

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

**ระบบควบคุมความปลอดภัยผ่านเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ
SECURITY CONTROL SYSTEM VIA MOBILE PHONE**

โดย

นาย ปราโมทย์ อุบลหาล้า รหัส 47010434

นาย ปรีวุฒิ อินทะสีดา รหัส 47010439

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. กสิน วิเชียรชม

รพ.
214525
2550

เลขานุ.....

เลขทะเบียน..... 82204

วัน,เดือน,ปี... 9... 0... 2551

ปริญญาานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

b. 11945813

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้... ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมความปลอดภัยผ่านเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ
SECURITY CONTROL SYSTEM VIA MOBILE PHONE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ ปีการศึกษา 2550

ภาควิชา อิเลคทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบควบคุมความปลอดภัยผ่านเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ

SECURITY CONTROL SYSTEM VIA MOBILE PHONE

ผู้จัดทำ

1. นาย ปราโมทย์ อุบลหาล้า รหัส 47010434 ชั้นปีที่ 4

2. นาย ปรีวุฒิ อินทะสีดา รหัส 47010439 ชั้นปีที่ 4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบควบคุมความปลอดภัยผ่านเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ

นาย ปราโมทย์ อุบลหล้า รหัส 47010434

นาย ปรีวุฒิ อินทะสีดา รหัส 47010439

ดร. กสิน วิเชียรชม อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2550

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นระบบควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและตรวจสอบความปลอดภัยภายในบ้านผ่านเครือข่าย Global System for Mobile communication (GSM) โดยผู้ใช้สามารถส่งคำสั่งตรวจสอบ หรือ ควบคุม ผ่านทาง Short Message Service (SMS) มายังอุปกรณ์ภาครับ ซึ่งประกอบไปด้วย โทรศัพท์มือถือ และ MCU โดย MCU ทำหน้าที่ถอดรหัสคำสั่งที่เก็บไว้ในโทรศัพท์มือถือเพื่อนำไปตรวจสอบ หรือ ควบคุม อุปกรณ์ให้ทำงานตามคำสั่ง และรายงานสถานะการทำงานของอุปกรณ์กลับมายังผู้ใช้ด้วยวิธีการส่ง SMS ได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SECURITY CONTROL SYSTEM VIA MOBILE PHONE

Mr. Pramote Ubolla ID. 47010434

Mr. Pariwutt Inthaseeda ID. 47010437

Dr. Kasin Vichienchom Advisor

Educational Year 2007

Abstract

This report describes the design for security control system and home appliance by Global System for Mobile communication (GSM) . User can send command via Short Message Service (SMS) to the receiver . The receiver consists of a mobile phone and MCU , this MCU communicated with a mobile phone using FBUS interface , it decode the received command to control and monitor home appliance , then it reports the status back to the user via SMS.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จเสร็จสิ้นไปได้ด้วยดีนั้น ต้องขอขอบพระคุณ อาจารย์ กสิน วิเชียรชม ที่ช่วยชี้แนะแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ในการทำโครงการ และ แรงกระตุ้นที่ทำให้รู้สึกตื่นตัวว่าต้องเรียนจบให้ได้ ขอบคุณหม่อวนที่ช่วยเป็นกำลังใจให้เสมอแม้ในยามท้อและในยามหิว อย่างน้อยผมก็รู้ว่าผมยังมีคุณอยู่เสมอ ขอบคุณพี่ตู่และนนท์ที่ช่วยแนะแนวทางการเขียนโปรแกรมขอบคุณครับ

คณะผู้จัดทำโครงการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อ

Abstract

สารบัญ

สารบัญรูปภาพ

สารบัญตาราง

บทที่ 1 บทนำ

1

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี

3

2.1 หลักการส่งและรับข้อความสั้น(SMS)

4

2.1.1รูปแบบในการรับส่งข้อความสั้น

4

2.1.1.1 แบบข้อความตัวอักษร (Text Mode)

5

2.1.1.2 แบบพีดียู (PDU : Protocol Description Unit Mode)

5

2.1.2 การถอดรหัสตัวอักษรชนิด 7 บิต เป็นข้อมูล 8 บิต

6

2.1.3 AT- COMMAND

7

2.2 การเชื่อมต่อแบบอนุกรม

8

2.2.1 รูปแบบสำหรับการเชื่อมต่อ

11

2.2.2 ลักษณะสัญญาณของอนุกรม RS-232

16

2.3 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมผ่านโมดูล USART

18

2.3.1 คุณสมบัติที่สำคัญของ USART

18

2.3.2 ส่วนที่มีหน้าที่ในการส่งข้อมูลของ UART

18

2.4 การเชื่อมต่อโทรศัพท์มือถือด้วยสายดาต้าเคเบิล

21

2.5 เซนเซอร์

22

บทที่ 3 การออกแบบ

24

3.1 การเชื่อมต่อโทรศัพท์มือถือและพอร์ตอนุกรมเข้าด้วยกัน

24

บทที่ 4 การทดลอง

27

บทที่ 5 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 2.1 การรับส่งข้อความในแบบข้อความตัวอักษร	5
รูปที่ 2.2 การรับส่งข้อความแบบพีดียู	5
รูปที่ 2.3 คอนเนคเตอร์แบบDB9	9
รูปที่ 2.4 RS-232 คอนเนคเตอร์แบบDB9 ที่หลังคอมพิวเตอร์จะเป็นตัวผู้	9
รูปที่ 2.5 ลักษณะการเชื่อมต่อแบบเต็มรูปแบบ	12
รูปที่ 2.6 ลักษณะการเชื่อมต่อแบบ Partial Handshaking	13
รูปที่ 2.7 การทำงานของการเชื่อมต่อแบบ Loop Back Handshaking	14
รูปที่ 2.8 การทำงานของการเชื่อมต่อแบบง่าย	15
รูปที่ 2.9 ลักษณะสัญญาณอนุกรม RS-232	16
รูปที่ 2.10 ลักษณะสัญญาณของข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กับเวลา	17
รูปที่ 2.11 ความสัมพันธ์ของลักษณะสัญญาณของข้อมูลกับแรงดันไฟฟ้า	17
รูปที่ 2.12 แสดงการใช้บิตพาริตีตรวจสอบความผิดพลาด	18
รูปที่ 2.13 ความหมายของบิตต่างๆในรีจิสเตอร์สถานะของ UART	19
รูปที่ 2.14 การโอนย้ายข้อมูลอนุกรมที่เป็นอักขระรหัสแอสกี	21
รูปที่ 2.15 แสดงสายดาต้าเคเบิล	21
รูปที่ 2.16 เซนเซอร์ที่อาศัยหลักการสะท้อนของแสง	22
รูปที่ 2.17 แสดงโฟโตเซนเซอร์อย่างง่าย	23
รูปที่ 3.1 แสดงการเชื่อมของMCU ในการส่งข้อมูลแบบอนุกรม	24
รูปที่ 3.2 วงจรรีเลย์ที่ใช้ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า	25
รูปที่ 3.3 เซนเซอร์ที่ใช้ในการตรวจจับการบุกรุก	26
รูปที่ 3.4 โพลีชาร์ตแสดงการทำงานของารรับค่าจากเซนเซอร์	26
รูปที่ 4.1 เป็นสัญญาณที่ออกจากMCU ที่วัดได้โดยขนาดสัญญาณมีค่าเท่ากับ 5 Vpp	27
รูปที่ 4.2 การใช้คำสั่ง AT Command เพื่อส่ง SMS บนโปรแกรม Hyper Terminal	28
รูปที่ 4.3 รูปแสดงการทำงานส่งข้อความโดยผ่านคอนโทรลเลอร์	28
รูปที่ 4.4 แสดงรูปสัญญาณที่วัดได้จากวงจรตรวจจับผู้บุกรุก	29
รูปที่ 4.5 แสดงการทดสอบเบื้องต้นของชิ้นงานที่เสร็จสมบูรณ์ผ่านหลอด LED	29

