or low modulation (see Figure A or Figure B).

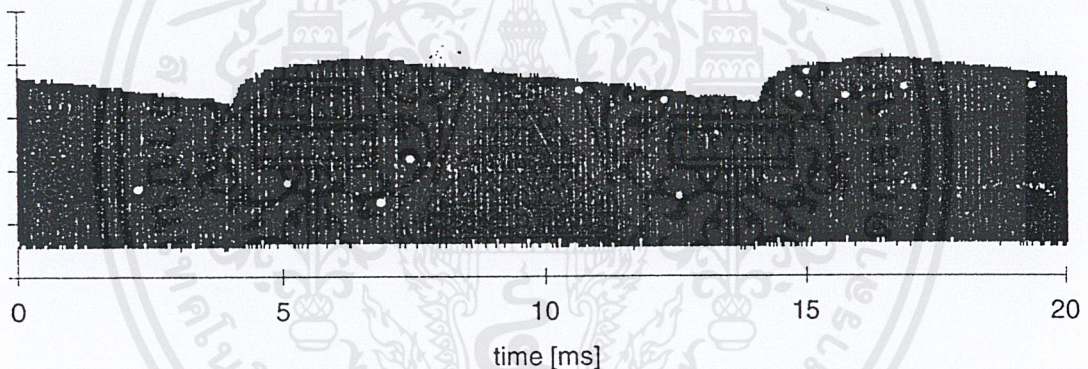


Figure A: IR Signal from Fluorescent Lamp with low Modulation

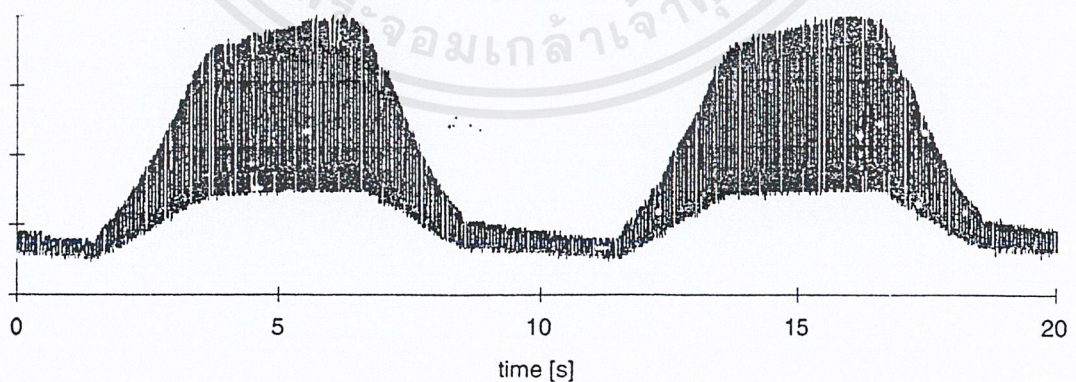


Figure B: IR Signal from Fluorescent Lamp with high Modulation

Typical Characteristics ( $T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$  unless otherwise specified)

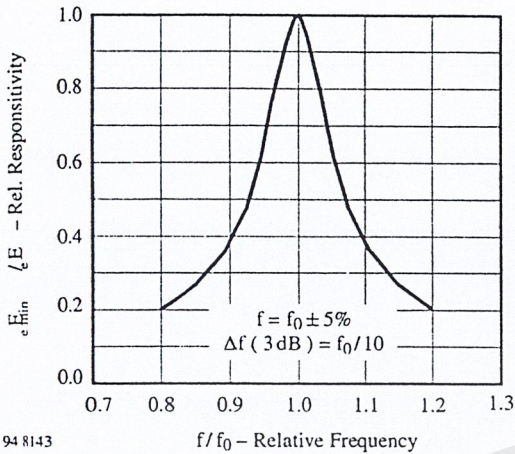


Figure 1. Frequency Dependence of Responsivity

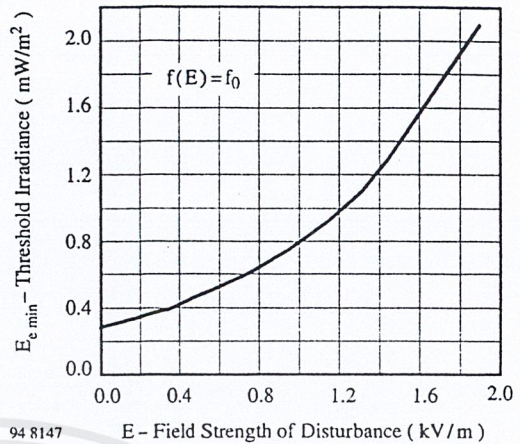


Figure 4. Sensitivity vs. Electric Field Disturbances

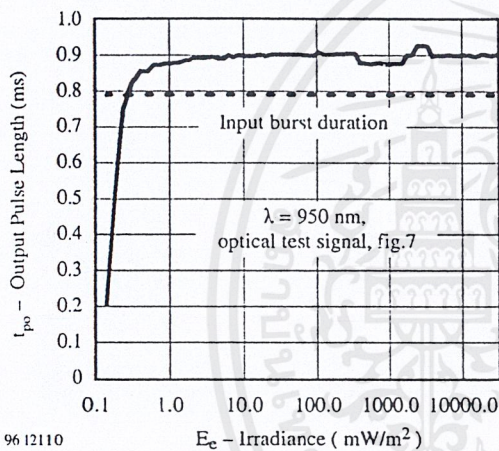


Figure 2. Sensitivity in Dark Ambient

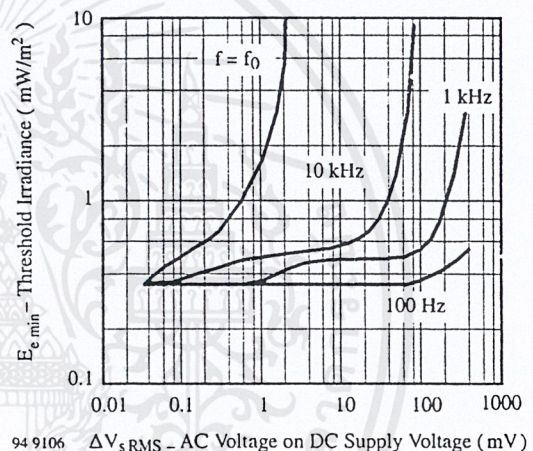


Figure 5. Sensitivity vs. Supply Voltage Disturbances

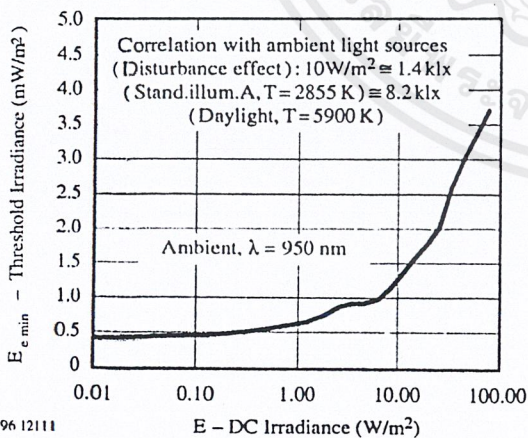


Figure 3. Sensitivity in Bright Ambient

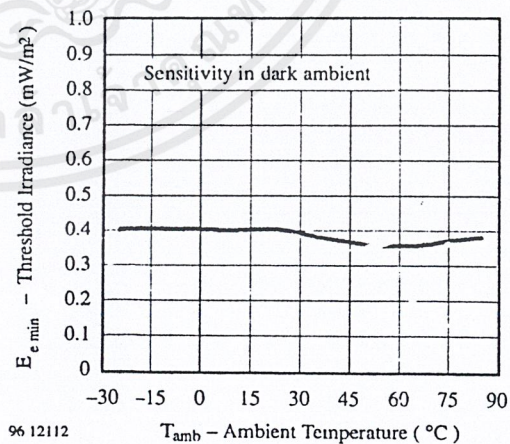


Figure 6. Sensitivity vs. Ambient Temperature

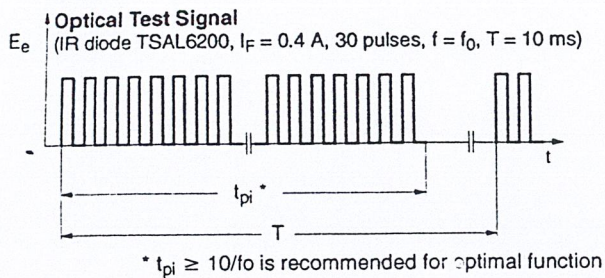


Figure 7.