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดขาสัญญาของพอร์ตอนุกรม RS-232	10
ตารางที่ 2.2 หน้าที่การทำงานของ การเชื่อมต่อแบบเต็มรูปแบบ	12
ตารางที่ 2.3 การทำงานของการเชื่อมต่อแบบ Partial Handshaking	13
ตารางที่ 2.4 การทำงานของการเชื่อมต่อแบบ Loop Back Handshaking	14
ตารางที่ 2.5 การทำงานของการเชื่อมต่อแบบง่าย	15
ตารางที่ 2.6 ความสัมพันธ์ของ Logic กับระดับแรงดัน	16
ตารางที่ 2.7 รหัสตัวอักษรชนิด 7 บิต ที่กำหนดอยู่ในคู่มือ GSM (7 bit default alphabet)	31
ตารางที่ 2.8 แสดงชุดคำสั่ง AT-Command	35



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

การใช้โทรศัพท์มือถือในปัจจุบันนี้มีอย่างแพร่หลายและมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้น แสดงว่าโทรศัพท์มือถือมีความจำเป็น และ กลายเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตประจำวันไปแล้วยังมีการพัฒนาด้านการสื่อสารมากเท่าใด ยิ่งอำนวยความสะดวกสบายแก่มนุษย์มากเพิ่มขึ้นเท่านั้น สาเหตุคงหนีไม่พ้นในแง่ของการใช้งานที่ง่าย และ มีราคาถูกลงกว่าแต่ก่อนมาก

ยุคสมัยที่เปลี่ยนแปลง ก็กับการพัฒนาด้านการสื่อสารผนวกกับการพัฒนาอุปกรณ์ไฟฟ้า นับเป็นอีกก้าวหนึ่งของการพัฒนา หากมนุษย์สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า หรือ ควบคุมความปลอดภัยภายในบ้าน ได้ในทุกๆพื้นที่ไม่ว่าเราจะอยู่ที่ไหน ผ่านทางโทรศัพท์มือถือโดยการสื่อสารข้อความสั้น (Short Message Service : SMS)

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- เพื่อศึกษาการเชื่อมต่อระหว่างโทรศัพท์มือถือและไมโครคอนโทรลเลอร์
- เพื่อศึกษาโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบ GSM (Global System for Mobile communication)
- เพื่อศึกษาการประยุกต์การเขียน โปรแกรมภาษาซีมาใช้กับโทรศัพท์มือถือ
- เพื่อสร้างเครื่องที่สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านรวมถึงควบคุมความปลอดภัยผ่านเครือข่ายโทรศัพท์มือถือได้

1.2 รายละเอียดของโครงการ

ระบบที่ออกแบบนี้ สามารถรับคำสั่งในรูปแบบ SMS จากผู้ใช้แล้วสามารถทำงานตามคำสั่งได้ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผลและนอกจากนี้ยังสามารถตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์ปลายทาง แล้วรายงานผลกลับมายังผู้ใช้โดยการส่ง SMS ได้อีกด้วย

1.3 ขอบเขตของงานที่ทำ

เนื่องจากการออกแบบในครั้งนี้เราจะทำการเชื่อมต่อ โทรศัพท์มือถือและคอนโทรลเลอร์เข้าด้วยกัน โดยใช้มาตรฐานการส่งข้อมูลแบบอนุกรม เข้ากับ F-BUS แล้วทำการเขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษาซีเพื่อทดลองติดต่อกับโทรศัพท์มือถือ

1.4 ขั้นตอนการทำงาน

- ศึกษาหลักการการทำงานของระบบโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ระบบ GSM
- ศึกษาการเชื่อมต่อระหว่างโทรศัพท์มือถือและไมโครคอนโทรลเลอร์
- ศึกษาการเขียนโปรแกรมภาษาซีเพื่อเชื่อมต่อระหว่างโทรศัพท์มือถือและไมโครคอนโทรลเลอร์
- ทำการเชื่อมต่อโทรศัพท์มือถือและไมโครคอนโทรลเลอร์บนโปรโตบอร์ด (protoboard) ทำการแก้ไขปรับเปลี่ยนค่าต่างๆในวงจรจนได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการ
- นำวงจรที่ได้ไปออกแบบลายวงจรที่จะลงแผ่นปริ้นท์ โดยใช้โปรแกรมโปรเทลพีซีบี (Protel PCB) แล้วกัดแผ่นปริ้นตามวงจรที่ได้ออกแบบไว้
- นำส่วนประกอบต่างๆของวงจรประกอบลงบนแผ่นปริ้น แล้วบรรจุลงในกล่องให้เรียบร้อยและสวยงาม

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- เข้าใจถึงหลักการทำงานและทฤษฎีต่างๆที่เกี่ยวข้องกับโครงงานนี้
- เรียนรู้ถึงการออกแบบวงจรโดยใช้คุณสมบัติที่แตกต่างกันของอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์มาประกอบกันเป็นวงจรที่ให้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการ
- มีความรู้ความเข้าใจในการเขียนโปรแกรมภาษาซีเพิ่มมากขึ้น
- สามารถนำเครื่องต้นแบบนี้ไปใช้งานได้จริงในชีวิตประจำวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

ในปัจจุบันนี้ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่กำลังได้ ได้รับความนิยมระบบหนึ่งก็คือ ระบบ GSM ซึ่งย่อมาจากคำว่า Global System for Mobile Communication เป็นระบบโทรศัพท์แบบดิจิทัลที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าระบบแอนะล็อกที่ใช้อยู่แต่เดิมหลายด้าน ได้แก่ ประสิทธิภาพในการใช้สเปกตรัม โดยสามารถรองรับจำนวนผู้ใช้ได้มากกว่า และสามารถทนต่อสัญญาณรบกวนได้ดีกว่า มีความปลอดภัยสูง และยังใช้กำลังในการส่งสัญญาณน้อยกว่าอีกด้วย

ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM จะประกอบด้วยส่วนใหญ่อะไรๆ 4 ส่วน คือ

1. ส่วนของสถานีฐาน (Base Station Sub System, BSS)
2. ส่วนของอุปกรณ์สวิตชิง (Switching SubSystem, SSS)
3. ส่วนปฏิบัติการและบำรุงรักษา (Operation and Maintenance Center, OMC)
4. โทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Station, MS)

บริการรับส่งข้อความสั้น (SMS)

เป็นการใช้ความสามารถของอุปกรณ์สื่อสารชนิดหนึ่ง ทำหน้าที่รับข้อมูลจากอุปกรณ์สื่อสารอื่น ๆ ไว้พร้อมกับทำการตรวจสอบจุดหมายปลายทางที่ต้องการจะส่งข้อมูลนั้น เมื่อพบแล้วจึงทำการส่งข้อมูลนั้น ไปยังอุปกรณ์สื่อสารปลายทาง โดยเรียกชื่ออุปกรณ์ตัวกลางนั้นว่า ศูนย์บริการรับฝากข่าวสาร หรือ Short Message Service Center (SMS-C) การเชื่อมต่อจะกระทำระหว่างชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่กับอุปกรณ์ SMS-C โดยใช้ระบบสัญญาณแบบ CCS 7 (Common Channel Signaling System No.7) การส่งข้อความจากเครื่องลูกข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ GSM ไปเก็บไว้ในอุปกรณ์ SMS-C ข้อความแต่ละชุดมีความยาวได้สูงสุด 160 ตัวอักษร เมื่อข้อความถูกส่งไปยังอุปกรณ์ SMS-C แล้วอุปกรณ์ SMS-C จะทำการประมวลผลข้อความเหล่านั้น เนื่องจากในตัวของข้อความเองได้มีการรวมหมายเลขของเครื่องลูกข่ายปลายทางอยู่ อุปกรณ์ SMS-C จะทำการติดต่อกับอุปกรณ์ HLR (Home Location Register) เพื่อตรวจสอบว่าเลขหมายที่ต้องการจะติดต่อนั้นอยู่ที่ใดในเครือข่าย อุปกรณ์ HLR จะแจ้งหมายเลขของอุปกรณ์ VLR ที่เครื่องลูกข่ายนั้นลงทะเบียนอยู่ในปัจจุบันกลับไปยังอุปกรณ์ SMS-C ซึ่งอุปกรณ์ SMS-C จะติดต่อไปยังอุปกรณ์ VLR นั้นๆ เพื่อให้ VLR ทำการติดต่อเรียกเครื่องลูกข่าย ในกรณีที่เครื่องลูกข่ายตอบรับการเรียกจาก VLR อุปกรณ์ SMS-C จะทำการส่งข้อความนั้นผ่านสถานีฐานไปยังเครื่องลูกข่ายปลายทางต่อไปในกรณีที่ไม่มี การตอบรับจากเครื่องลูกข่ายหรือ อุปกรณ์ HLR พบว่าเครื่องลูกข่ายนั้นอยู่ในสถานะของการปิดเครื่อง อุปกรณ์ HLR จะแจ้งกลับไปยัง SMS-C ให้ประวิงเวลาการส่งนั้นออกไป เมื่อใดก็ตามที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องลูกข่ายปรากฏตัวขึ้นในเครือข่าย จะเกิดกระบวนการ Location Update ขึ้น อุปกรณ์ SMS-C จะเริ่มกระบวนการส่งข้อความไปยังเครื่องลูกข่ายนั้นอีกครั้งข้อความที่เครื่องลูกข่ายได้จากอุปกรณ์ SMS-C จะถูกเก็บลงในแผ่น SIM การรับข้อความแล้วไม่ลบออกไปเมื่ออ่านเสร็จ จะทำให้พื้นที่สำหรับเก็บข้อความในแผ่น SIM มีโอกาสเต็ม ข้อความอื่นๆที่ไม่สามารถเก็บลงใน SIM จะได้รับการเก็บไว้ในอุปกรณ์ SMS-C ซึ่งผู้ให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่บางรายได้จำกัดระยะเวลาที่ข้อความสามารถคงอยู่ได้ในอุปกรณ์ SMSC หากเกินกว่าเวลาที่ได้ตั้งไว้ ข้อความเหล่านั้นก็จะถูกลบไปโดยอัตโนมัติ

ข้อดีของการใช้งานข้อความสั้นในระบบ GSM

1. มีความเชื่อถือได้สูง เนื่องจากข้อมูลที่ถูกส่งไปจะนั้นจะไม่สูญหายไปจนกว่าจะถึงปลายทางในช่วงระยะเวลาหนึ่ง
2. ครอบคลุมพื้นที่การใช้งานได้เป็นบริเวณกว้างเนื่องจากสามารถทำงานได้ในทุกพื้นที่ที่มีโครงข่ายของระบบ GSM อยู่
3. ค่าใช้จ่ายค่อนข้างถูก และมีการลงทุนน้อย ค่าบริการต่อครั้งไม่แพงจนเกินไป

2.1 หลักการส่งและรับข้อความสั้น(SMS)

องค์กรอิสระที่มีชื่อว่า ETSI (European Telecommunications standard Institute) เป็นองค์กรที่ไม่แสวงหาผลกำไร ทำหน้าที่กำหนดมาตรฐานทางด้านโทรคมนาคม ได้กำหนดมาตรฐานการส่งข้อความสั้น ไว้ในกลุ่มมือ GSM 03.40 และ GSM 03.38 ให้สามารถส่งตัวอักษรได้สูงสุดที่ 160 ตัวอักษร โดยแต่ละตัวอักษรนั้น จะใช้การแทนด้วยรหัส 7 บิต และนอกจากนี้ยังมีการใช้ตัวอักษรชนิดอื่นๆ ที่มีขนาด 8 บิต หรือ 16 บิตด้วย ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการใช้งานที่แตกต่างกันไป

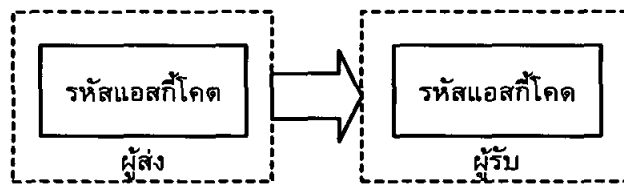
2.1.1 รูปแบบในการรับส่งข้อความสั้น

รูปแบบในการรับส่งข้อความสั้นนั้นมีอยู่ 2 แบบ

- แบบข้อความตัวอักษร (Text Mode)
- แบบพีดียู (PDU : Protocol Description Unit Mode)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.1 แบบข้อความตัวอักษร (Text Mode)

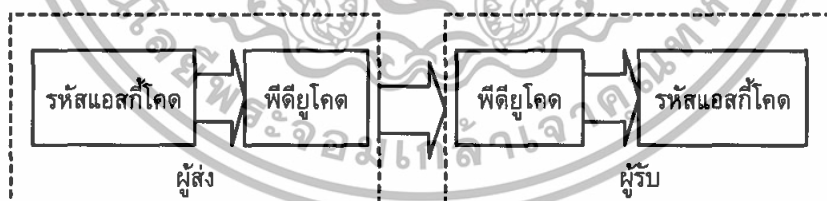


รูปที่ 2.1 การรับส่งข้อความในแบบข้อความตัวอักษร

การส่งข้อความสั้นในแบบตัวอักษรนั้น จะเป็นการนำข้อความสั้นที่ต้องการส่งมาเข้ารหัสก่อน แล้วจึงค่อยส่งข้อมูลในแบบพิตียูอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งในการใช้งานในแบบนี้โทรศัพท์บางรุ่นยังไม่สนับสนุนการใช้งานในโหมดนี้ การเข้ารหัส(ส่ง)และถอดรหัส(รับ)มีอยู่ด้วยกันหลายแบบ เช่น แบบ “PCCP437”, “PCDN”, “8859-1”, “IRA”, และ “GSM”

จะเห็นว่าการเชื่อมต่อกับโทรศัพท์มือถือเพื่อรับส่งข้อความสามารถเลือกใช้ได้ทั้ง 2 แบบ แต่การเลือกใช้แบบข้อความตัวอักษรนั้น จะมีข้อจำกัดทั้งจากการที่โทรศัพท์มือถือบางรุ่นไม่สนับสนุนและยังถูกจำกัดด้วยวิธีการเข้าและถอดรหัสที่มีเพียงไม่กี่แบบตามที่กล่าวมาข้างต้น แต่ถ้าเลือกการเข้าและถอดรหัสแบบพิตียู จะสามารถเข้าและถอดรหัสได้ทุกรูปแบบตามที่ต้องการโดยไม่มีข้อจำกัด

2.1.1.2 แบบพิตียู (PDU : Protocol Description Unit Mode)



รูปที่ 2.2 การรับส่งข้อความแบบพิตียู

ในแบบพิตียูนั้นข้อมูลที่ได้รับจะอยู่ในรูปของสตริง ซึ่งประกอบไปด้วยตัวเลขฐาน 16 และฐาน 10 โดยที่ตัวเลขแต่ละคู่จะถูกเรียกว่า ออกเตต (Octet) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การรับความ ข้อความที่รับมีลักษณะดังนี้

06916681118088040A9166295026800000403021219434820AE8329BFD4697D9EC37

กลุ่มตัวเลข 8 bit	รายละเอียด
06	ความยาวของ SMSC
91	หมายเลขสากล (International number)
6681118088	หมายเลขSMSC คือ +6618110888
04	เป็นข้อความที่ได้รับ
0A	ความยาวหมายเลขผู้ส่ง = 10ตัว
91	หมายเลขสากล (International number)
6629502680	หมายเลขผู้ส่งคือ+6692056208
00	Protocol Identifier
00	เป็นการเข้ารหัสแบบ 7 bit
40302121943482	ข้อมูลบอก ปีเดือนวัน ชั่วโมง นาที วินาที
0A	จำนวนข้อความที่ส่งมี 10ตัว
E8329BFD4697D9EC37	ข้อความที่ส่งคือ hellohello