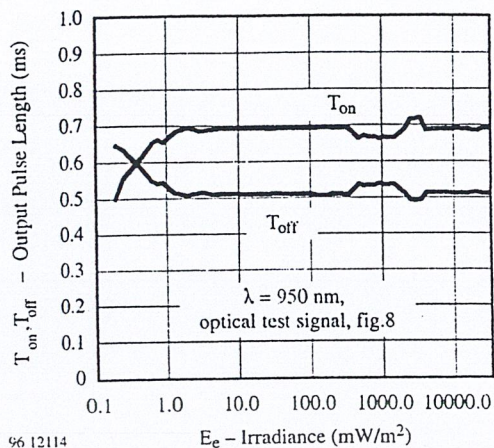


Figure 10. Output Pulse Diagram

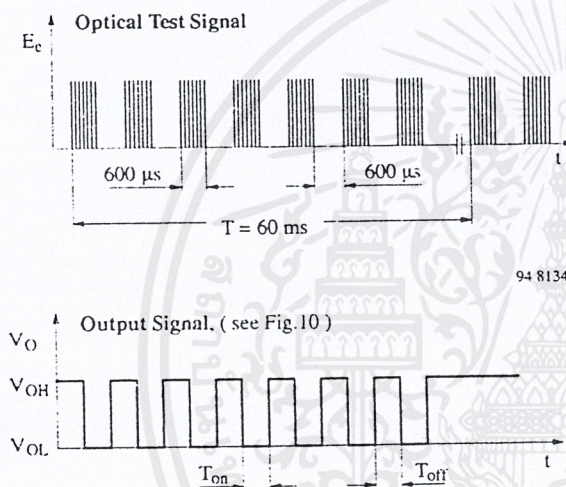


Figure 8. Output Function

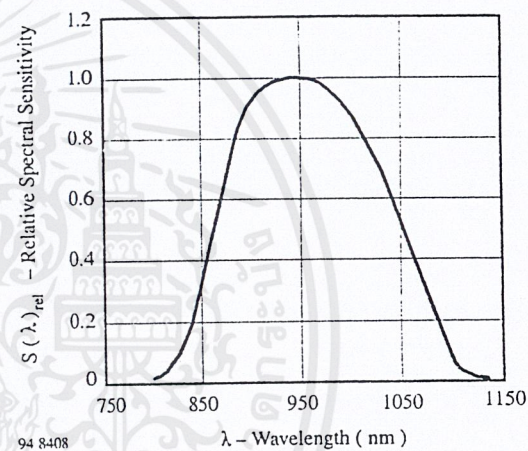


Figure 11. Relative Spectral Sensitivity vs. Wavelength

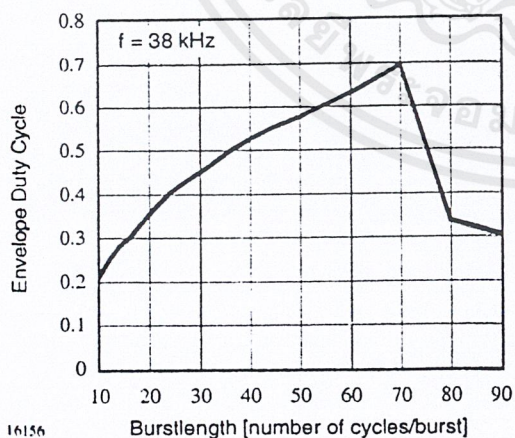


Figure 9. Max. Envelope Duty Cycle vs. Burstlength

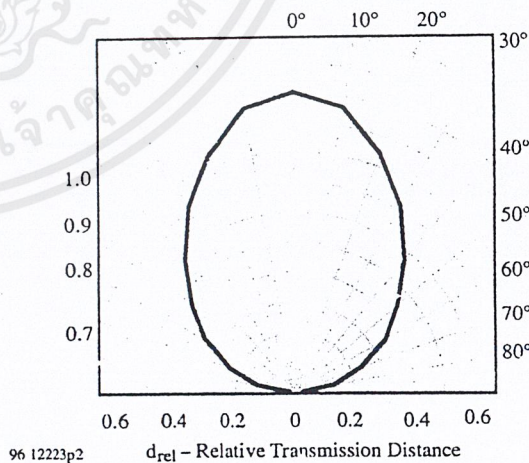
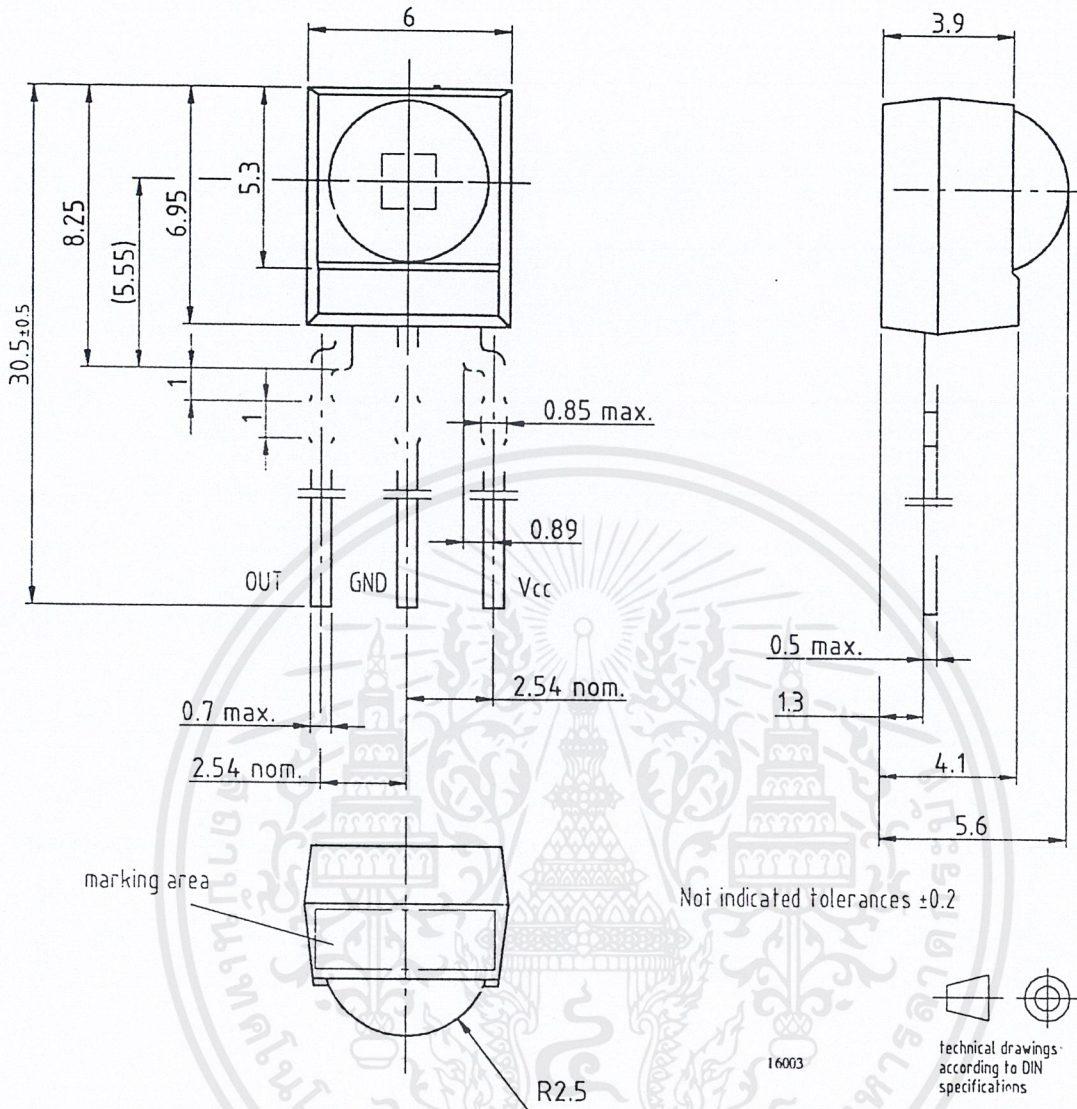


Figure 12. Directivity

Dimensions in mm



## Ozone Depleting Substances Policy Statement

It is the policy of **Vishay Semiconductor GmbH** to

1. Meet all present and future national and international statutory requirements.
2. Regularly and continuously improve the performance of our products, processes, distribution and operating systems with respect to their impact on the health and safety of our employees and the public, as well as their impact on the environment.

It is particular concern to control or eliminate releases of those substances into the atmosphere which are known as ozone depleting substances (ODSs).

The Montreal Protocol (1987) and its London Amendments (1990) intend to severely restrict the use of ODSs and forbid their use within the next ten years. Various national and international initiatives are pressing for an earlier ban on these substances.

**Vishay Semiconductor GmbH** has been able to use its policy of continuous improvements to eliminate the use of ODSs listed in the following documents.

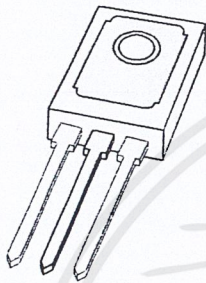
1. Annex A, B and list of transitional substances of the Montreal Protocol and the London Amendments respectively
2. Class I and II ozone depleting substances in the Clean Air Act Amendments of 1990 by the Environmental Protection Agency (EPA) in the USA
3. Council Decision 88/540/EEC and 91/690/EEC Annex A, B and C (transitional substances) respectively.

**Vishay Semiconductor GmbH** can certify that our semiconductors are not manufactured with ozone depleting substances and do not contain such substances.

**We reserve the right to make changes to improve technical design and may do so without further notice.** Parameters can vary in different applications. All operating parameters must be validated for each customer application by the customer. Should the buyer use Vishay-Telefunken products for any unintended or unauthorized application, the buyer shall indemnify Vishay-Telefunken against all claims, costs, damages, and expenses, arising out of, directly or indirectly, any claim of personal damage, injury or death associated with such unintended or unauthorized use.

Vishay Semiconductor GmbH, P.O.B. 3535, D-74025 Heilbronn, Germany  
Telephone: 49 (0)7131 67 2831, Fax number: 49 (0)7131 67 2423

# DATA SHEET



## **BD135; BD137; BD139** NPN power transistors

Product specification  
Supersedes data of 1997 Mar 04

1999 Apr 12

Philips  
Semiconductors



# PHILIPS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## NPN power transistors

## BD135; BD137; BD139

## FEATURES

- High current (max. 1.5 A)
- Low voltage (max. 80 V).

## APPLICATIONS

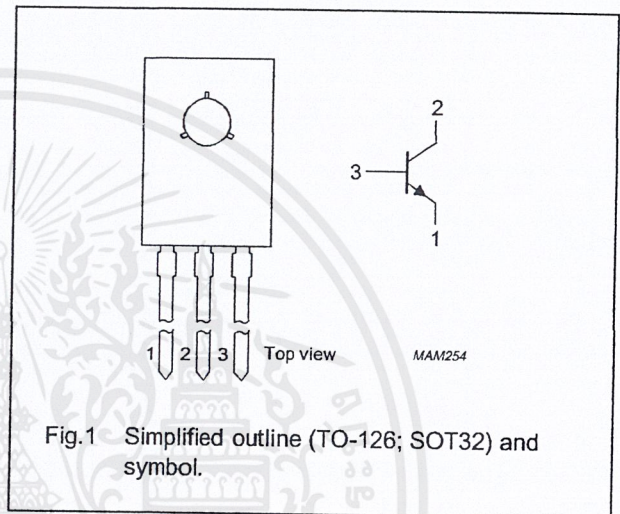
- Driver stages in hi-fi amplifiers and television circuits.

## DESCRIPTION

NPN power transistor in a TO-126; SOT32 plastic package. PNP complements: BD136, BD138 and BD140.

## PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	emitter
2	collector, connected to metal part of mounting surface
3	base



## LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
$V_{CBO}$	collector-base voltage	open emitter			
	BD135		—	45	V
	BD137		—	60	V
$V_{CEO}$	collector-emitter voltage	open base			
	BD135		—	45	V
	BD137		—	60	V
	BD139		—	80	V
$V_{EBO}$	emitter-base voltage	open collector	—	5	V
$I_C$	collector current (DC)		—	1.5	A
$I_{CM}$	peak collector current		—	2	A
$I_{BM}$	peak base current		—	1	A
$P_{tot}$	total power dissipation	$T_{mb} \leq 70\text{ }^\circ\text{C}$	—	8	W
$T_{stg}$	storage temperature		-65	+150	$^\circ\text{C}$
$T_j$	junction temperature		—	150	$^\circ\text{C}$
$T_{amb}$	operating ambient temperature		-65	+150	$^\circ\text{C}$

## NPN power transistors

BD135; BD137; BD139

## THERMAL CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	VALUE	UNIT
$R_{th\ j-a}$	thermal resistance from junction to ambient	note 1	100	K/W
$R_{th\ j-mb}$	thermal resistance from junction to mounting base		10	K/W

## Note

1. Refer to TO-126; SOT32 standard mounting conditions.

## CHARACTERISTICS

$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$  unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
$I_{CBO}$	collector cut-off current	$I_E = 0; V_{CB} = 30\text{ V}$	–	–	100	nA
		$I_E = 0; V_{CB} = 30\text{ V}; T_j = 125\text{ }^\circ\text{C}$	–	–	10	$\mu\text{A}$
$I_{EBO}$	emitter cut-off current	$I_C = 0; V_{EB} = 5\text{ V}$	–	–	100	nA
$h_{FE}$	DC current gain	$V_{CE} = 2\text{ V};$ (see Fig.2)				
		$I_C = 5\text{ mA}$	40	–	–	
		$I_C = 150\text{ mA}$	63	–	250	
	DC current gain BD135-10; BD137-10; BD139-10 BD135-16; BD137-16; BD139-16	$I_C = 500\text{ mA}$	25	–	–	
$I_C = 150\text{ mA}; V_{CE} = 2\text{ V};$ (see Fig.2)		63	–	160		
$V_{CEsat}$	collector-emitter saturation voltage	$I_C = 500\text{ mA}; I_B = 50\text{ mA}$	–	–	0.5	V
$V_{BE}$	base-emitter voltage	$I_C = 500\text{ mA}; V_{CE} = 2\text{ V}$	–	–	1	V
$f_T$	transition frequency	$I_C = 50\text{ mA}; V_{CE} = 5\text{ V};$ $f = 100\text{ MHz}$	–	190	–	MHz
$\frac{h_{FE1}}{h_{FE2}}$	DC current gain ratio of the complementary pairs	$ I_C  = 150\text{ mA};  V_{CE}  = 2\text{ V}$	–	1.3	1.6	