- การส่งความ ข้อความที่ส่งมีลักษณะดังนี้

0011000A9166295026800000AA0AE8329BFD4697D9EC37

กลุ่มตัวเลข 8 bit	รายละเอียด
00	SMSC Information center
11	สถานะเป็นข้อความที่ได้รับ
00	ให้เครื่องสร้างหมายเลขอ้างอิงข้อความขึ้นเอง
0A	ความยาวหมายเลขผู้รับ 10ตัว
91	International number
6629502680	หมายเลขผู้รับ +66092056208
00	Protocol Identifier
00	เป็นการเข้ารหัสแบบ 7 bit
AA	อายุของข้อความที่ส่ง คือ 4วัน
0A	จำนวนตัวอักษรที่ส่ง 10 ตัว
E8329BFD4697D9EC37	ข้อความที่ส่งคือ hellohello

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 การถอดรหัสตัวอักษรชนิด 7 บิต เป็นข้อมูล 8 บิต

ข้อมูลที่เป็นข้อความสั้นในกรณีที่เป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษ อักษรแต่ละตัวจะใช้รหัสขนาด 7 บิต (7 bits default alphabet) และสำหรับอักษรภาษาอื่นๆจะใช้ตัวอักษรชนิดอื่น อาจจะเป็นแบบ 8 บิต หรือ 16 บิต สำหรับข้อความสั้นภาษาไทยนั้น ใช้รหัสตัวอักษรแบบ UNICODE

ตัวอย่างต่อไปนี้เป็นกรการถอดรหัสตัวอักษรชนิด 7 บิต เป็นข้อมูล 8 บิต ของข้อมูลทีประกอบไปด้วยตัวอักษร hello

h	e	l	l	o	(ASCII characters)
68	65	6C	6C	6F	(In hexadecimal)
1101000	1100101	1101100	1101100	1101111	(In Binary)
ทำการกลับไบต์ข้อมูลทั้งหมดจะเป็น					
6F	6C	6C	65	68	
1101111	1101100	1101100	1100101	1101000	
110	1111101	10011011	00110010	11101000	
06	FD	9B	32	E8	

จากนั้นทำการกลับบิตข้อมูลอีกครั้งดังนั้นข้อความ hello เมื่อทำการถอดรหัสตัวอักษรชนิด 7 บิต เป็นข้อมูล 8 บิต แล้วจะได้ E8 32 9B FD 06

2.1.3 AT- COMMAND

AT - COMMAND คือชุดคำสั่งมาตรฐานที่สามารถใช้ติดต่อกับอุปกรณ์สื่อสารต่างๆ เช่น โมเด็ม (Modem) หรือ DTE (Data Terminal Equipment) เพื่อได้ตอบ คำสั่ง หรือส่งงาน อุปกรณ์เหล่านั้นให้ทำงานตามคำสั่ง สำหรับการใช้งานด้านการติดต่อกับโทรศัพท์มือถือ จะใช้ชุดคำสั่งที่เรียกว่า GSM AT - COMMAND ซึ่งมีตัวอย่างการใช้งานคำสั่งที่เป็นพื้นฐานดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AT	ตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์ ถ้าสามารถติดต่อกันได้อุปกรณ์จะตอบกลับมาว่า OK
ATDT Phone No	โทรไปยังหมายเลขปลายทาง (Phone No)
ATH	วางสาย
ATA	รับสาย

ชุดคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการรับและส่งข้อความสั้นนั้น AT-COMMAND ที่ใช้กับโทรศัพท์มือถือนั้นมีมากมายหลายคำสั่งแต่ในที่นี้จะกล่าวเพียงคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการรับส่งข้อความสั้นเท่านั้น

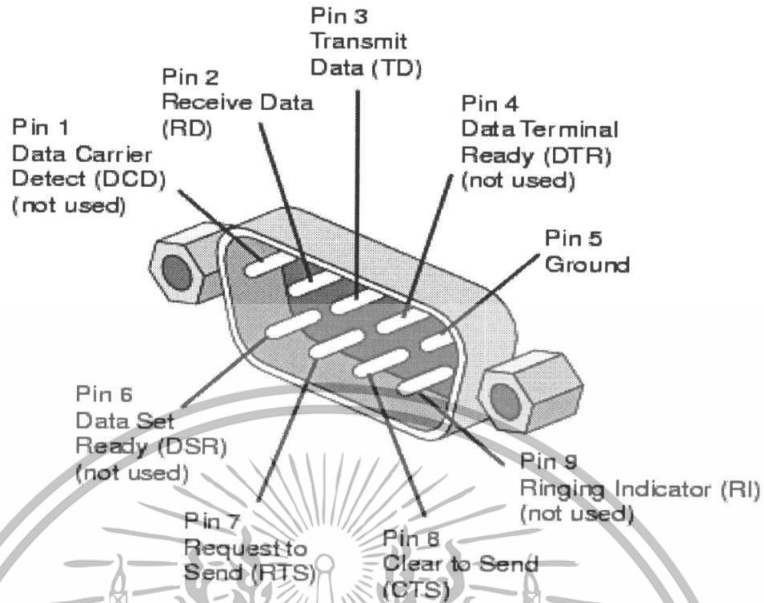
- คำสั่งกำหนดรูปแบบของข้อความ
 - AT + CMGF = 0 คือ แสดงข้อความในรูปแบบตัวอักษร
 - AT + CMGF = 1 คือ แสดงข้อความในรูปแบบพีดียู
- คำสั่งแสดงข้อความ
 - AT + CMGL = 0 คือ แสดงข้อความที่ได้รับแต่ยังไม่ได้อ่าน ("REC UNREAD")
 - AT + CMGL = 1 คือ แสดงข้อความที่ได้รับและอ่านแล้ว ("REC READ")
 - AT + CMGL = 2 คือ แสดงข้อความที่เก็บไว้และยังไม่ได้ส่ง ("STO UNSENT")
 - AT + CMGL = 3 คือ แสดงข้อความที่เก็บไว้และส่งออกไปแล้ว ("STO SENT")
 - AT + CMGL = 4 คือ แสดงข้อความทั้งหมด ("ALL")

หมายเหตุ ถ้ากำหนดรูปแบบข้อความ เป็นแบบพีดียู จะกำหนดสถานะ โดยใช้ตัวเลข แต่ถ้าเป็นแบบตัวอักษรจะต้องเลือกสถานะโดยใช้ตัวอักษรที่วงเล็บด้านหลัง

2.2 การเชื่อมต่อแบบอนุกรม

ปัจจุบันการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ด้วย RS-232 นั้นได้รับความนิยมอย่างสูง เพราะมีความง่ายไม่ยุ่งยากในการใช้งาน RS-232 คอนเน็คเตอร์(Connector) แต่เดิมนั้นใช้คอนเน็คเตอร์แบบ 25 ขา หรือที่เรียกว่าคอนเน็คเตอร์แบบ DB25 ออกแบบสำหรับการสื่อสารแบบอนุกรม RS-232 ถึง 2 ช่องการสื่อสาร (Channel) โดยมีช่องการสื่อสารหนึ่งช่องที่ระบบตรวจสอบความถูกต้อง (Handshake) ติดมาด้วย และมีคอมพิวเตอร์บางรุ่นที่มีระบบตรวจสอบความถูกต้องทั้ง 2 ช่องการสื่อสาร ส่วนอีกช่องการสื่อสารเป็นการสื่อสารแบบโมเด็ม (Teletype Modem) ซึ่งสามารถเช็คสถานะของโมเด็มได้ว่าพร้อมหรือไม่พร้อมในการสื่อสาร ในปัจจุบัน RS-232 คอนเน็คเตอร์จะเป็นแบบเล็ก ขนาด 9 ขา หรือที่เรียกว่า DB9 ดังรูปที่ 2.7

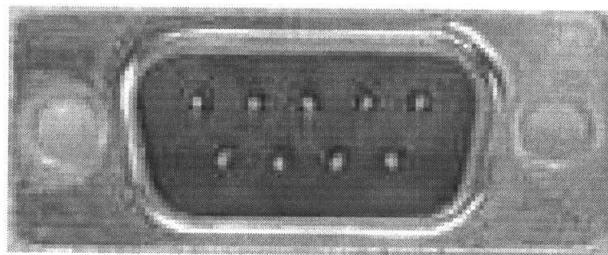
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 คอนเนคเตอร์แบบ DB9