NPN power transistors

BD135; BD137; BD139

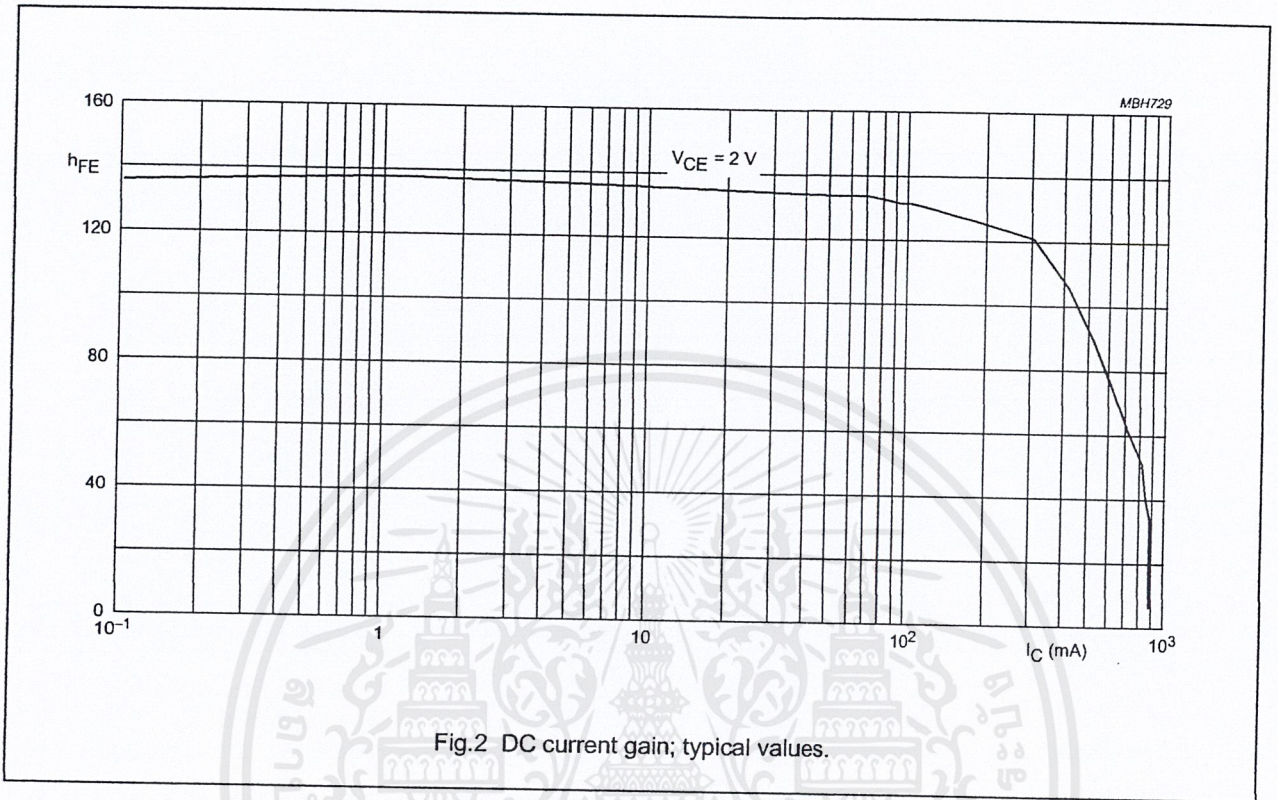


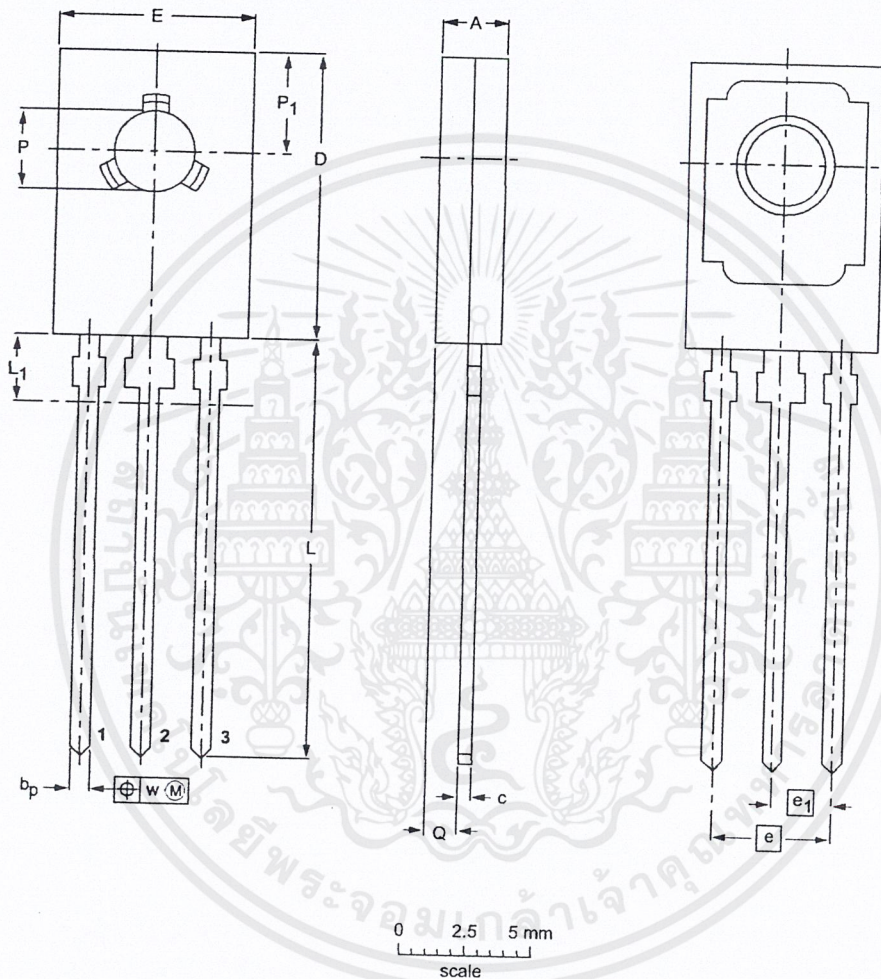
Fig.2 DC current gain; typical values.

NPN power transistors

BD135; BD137; BD139

PACKAGE OUTLINE

Plastic single-ended leaded (through hole) package; mountable to heatsink, 1 mounting hole; 3 leads SOT32



DIMENSIONS (mm are the original dimensions)

UNIT	A	$b_p$	c	D	E	e	$e_1$	L	$L_1^{(1)}$ max	Q	P	$P_1$	w
mm	2.7 2.3	0.88 0.65	0.60 0.45	11.1 10.5	7.8 7.2	4.58	2.29	16.5 15.3	2.54	1.5 0.9	3.2 3.0	3.9 3.6	0.254

Note

1. Terminal dimensions within this zone are uncontrolled to allow for flow of plastic and terminal irregularities.

OUTLINE VERSION	REFERENCES				EUROPEAN PROJECTION	ISSUE DATE
	IEC	JEDEC	EIAJ			
SOT32		TO-126				97-03-04

## NPN power transistors

BD135; BD137; BD139

## DEFINITIONS

<b>Data Sheet Status</b>	
Objective specification	This data sheet contains target or goal specifications for product development.
Preliminary specification	This data sheet contains preliminary data; supplementary data may be published later.
Product specification	This data sheet contains final product specifications.
<b>Limiting values</b>	
Limiting values given are in accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134). Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and operation of the device at these or at any other conditions above those given in the Characteristics sections of the specification is not implied. Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.	
<b>Application information</b>	
Where application information is given, it is advisory and does not form part of the specification.	

## LIFE SUPPORT APPLICATIONS

These products are not designed for use in life support appliances, devices, or systems where malfunction of these products can reasonably be expected to result in personal injury. Philips customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Philips for any damages resulting from such improper use or sale.

# Philips Semiconductors – a worldwide company

**Argentina:** see South America

**Australia:** 34 Waterloo Road, NORTH RYDE, NSW 2113, Tel. +61 2 9805 4455, Fax. +61 2 9805 4466

**Austria:** Computerstr. 6, A-1101 WIEN, P.O. Box 213, Tel. +43 1 60 101 1248, Fax. +43 1 60 101 1210

**Belarus:** Hotel Minsk Business Center, Bld. 3, r. 1211, Volodarski Str. 6, 220050 MINSK, Tel. +375 172 20 0733, Fax. +375 172 20 0773

**Belgium:** see The Netherlands

**Brazil:** see South America

**Bulgaria:** Philips Bulgaria Ltd., Energoproject, 15th floor, 51 James Bourchier Blvd., 1407 SOFIA, Tel. +359 2 68 9211, Fax. +359 2 68 9102

**Canada:** PHILIPS SEMICONDUCTORS/COMPONENTS, Tel. +1 800 234 7381, Fax. +1 800 943 0087

**China/Hong Kong:** 501 Hong Kong Industrial Technology Centre, 72 Tat Chee Avenue, Kowloon Tong, HONG KONG, Tel. +852 2319 7888, Fax. +852 2319 7700

**Colombia:** see South America

**Czech Republic:** see Austria

**Denmark:** Sydhavnsgade 23, 1780 COPENHAGEN V, Tel. +45 33 29 3333, Fax. +45 33 29 3905

**Finland:** Sinikallontie 3, FIN-02630 ESPOO, Tel. +358 9 615 800, Fax. +358 9 6158 0920

**France:** 51 Rue Carnot, BP317, 92156 SURESNES Cedex, Tel. +33 1 4099 6161, Fax. +33 1 4099 6427

**Germany:** Hammerbrookstraße 69, D-20097 HAMBURG, Tel. +49 40 2353 60, Fax. +49 40 2353 6300

**Hungary:** see Austria

**India:** Philips INDIA Ltd, Band Box Building, 2nd floor, 254-D, Dr. Annie Besant Road, Worli, MUMBAI 400 025, Tel. +91 22 493 8541, Fax. +91 22 493 0966

**Indonesia:** PT Philips Development Corporation, Semiconductors Division, Gedung Philips, Jl. Buncit Raya Kav.99-100, JAKARTA 12510, Tel. +62 21 794 0040 ext. 2501, Fax. +62 21 794 0080

**Ireland:** Newstead, Clonskeagh, DUBLIN 14, Tel. +353 1 7640 000, Fax. +353 1 7640 200

**Israel:** RAPAC Electronics, 7 Kehilat Saloniki St, PO Box 18053, TEL AVIV 61180, Tel. +972 3 645 0444, Fax. +972 3 649 1007

**Italy:** PHILIPS SEMICONDUCTORS, Piazza IV Novembre 3, 20124 MILANO, Tel. +39 2 6752 2531, Fax. +39 2 6752 2557

**Japan:** Philips Bldg 13-37, Kohnan 2-chome, Minato-ku, TOKYO 108-8507, Tel. +81 3 3740 5130, Fax. +81 3 3740 5077

**Korea:** Philips House, 260-199 Itaewon-dong, Yongsan-ku, SEOUL, Tel. +82 2 709 1412, Fax. +82 2 709 1415

**Malaysia:** No. 76 Jalan Universiti, 46200 PETALING JAYA, SELANGOR, Tel. +60 3 750 5214, Fax. +60 3 757 4880

**Mexico:** 5900 Gateway East, Suite 200, EL PASO, TEXAS 79905, Tel. +9-5 800 234 7381, Fax. +9-5 800 943 0087

**Middle East:** see Italy

**Netherlands:** Postbus 90050, 5600 PB EINDHOVEN, Bldg. VB, Tel. +31 40 27 82785, Fax. +31 40 27 88399

**New Zealand:** 2 Wagener Place, C.P.O. Box 1041, AUCKLAND, Tel. +64 9 849 4160, Fax. +64 9 849 7811

**Norway:** Box 1, Manglerud 0612, OSLO, Tel. +47 22 74 8000, Fax. +47 22 74 8341

**Pakistan:** see Singapore

**Philippines:** Philips Semiconductors Philippines Inc., 106 Valero St. Salcedo Village, P.O. Box 2108 MCC, MAKATI, Metro MANILA, Tel. +63 2 816 6380, Fax. +63 2 817 3474

**Poland:** Ul. Lukiska 10, PL 04-123 WARSZAWA, Tel. +48 22 612 2831, Fax. +48 22 612 2327

**Portugal:** see Spain

**Romania:** see Italy

**Russia:** Philips Russia, Ul. Usatcheva 35A, 119048 MOSCOW, Tel. +7 095 755 6918, Fax. +7 095 755 6919

**Singapore:** Lorong 1, Toa Payoh, SINGAPORE 319762, Tel. +65 350 2538, Fax. +65 251 6500

**Slovakia:** see Austria

**Slovenia:** see Italy

**South Africa:** S.A. PHILIPS Pty Ltd., 195-215 Main Road Martindale, 2092 JOHANNESBURG, P.O. Box 7430 Johannesburg 2000, Tel. +27 11 470 5911, Fax. +27 11 470 5494

**South America:** Al. Vicente Pinzon, 173, 6th floor, 04547-130 SÃO PAULO, SP, Brazil, Tel. +55 11 821 2333, Fax. +55 11 821 2382

**Spain:** Balmes 22, 08007 BARCELONA, Tel. +34 93 301 6312, Fax. +34 93 301 4107

**Sweden:** Kottbygatan 7, Akalia, S-16485 STOCKHOLM, Tel. +46 8 5985 2000, Fax. +46 8 5985 2745

**Switzerland:** Allmendstrasse 140, CH-8027 ZÜRICH, Tel. +41 1 488 2741 Fax. +41 1 488 3263

**Taiwan:** Philips Semiconductors, 6F, No. 96, Chien Kuo N. Rd., Sec. 1, TAIPEI, Taiwan Tel. +886 2 2134 2886, Fax. +886 2 2134 2874

**Thailand:** PHILIPS ELECTRONICS (THAILAND) Ltd., 209/2 Sanpavuth-Bangna Road Prakanong, BANGKOK 10260, Tel. +66 2 745 4090, Fax. +66 2 398 0793

**Turkey:** Talatpasa Cad. No. 5, 80640 GÜLTEPE/ISTANBUL, Tel. +90 212 279 2770, Fax. +90 212 282 6707

**Ukraine:** PHILIPS UKRAINE, 4 Patrice Lumumba str., Building B, Floor 7, 252042 KIEV, Tel. +380 44 264 2776, Fax. +380 44 268 0461

**United Kingdom:** Philips Semiconductors Ltd., 276 Bath Road, Hayes, MIDDLESEX UB3 5BX, Tel. +44 181 730 5000, Fax. +44 181 754 8421

**United States:** 811 East Arques Avenue, SUNNYVALE, CA 94088-3409, Tel. +1 800 234 7381, Fax. +1 800 943 0087

**Uruguay:** see South America

**Vietnam:** see Singapore

**Yugoslavia:** PHILIPS, Trg N. Pasica 5/v, 11000 BEOGRAD, Tel. +381 11 62 5344, Fax. +381 11 63 5777

For all other countries apply to: Philips Semiconductors, International Marketing & Sales Communications, Building BE-p, P.O. Box 218, 5600 MD EINDHOVEN, The Netherlands, Fax. +31 40 27 24825

Internet: <http://www.semiconductors.philips.com>

© Philips Electronics N.V. 1999

SCA63

All rights are reserved. Reproduction in whole or in part is prohibited without the prior written consent of the copyright owner.

The information presented in this document does not form part of any quotation or contract, is believed to be accurate and reliable and may be changed without notice. No liability will be accepted by the publisher for any consequence of its use. Publication thereof does not convey nor imply any license under patent- or other industrial or intellectual property rights.

Printed in The Netherlands

115002/00/03/pp8

Date of release: 1999 Apr 12

Document order number: 9397 750 05576

*Let's make things better*

**Philips  
Semiconductors**



**PHILIPS**

Philips Semiconductors เป็นบริษัทที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น กรุณาติดต่อ Philips Semiconductors  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Dim s, st, dat, tempinput, newname, oldname As String 's=filepath ,
st=filename
Dim marray()
Dim aarray()
Dim wait, now, lcount As Integer
Dim fsize

```

```

Private Sub Command1_Click()
Dim i
On Error GoTo errline
For i = 1 To UBound(marray)
Text.Text = Text.Text & marray(i) & ","
Next i

```

```

errline:
End Sub

```

```

Private Sub Command2_Click()
Me.mnuFileSend.Enabled = True

```

```

End Sub

```

```

Private Sub Command3_Click()
Dim i
On Error GoTo errline
For i = 1 To UBound(aarray)
Text.Text = Text.Text & aarray(i) & ","
Next i

```

```

errline:
End Sub

```

```

Private Sub Form_Load()
Me.mnuFileSend.Enabled = False
Me.mnuFileReceive.Enabled = False
MSComm1.CommPort = GetSetting(App.Title, "Settings", "CommPort",
1)
MSComm1.Settings = GetSetting(App.Title, "Settings", "Set",
"9600,N,8,1")
rank.Text = GetSetting(App.Title, "Settings", "rank", "1")
Combo1.Text = MSComm1.CommPort
Combo2.Text = Left(MSComm1.Settings, Len(MSComm1.Settings) - 6)
Select Case Combo2.Text
Case "110"
wait = 500
Case "300"
wait = 400
Case "600"
wait = 300
Case "1200"
wait = 200
Case Else
wait = 100
End Select
lcount = 0
now = Val(rank.Text) + 1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

isend = False
ReDim marray(1)
ReDim aarray(1)
MSComm1.PortOpen = True
End Sub

```

```

Private Sub mnuFileSend_Click()
    If Me.filename.Text = "" Or Li.Text = "" Then
        'Text.Text = Text.Text & vbNewLine & "Select file and
destination"
        Exit Sub
    Else
        putmarray
    End If
End Sub

```