นอกจากนี้ยังมีคอนเนคเตอร์แบบ DCE Modify modular jack การสื่อสารแบบอนุกรมมาตรฐาน RS-232 มีระแวงคั่นที่เป็นบวกและลบ (ไม่เป็น 0) ในการเชื่อมต่อนั้นจะต้องใช้อุปกรณ์เฉพาะที่มีสัญญาณเหมือนกันเท่านั้น กำหนดให้อุปกรณ์ต้นทางคือ DTE ; Data Terminal Equipment เช่นคอมพิวเตอร์ ปริ้นเตอร์ เป็นต้น และอุปกรณ์ปลายทางคือ DCE ; Data Communication Equipment เช่น โมเด็ม เป็นต้น

สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลทั่วไปนั้นในปัจจุบันจะเป็น RS-232 คอนเนคเตอร์แบบ DB9 ที่หลังคอมพิวเตอร์จะเป็นตัวผู้ดังรูปที่ 2.2 ซึ่งมีรายละเอียดของขา ดังตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.4 RS-232 คอนเนคเตอร์แบบ DB9 ที่หลังคอมพิวเตอร์จะเป็นตัวผู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DB25	DB9	Signal	Name	Direction (In/Out)
2	3	TD	Transmit Data	Output
3	2	RD	Receive Data	Input
4	7	RTS	Request to Send	Output
5	8	CTS	Clear to Send	Input
6	6	DSR	Data Set Ready	Input
7	5	SG	Signal Ground	Ground
8	1	CD	Carrier Detect	Input
20	4	DTR	Data Terminal Ready	Output
22	9	RI	Ring Indicator	Input

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดขาสัญญาณของพอร์ตอนุกรม RS-232

รายละเอียดหน้าที่การทำงานมีดังนี้

TD ; ใช้สำหรับส่งข้อมูลออก

RD ; ใช้สำหรับส่งข้อมูลเข้า

RTS ; บอกให้ปลายทางเตรียมรับข้อมูล

CTS ; ตรวจสอบความพร้อมของอุปกรณ์ปลายทางที่จะรับข้อมูล

DSR ; ตรวจสอบการเชื่อมต่อ

SG ; กราวด์

CD ; Active เมื่อมีสัญญาณ Carrier จากโมเด็ม

DR ; ใช้บอกอุปกรณ์ปลายทางว่าต้องการจะติดต่อ

RI ; เมื่อโมเด็มได้รับสัญญาณเรียกเข้าจากโทรศัพท์

2.2.1 รูปแบบสำหรับการเชื่อมต่อ

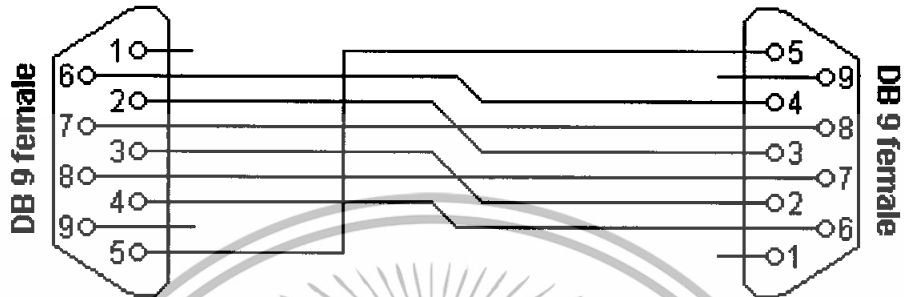
สำหรับ RS-232 ที่เป็นการสื่อสารแบบโมเด็มนั้น สามารถที่จะประยุกต์การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ 2 ตัว โดยใช้สาย RS-232 ซึ่งสามารถรองรับรูปแบบการเชื่อมต่อมากมาย เช่น สามารถใช้ สายสัญญาณเพียง 3 เส้น คือ RD TD และ SG ก็เพียงพอสำหรับการเชื่อมต่อแล้ว โดยรูปแบบการเชื่อมต่อนั้นขึ้นอยู่กับซอฟต์แวร์ อาจจะไม่จำเป็นต้องมีการตรวจสอบความผิดพลาดเลย หรือการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์(Window 95 , 98,ME) การเชื่อมต่อแบบ Loop Back Handshaking นั้นเป็นแบบที่เหมาะสมที่สุด

การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ 2 ตัวนั้นมีหลายรูปแบบ เช่น Loop Back Handshaking เหมาะสำหรับการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ หรือแบบเต็มรูปแบบเหมาะสำหรับระบบใหญ่ 2 ระบบ เป็นต้น ในการเรียนรู้ในบทนี้เราจะใช้การเชื่อมต่อแบบง่ายในการสื่อสารข้อมูล ซึ่งรูปแบบการเชื่อมต่อที่ได้รับความนิยมมีดังต่อไปนี้

1. Full Handshaking
2. Partial Handshaking
3. Loop Back Handshaking
4. Simple

รายละเอียดมีดังต่อไปนี้

1. Full Handshaking เป็นการใช้งาน RS-232 แบบเต็มรูปแบบ



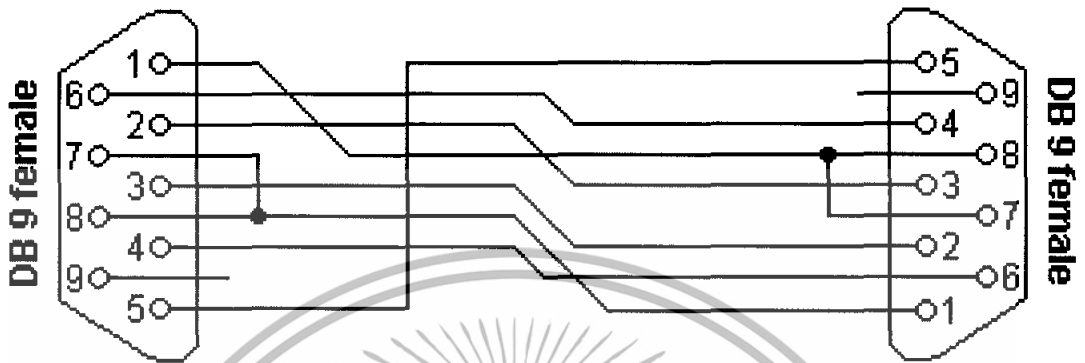
รูปที่ 2.5 ลักษณะการเชื่อมต่อแบบเต็มรูปแบบ

Connector 1	Connector 2	Function
2	3	Rx Tx
3	2	Tx Rx
4	6	DTR DSR
5	5	Signal ground
6	4	DSR DTR
7	8	RTS CTS
8	7	CTS RTS

ตารางที่ 2.2 หน้าที่การทำงานของ การเชื่อมต่อแบบเต็มรูปแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Partial Handshaking



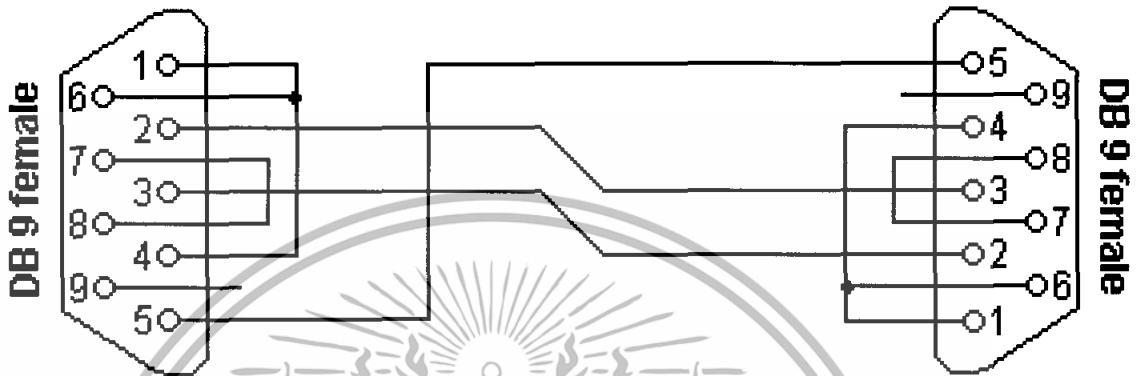
รูปที่ 2.6 ลักษณะการเชื่อมต่อแบบ Partial Handshaking