```

Private Sub set_Click()
Dim o As Boolean
Select Case Combo2.Text
    Case "110"
        wait = 500
    Case "300"
        wait = 400
    Case "600"
        wait = 300
    Case "1200"
        wait = 200
    Case Else
        wait = 100
End Select
If MSComm1.PortOpen = True Then
    MSComm1.PortOpen = False
    o = True
End If
MSComm1.CommPort = Combo1.Text
MSComm1.Settings = Combo2.Text & ",N,8,1"
SaveSetting App.Title, "Settings", "CommPort", MSComm1.CommPort
SaveSetting App.Title, "Settings", "Set", MSComm1.Settings
SaveSetting App.Title, "Settings", "rank", rank.Text
If o = True Then
    MSComm1.PortOpen = True
    o = False
Else
    MSComm1.PortOpen = False
End If
now = Val(rank.Text) + 1
End Sub

```

```

Private Sub Dir1_Change()
    File1.Path = Dir1.Path
    If Len(Dir1.Path) = 3 Then
        filename.Text = Dir1.Path
    Else
        filename.Text = Dir1.Path & "\"
    End If
End Sub

```

```

Private Sub Drive1_Change()
    On Error GoTo errline
    Dir1.Path = Drive1.Drive
Exit Sub

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

errline:
  Drive1.Drive = "c:\"
  Resume Next

End Sub

Private Sub File1_Click()

  If Len(Dir1.Path) = 3 Then
    filename.Text = Dir1.Path & File1.filename
  Else
    filename.Text = Dir1.Path & "\" & File1.filename
  End If
  s = filename.Text
  st = File1.filename
  Open s For Binary Access Read As #1
  fsize = LOF(1)
  Text1.Text = fsize
  Close (1)
End Sub

Private Sub mnuHelpAbout_Click()
  Text.Text = Text.Text & vbNewLine & "Version " & App.Major & "."
  & App.Minor & "." & App.Revision
End Sub

Private Sub mnuFileExit_Click()
  Unload Me
End Sub

Private Sub mnuFileProperties_Click()
  Text.Text = Text.Text & vbNewLine & ("CommPort " &
  MSComm1.CommPort & vbNewLine & "Baud Rate " &
  Left(MSComm1.Settings, Len(MSComm1.Settings) - 6) & vbNewLine &
  "parity value " & N & vbNewLine & "data bit value " & 8 & vbNewLine
  & "stop bit value " & 1) & vbNewLine & "Wait " & wait & " ms"
  Combo1.Text = MSComm1.CommPort
  Combo2.Text = Left(MSComm1.Settings, Len(MSComm1.Settings) - 6)
End Sub

Private Sub mnuFileReceive_Click()
  Name oldname As filename
End Sub

Private Sub mnuNetworkJoin_network_Click()
  Text.Text = Text.Text & vbNewLine & "Wait for reply"
End Sub

Private Sub mnuNetworkCreate_network_Click()
  'Only use for first detect
  ReDim marray(2)
  marray(1) = rank.Text
  marray(2) = "new"
  Me.Overalltimer.Tag = "Create"
  MSComm1.Output = "!" & now & "*"
  Me.Overalltimer.Interval = wait
End Sub

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Private Sub MSComm1_OnComm()
Dim ip
  Select Case MSComm1.CommEvent
    Case 2
      ip = MSComm1.Input
      If ip = "*" Then Me.Overalltimer.Interval = 0
      tempinput = tempinput & ip
      ip = ""

      If Right(tempinput, 1) = "*" Then
        dat = Left(tempinput, Len(tempinput) - 1)
        tempinput = ""

        If Left(dat, Len(rank.Text) + 1) = rank.Text & "-"
Then
          Rx
          Exit Sub
        End If

        Select Case dat
          Case "!" & rank.Text
            MSComm1.Output = "~" & rank.Text & "*"
            Text.Text = Text.Text & vbNewLine &
"Detect!"
            Me.MediaPlayer1.filename = "C:\My
Documents\Project3\Beep.wav"
            Exit Sub
          Case "~" & now
            getnewmember
            Exit Sub

        End Select

        Select Case Left(dat, 2)
          Case "!!"
            setnewmember
            Exit Sub
          Case "???"
            If Right(dat, Len(rank.Text)) = rank.Text
Then runmarray
            Exit Sub

        End Select

      Else
        Exit Sub
      End If

    End Select
  End Sub

```

```

Private Sub Overalltimer_Timer()
  Select Case Me.Overalltimer.Tag

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

'Me.Overalltimer.Tag = ""
Overalltimer.Interval = 0
now = now + 1
If now > Val(max.Text) Then now = 0
'return find next member
MSComm1.Output = "!" & now & "*"
Me.Overalltimer.Interval = wait
Exit Sub
Case "new"
now = now + 1
Me.Overalltimer.Interval = 0
MSComm1.Output = "%%" & marray(1) & "*"
Case "noresp"
getnewone

```

```

End Select
End Sub

```

```

Sub getnewmember()
Dim i

```

```

Me.Overalltimer.Tag = ""
marray(UBound(marray)) = now
ReDim Preserve marray(UBound(marray) + 1)
marray(UBound(marray)) = "new"
'send new marray to new com and other
Me.mnuNetworkCreate_network.Enabled = False
Me.mnuFileSend.Enabled = True
Li.Clear
For i = 1 To UBound(marray) - 1
If marray(i) <> rank.Text Then Li.AddItem marray(i)
Next i
MSComm1.Output = "!!"
For i = 1 To UBound(marray) - 1
MSComm1.Output = "," & marray(i)
Next i
MSComm1.Output = "*"

```

```

End Sub

```

```

Sub setnewmember()
Dim i, c, ii

```

```

c = 0
If UBound(marray) < 2 Then
ReDim marray(1)
dat = Right(dat, Len(dat) - 3)

For i = 1 To Len(dat)
If Mid(dat, i, 1) = "," Then c = c + 1
Next i

For ii = 1 To c
For i = 1 To Len(dat)
If Mid(dat, i, 1) = "," Then Exit For
Next i
marray(UBound(marray)) = Left(dat, i - 1)
dat = Right(dat, Len(dat) - i)
ReDim Preserve marray(UBound(marray) + 1)
Next ii

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

marray(UBound(marray)) = dat
dat = ""
ReDim Preserve marray(UBound(marray) + 1)
marray(UBound(marray)) = "new"
Text.Text = Text.Text & vbNewLine & "End setup"
Me.mnuNetworkCreate_network.Enabled = False
Me.mnuFileSend.Enabled = True
Li.Clear
For i = 1 To UBound(marray) - 1
    If marray(i) <> rank.Text Then Li.AddItem marray(i)
Next i
MSComm1.Output = "%%" & marray(1) & "*"
Else

For i = Len(dat) To 1 Step -1
    If Mid(dat, i, 1) = "," Then Exit For
Next i
marray(UBound(marray)) = Right(dat, Len(dat) - i)
dat = ""
ReDim Preserve marray(UBound(marray) + 1)
marray(UBound(marray)) = "new"
Me.mnuNetworkCreate_network.Enabled = False
Me.mnuFileSend.Enabled = True
Li.Clear
For i = 1 To UBound(marray) - 1
    If marray(i) <> rank.Text Then Li.AddItem marray(i)
Next i
MSComm1.Output = "%%" & marray(1) & "*"
End If

End Sub

Sub putmarray()
Dim i, ii
For i = 1 To UBound(aarray)
    If Len(aarray(i)) >= 1 Then
        For ii = 1 To Len(aarray(i))
            If Mid(aarray(i), ii, 1) = "-" Then Exit For
        Next ii
        If Li.Text = Left(aarray(i), ii - 1) Then
            Me.waitsend.Text = Me.waitsend.Text & Li.Text & "-" &
filename.Text & "-" & fsize & ", "
            send
            'go to sub send file *****
            Exit Sub
        End If
    End If
Next i
For i = 1 To UBound(aarray)
    If Len(aarray(i)) = 0 Then
        aarray(i) = Li.Text & "-" & filename.Text & "-" & "1"
    End If
Next i
ReDim Preserve aarray(UBound(aarray) + 1)

Sendf.Show
Sendf.Label1(lcount).Caption = "To " & Li.Text & "-" &
Me.filename.Text & " 0%"
Sendf.Label1(lcount).Tag = fsize
For i = 0 To 10

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        If Sendf.Label1(i).Caption = "" Then
            lcount = i
            send
            Exit Sub
        End If
    Next i

End Sub

Sub send()
Dim i, ii, iii, lc, lcc, destination, filepath, position, mytemp
Dim x As Byte
    'read aarray and send

    For i = 1 To UBound(aarray)
        If aarray(i) <> "" Then
            mytemp = aarray(i)
            For ii = 1 To Len(mytemp)
                If Mid(mytemp, ii, 1) = "-" Then Exit For
            Next ii
            destination = Left(mytemp, ii - 1)
            mytemp = Right(mytemp, Len(mytemp) - ii)

            For ii = 1 To Len(mytemp)
                If Mid(mytemp, ii, 1) = "-" Then Exit For
            Next ii
            filepath = Left(mytemp, ii - 1)
            mytemp = Right(mytemp, Len(mytemp) - ii)
            position = Val(mytemp)
            ii = Len(mytemp) 'for write new position

            Open filepath For Binary Access Read As #1

            Get #1, position, x
            For lc = 0 To 10
                If Mid(Sendf.Label1(lc).Caption, 4, Len(destination))
= destination Then Exit For
            Next lc

            For lcc = Len(Sendf.Label1(lc).Caption) To 1 Step -1
                If Mid(Sendf.Label1(lc).Caption, lcc, 1) = " " Then
Exit For
            Next lcc
            Sendf.Label1(lc).Caption = Left(Sendf.Label1(lc).Caption,
lcc) & Round(position / Val(Sendf.Label1(lc).Tag) * 100) & "%

        If EOF(1) = True Then
            Text.Text = Text.Text & vbNewLine & ("Success Send "
& filepath)

            'send file name to destination
            For iii = Len(filepath) To iii = 1 Step -1
                If Mid(filepath, iii, 1) = "\" Then Exit For
            Next iii
            'end send del marray and put wait send instead

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MSComml.Output = destination & "-" & rank.Text & "-"
& position & "-" & x & "-" & Right(filepath, Len(filepath) - iii) &
"# " & "*"

For iii = 1 To Len(waitsend.Text)
    If Mid(waitsend.Text, iii, 1) = "," Then Exit For
Next iii
aarray(i) = Left(waitsend.Text, iii - 1)

For iii = 1 To Len(waitsend.Text)
    If Mid(aarray(i), iii, 1) = "-" Then Exit For
Next iii
aarray(i) = Left(waitsend.Text, iii - 1)
'get fsize to capture ??? -> next time

Else
    MSComml.Output = destination & "-" & rank.Text & "-"
& position & "-" & x & "*"

    'send destination + source + data
End If
'write new position
If aarray(i) <> "" Then
    aarray(i) = Left(aarray(i), Len(aarray(i)) - ii) &
position + 1
End If
Close #1
End If
Next i
'success send all in order call for next
For i = 1 To UBound(marray)
    If marray(i) = rank.Text Then Exit For
Next i
If marray(i + 1) = "new" Then
    getnewone
    Exit Sub
Else
    MSComml.Output = "***" & marray(i + 1) & "*"
    'Me.Overalltimer.Tag = "noresp"
    'Me.Overalltimer.Interval = wait

End If

End Sub

Sub Rx()
Dim i, mytemp, source, position, name
Dim x As Byte
'at eof write filename
mytemp = Right(dat, Len(dat) - Len(rank.Text) - 1)

For i = 1 To Len(mytemp)
    If Mid(mytemp, i, 1) = "-" Then Exit For
Next i
source = Left(mytemp, i - 1)
mytemp = Right(mytemp, Len(mytemp) - i)

For i = 1 To Len(mytemp)
    If Mid(mytemp, i, 1) = "-" Then Exit For
Next i

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

position = Val(Left(mytemp, i - 1))
mytemp = Right(mytemp, Len(mytemp) - i)

If Right(mytemp, 1) = "#" Then
'Eof
mytemp = Left(mytemp, Len(mytemp) - 1)
For i = 1 To Len(mytemp)
    If Mid(mytemp, i, 1) = "-" Then Exit For
Next i
x = Val(Left(mytemp, i - 1))
name = Right(mytemp, Len(mytemp) - i)
Open "c:\project\" & source For Binary Access Write As #1
Put #1, position, x
Close #1
oldname = "c:\project\" & source
newname = "c:\project\" & name
filename.Text = "c:\project\" & name
Text.Text = "Click receive to save file "
'rename ?????????????????????????????????????????????????????????????
Text.Text = Text.Text & "receive " & name
Me.mnuFileReceive.Enabled = True

Else
x = Val(mytemp)
Open "c:\project\" & source For Binary Access Write As #1
Put #1, position, x
Close #1

End If

End Sub

Sub runmarray()
Dim i
'if want to send go to put marray if no call next
For i = 1 To UBound(aarray)
    If aarray(i) <> "" Then
        send
        Exit Sub
    End If
Next i
For i = 1 To UBound(marray)
    If marray(i) = rank.Text Then Exit For
Next i
If marray(i + 1) = "new" Then
    getnewone
    Exit Sub
Else
    MSComm1.Output = "***" & marray(i + 1) & "***"
End If

End Sub

Sub getnewone()
'send now+1 and return to marray
MSComm1.Output = "!" & now & "***"
Me.Overalltimer.Tag = "new"
Me.Overalltimer.Interval = wait

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

End Sub



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

ปราโมทย์ พลังสันติกุล . ไมโครคอมพิวเตอร์ 161 . กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น .

รศ. ยืน ภู่วรวรรณ . การสื่อสารข้อมูลและไมโครคอมพิวเตอร์เน็ตเวิร์ค . กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น , 2521 , 243 หน้า .

จิรศักดิ์ เหลืองอุไร . กัมภีร์การใช้งาน การสื่อสารอนุกรมบน PC . กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น , 2538 , 372 หน้า .

สุรัชย์ เพิ่มสินทวี . นำทางสู่การใช้งาน การสื่อสารข้อมูลด้วยระบบ MODEM . กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น , 2537 , 365 หน้า .



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้