Connector 1	Connector 2	Function
1	7+8	RTS2 CTS2+CD1
2	3	Rx Tx
3	4	Tx Rx
4	6	DTR DSR
5	5	Signal ground
6	4	DSR DTR
7+8	1	RTS1 CTS1+CD2

ตารางที่ 2.3 การทำงานของการเชื่อมต่อแบบ Partial Handshaking

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Loop Back Handshaking



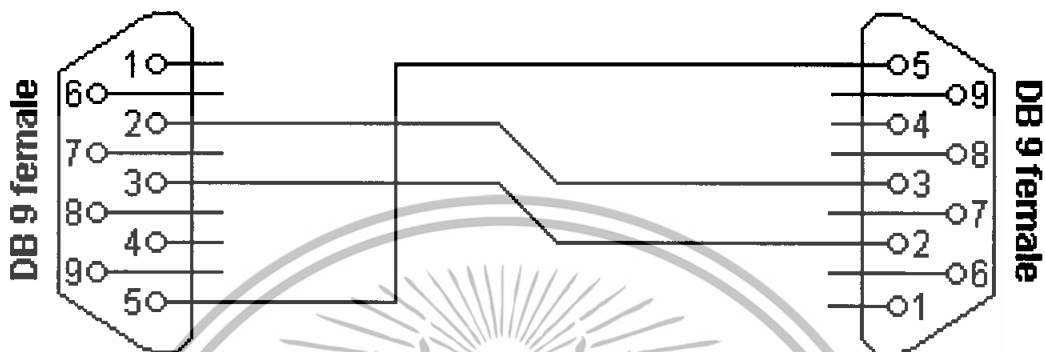
รูปที่ 2.7 การทำงานของการเชื่อมต่อแบบ Loop Back Handshaking

Connector 1	Connector 2	Function
2	3	Rx Tx
3	2	Tx Rx
5	5	Signal ground
1+4+6	-	DTR CD+DTR
-	1+4+6	DTR CD+DTR
7+8	-	RTS CTS
-	7+8	RTS CTS

ตารางที่ 2.4 การทำงานของการเชื่อมต่อแบบ Loop Back Handshaking

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Simple



รูปที่ 2.8 การทำงานของการเชื่อมต่อแบบง่าย

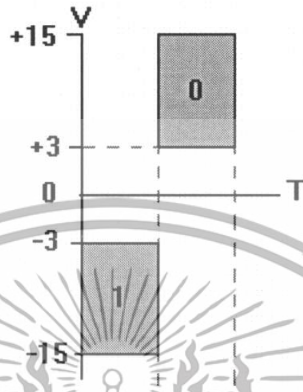
Connector 1	Connector 2	Function
2	3	Rx Tx
3	2	Tx Rx
4	6	Signal ground

ตารางที่ 2.5 การทำงานของการเชื่อมต่อแบบง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ลักษณะสัญญาณของอนุกรม RS-232

การสื่อสารแบบอนุกรมมาตรฐาน RS-232 มีระดับแรงดันที่เป็นบวกและลบ (ไม่เป็น 0) ดังรูปที่ 2.13 ในการเชื่อมต่อนั้นจะต้องใช้อุปกรณ์เฉพาะที่มีระดับสัญญาณที่เหมือนกันเท่านั้น



รูปที่ 2.9 ลักษณะสัญญาณอนุกรม RS-232

Logic	Voltage
0	+3 to +15
1	-3 to -15
Unknow	+3 to -3

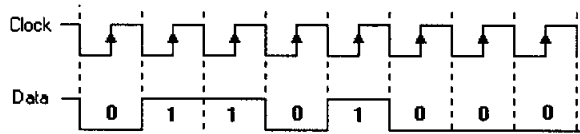
ตารางที่ 2.6 ความสัมพันธ์ของ Logic กับระดับแรงดัน

เนื่องจากสัญญาณรบกวนคือสัญญาณที่ไม่พึงประสงค์ในระบบ โดยทั่วไปสัญญาณรบกวนจะมีระดับแรงคที่น้อย ฉะนั้น RS-232 จึงเพิ่มระดับแรงคให้มากกว่าระดับแรงคของสัญญาณรบกวนเพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนนั่นเอง

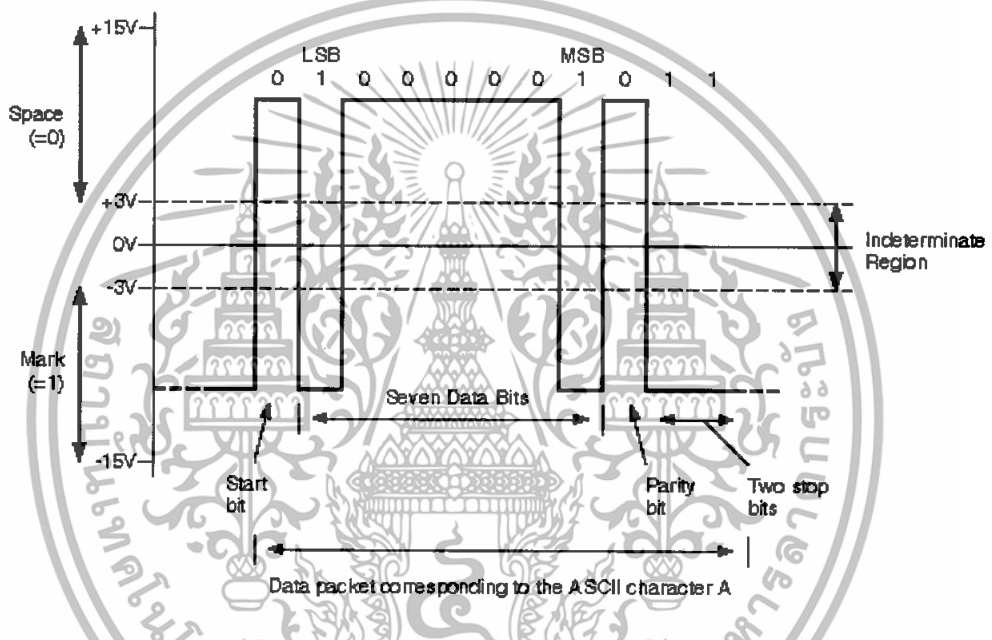
สำหรับสัญญาณของข้อมูลนั้นจะมีลักษณะข้อมูลแบบอนุกรมทีละบิต โดยแต่ละบิตจะแสดงตามระยะเวลาที่กำหนด ซึ่งเป็นตัวกำหนดความเร็วในการส่งข้อมูล (Baud Rate) คือ จำนวนบิตต่อวินาที เช่น 110 , 150 , 300 , 600 , 1200 , 2400 , 4800 , 9600 , 19200 , 38400 , 57600 , 115200 , 256000 ตามมาตรฐานของ RS-232 ดังรูปที่ 2.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.10 ลักษณะสัญญาณของข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กับเวลา



รูปที่ 2.11 ความสัมพันธ์ของลักษณะสัญญาณของข้อมูลกับแรงดันไฟฟ้า

รายละเอียดของสัญญาณแต่ละบิตดังจะกล่าวต่อไปนี้

- Start Bit เป็นบิตเริ่มต้นของชุดบิตข้อมูล
- Data Bit เป็นชุดบิตข้อมูล มีขนาด 7 ถึง 8 บิต
- Parity Bit เป็นบิตที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล
 - Even Parity เป็น “1” เมื่อจำนวนบิต “1” เป็นเลขคู่
 - Odd Parity เป็น “1” เมื่อจำนวนบิต “1” เป็นเลขคี่
 - None ไม่มีการตรวจสอบความถูกต้อง
- Stop Bit เป็นบิตปิดท้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ 82204 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมผ่านโมดูล USART

ในการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมนั้นจะใช้โมดูล USART (Universal Synchronous and Asynchronous Receiver and Transmitter) เพื่อสื่อสารข้อมูลผ่านทางพอร์ตอนุกรมได้ทั้งแบบซิงโครนัส (ข้อมูลที่มีความต่อเนื่อง มีการกำหนดสัญญาณมาตรฐานที่เหมือนกันทั้งด้านรับและด้านส่งเพื่อให้มีความสัมพันธ์กัน) และแบบอะซิงโครนัส (ข้อมูลที่ไม่จำเป็นต้องต่อเนื่อง ซึ่งประกอบไปด้วย บิตเริ่มต้น บิตข้อมูล และบิตหยุด ส่วน บิตพาริตี้นั้นจะมีหรือไม่มีก็ได้)



2.3.1 คุณสมบัติที่สำคัญของ USART

- การสื่อสารข้อมูลเป็นแบบ full-duplex สามารถรับส่งข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน
- สามารถทำงานได้ทั้งแบบ ซิงโครนัส และแบบ อะซิงโครนัส
- มีคุณสมบัติของพอร์ตอนุกรมครบถ้วนเช่น การกำหนดบิตเริ่มต้น บิตข้อมูล บิตหยุด และบิตพาริตี

2.3.2 ส่วนที่มีหน้าที่ในการส่งข้อมูลของ UART แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ transmitted-data output buffer กับ รีจิสเตอร์ส่งข้อมูล (transmit register) โดยรีจิสเตอร์ส่งข้อมูลจะมีหน้าที่เลื่อนข้อมูลส่งออกไปยังเส้นส่งข้อมูลอนุกรม โดยเริ่มจาก Start bit ตามด้วย D0-D7 และ Stop bit ถ้าสัญญาณ data input strobe เปลี่ยนจาก 1 เป็น 0 ข้อมูลขนาด 8 บิตที่จะส่ง จะถูกนำไปเก็บใน transmitted-data output buffer และถ้าสัญญาณ data input strobe เปลี่ยนจาก 0 เป็น 1 การส่งข้อมูลจะเริ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ทำหน้าที่รับข้อมูลของ UART จะเหมือนเป็นภาพสะท้อนของส่วนที่ทำหน้าที่ส่งข้อมูล เมื่อมี Start bit เข้ามา ข้อมูลที่เข้ามาทางเส้นรับข้อมูลจะถูกเลื่อนเข้าไปเก็บในรีจิสเตอร์รับข้อมูล (receive register) จนครบ เมื่อมีสัญญาณ data output strobe ข้อมูลในรีจิสเตอร์นี้จะถูกนำไปเก็บในบัฟเฟอร์รับข้อมูล (received-data output buffer) ทั้งรีจิสเตอร์ส่งข้อมูลและรีจิสเตอร์รับข้อมูลจะได้รับสัญญาณนาฬิกาขนาด 16 หรือ 64 เท่าของ baud rate

รีจิสเตอร์สถานะของ UART จะมีบิตบอกสถานะดังต่อไปนี้

OR (Over Run) บิตนี้จะมีค่าเป็น 1 เมื่อข้อมูลใหม่เข้ามาทับข้อมูลเก่า โดยที่ข้อมูลเก่ายังไม่ได้ถูกนำไปเก็บในบัฟเฟอร์รับข้อมูล

FE (Framing Error) บิตนี้จะมีค่าเป็น 1 ถ้า UART ไม่พบ Stop bit ซึ่งอาจเป็นเพราะว่า UART ไม่ได้อ่าน Start bit ในตำแหน่งที่ถูกต้อง

PE (Parity Error) บิตนี้จะมีค่าเป็น 1 เมื่อ UART พบว่าข้อมูลที่ได้รับมีพาริตีที่ผิด

TBE (Transmit Buffer Empty) บิตนี้จะมีค่าเป็น 1 เมื่อ UART ได้ทำการส่งข้อมูลออกไปแล้วทำให้สามารถนำข้อมูลชิ้นถัดไปที่จะส่งเก็บลงในบัฟเฟอร์ข้อมูลได้

DA (Data Available) บิตนี้จะมีค่าเป็น 1 เมื่อ UART ได้รับข้อมูลใหม่เข้ามาและไม่โครโปรเซสเซอร์อ่านข้อมูลนี้ได้โดยส่งสัญญาณ data output strobe

0	0	Overrun	Frame error	Parity error	Transmit buffer empty	Data available	0
---	---	---------	-------------	--------------	-----------------------	----------------	---

รูปที่ 2.13 ความหมายของบิตต่างๆในรีจิสเตอร์สถานะของ UART

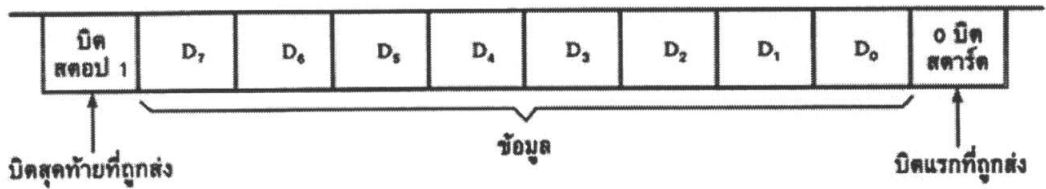
รีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานของ UART ทำให้สามารถกำหนดโหมดในการทำงานของ UART ได้ บิตควบคุมจำนวนข้อมูลทั้งสองบิต จะช่วยให้สามารถเลือกจำนวนของข้อมูลจริงที่รับมา เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ว่าเป็น 5 บิต 6 บิต 7 บิต หรือ 8 บิต โดยจะใช้ข้อมูลจริงขนาด 5 บิตในการส่งข้อมูลของเครื่องโทรพิมพ์ ข้อมูลขนาด 6 บิตใช้ในการส่งข้อมูลที่มีการย่อขนาด ข้อมูลขนาด 7 บิตใช้ในการส่งข้อมูลรหัสแอสกี ข้อมูลขนาด 8 บิตใช้ เมื่อไม่มีการบิตพาริตี บิตควบคุมคู่/ที่จะใช้ในการกำหนดพาริตีที่ใช้ว่าเป็นพาริตีคู่หรือคี่ บิตสตอปของวงจรควบคุมจะกำหนดจำนวน Stop bit ที่ใช้ในการส่งข้อมูล โดยการส่งข้อมูลด้วยอัตรา 110 จะต้องใช้ Stop bit 2 บิตเสมอ บางครั้งอาจมีบิตควบคุมพิเศษเพิ่มเข้ามาซึ่งทำให้สามารถเลือกใช้ Stop bit จำนวน 1.5 บิต ซึ่งจะใช้ในการส่งข้อมูลมาตรฐานแบบเก่าขนาด 5 บิต บ่อยครั้งที่ UART ถูกนำมาใช้ร่วมกับไอซีพิเศษที่ทำหน้าที่สร้างสัญญาณที่มี baud rate เป็น 16 หรือ 64 เท่า ของ baud rate มาตรฐานทั้งหมดสัญญาณมาตรฐานนี้จะถูกสร้างมาจากวงจรกำเนิดสัญญาณแบบคริสตอล ดังนั้นจึงทำให้ baud rate ที่ได้มีอัตราคงที่และเที่ยงตรงบ่อยครั้งที่วงจรสร้างสัญญาณจะรับสัญญาณอินพุตจากวงจรหารสัญญาณนาฬิกา วงจรสร้างสัญญาณ baud rate ที่สามารถโปรแกรมได้จะทำให้เราสามารถใส่ โปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของ UART ให้มี baud rate ตามที่ต้องการได้

การส่งข้อมูลของ UART จะเป็นแบบอะซิงโครนัส คือ การส่งข้อมูลของ UART จะไม่ขึ้นกับไมโครโปรเซสเซอร์ โดย UART และไมโครโปรเซสเซอร์จะมีวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาของตัวเอง แต่ถ้าพบว่า UART และไมโครโปรเซสเซอร์ใช้สัญญาณนาฬิกาจากวงจรเดียวกันก็ไม่ได้หมายความว่า UART และไมโครโปรเซสเซอร์ทำงาน ร่วมกันแบบเข้าจังหวะ แต่การทำเช่นนี้ก็เพื่อเป็นการลดวงจรที่ใช้สร้างสัญญาณนาฬิกา เวลาระหว่างเวิร์คข้อมูล แต่ละตัวที่รับเข้ามาจะไม่แน่นอน

ในการส่งข้อมูลที่เป็นรหัสแอสกีจะพบว่าระหว่างบิตแต่ละบิตจะเป็นแบบซิงโครนัส แต่เวลาระหว่างตัวอักษรจะเป็นแบบอะซิงโครนัส ไมโครโปรเซสเซอร์จะทำการอ่านข้อมูลจาก UART ที่รับข้อมูลแบบอะซิงโครนัสได้อย่างไรและไมโครโปรเซสเซอร์ทราบได้อย่างไรว่า UART จะรับข้อมูลใหม่เมื่อไรในเมื่อเวลาในการรับตัวอักษรแต่ละตัวไม่แน่นอน คำตอบก็คือ ไมโครโปรเซสเซอร์จะ ทำการตรวจสอบค่าในรีจิสเตอร์สถานะของ UART เป็นช่วง ๆ ซึ่งถ้ามันพบว่า บิต DA (Data Available) เป็น 0 ไมโครโปรเซสเซอร์ก็จะตรวจสอบค่าในรีจิสเตอร์สถานะต่อไปจนกว่า DA จะ เป็น 1 ถ้าบิต DA เป็น 1 มันก็จะ ทำการอ่านข้อมูลจาก UART จากนั้นก็จะนำบิต DA ไปสร้างสัญญาณอินเตอร์รัปต์ของไมโครโปรเซสเซอร์ และเมื่อไม่ได้รับสัญญาณ อินเตอร์รัปต์มันก็จะเรียกใช้โปรแกรมสนองการอินเตอร์รัปต์ ซึ่งจะมีคำสั่งในการอ่านข้อมูลใน UART มาเก็บไว้ในแอสคิวเลเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 การโอนย้ายข้อมูลอนุกรมที่เป็นอักขระรหัสแอสกี

2.4 การเชื่อมต่อโทรศัพท์มือถือด้วยสายดาต้าเคเบิล

โทรศัพท์มือถือของส่วนมากจะมี พอร์ตเพื่อเอาไว้ใช้ในการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์หรือ ไมโครคอลโทรลเลอร์ พร้อมไว้ใช้งานอยู่แล้ว ซึ่งปกติแล้วการเชื่อมต่อจะใช้สายดาต้าเคเบิลต่อเข้ากับพอร์ตดังกล่าว เพื่อใช้ในการโหลดรูปภาพ เสียงเพลง หรือ อัพเกรดเฟิร์มแวร์

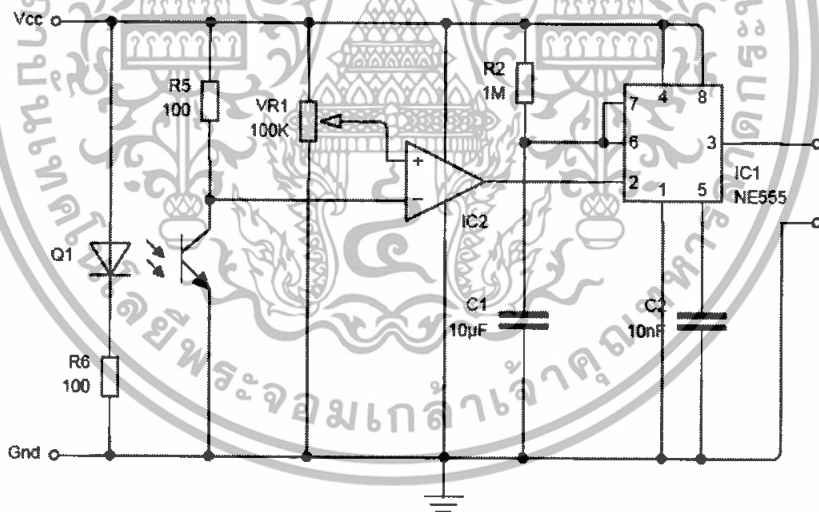


รูปที่ 2.15 แสดงดาต้าเคเบิล

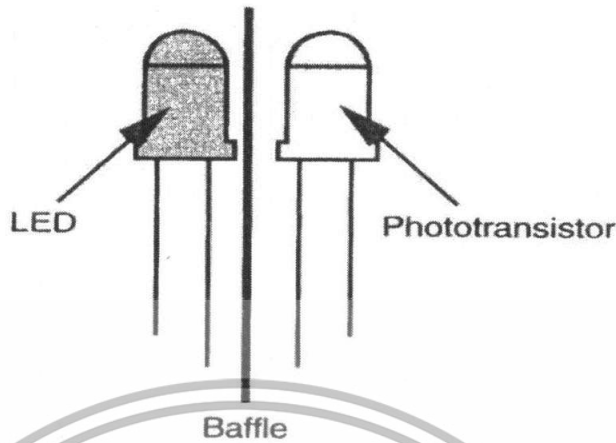
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 เซนเซอร์

เซนเซอร์เป็นตัวที่ใช้ตรวจจับสถานะใด ๆ เช่น อุณหภูมิ สี แสง หรือ วัตถุ ต่าง ๆ โดยอาศัยหลักการที่แตกต่างกันไปแต่สถานะ เช่น เซนเซอร์ที่ใช้กันในงานตรวจจับตำแหน่งบนพื้นเวทีของหุ่นยนต์(Sumo Robot) คือ เซนเซอร์ สีขาวดำ โดยอาศัยหลักการสะท้อนแสงของสีขาวและสีดำ ทางฟิสิกส์แล้วจะเห็นว่าสีขาวมีอัตราการสะท้อนแสงมากกว่าสีดำ เราจึงสามารถนำแสงสะท้อนมาเปรียบเทียบได้โดยใช้ตัวเซนเซอร์ ที่ทำจากอุปกรณ์จำพวก โฟโตได้ เช่น โฟโตไดโอด โฟโตทรานซิสเตอร์ LDR เป็นต้น ซึ่งจะมีความไวต่อแสงมาก ตัวเซนเซอร์ส่วนใหญ่เมื่อแสดงผลเอาพุตจะแสดงผลในรูปความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงไปตามสถานะของตัวเซนเซอร์นั้นๆ ในปัจจุบัน ในวงการเซนเซอร์ได้พัฒนาไปมาก มีเซนเซอร์ให้เราได้เลือกใช้มากมาย มีวงจรที่ง่ายขึ้น มีความแม่นยำสูง จึงทำให้เราสามารถมีตัวเลือกในการใช้งานมากขึ้น ในปัจจุบันมีเซนเซอร์พิเศษที่สามารถวัดสถานะต่างๆ เช่น ปริมาณการไหลของน้ำ การทรงตัวของหุ่นยนต์ 2 ขา หรือ เซนเซอร์วัดปริมาณฝุ่นในอากาศ เป็นต้น ก็มีออกมาจำหน่ายให้เลือกใช้งานกันได้หลากหลายยิ่งขึ้น



รูปที่ 2.16 เซนเซอร์ที่อาศัยหลักการสะท้อนของแสง



รูปที่ 2.17 แสดงโฟโตเซนเซอร์อย่างง่าย

วงจรถนเซอร์ที่ใช้ในการตรวจจับตำแหน่งของวัตถุ อาศัยหลักการสะท้อนของแสง วงจรประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแสง LED1 ส่วนเซนเซอร์ที่รับแสงทำมาจากโฟโตทรานซิสเตอร์ Q1 โดยต่ออนุกรมกับตัวต้านทาน R5 ในวงจรแบ่งแรงดัน แรงดันที่ตกคร่อม R5 จะแปรเปลี่ยนไปตามความต้านทาน Q1 ซึ่งเมื่อ Q1 ได้รับแสงมาก ความต้านทานของ Q1 จะต่ำลง ทำให้แรงดันที่ตกคร่อม R5 มีค่ามากขึ้น แรงดันที่ตกคร่อม R5 นี้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับแรงดันมาตรฐานที่ขาลบ (-) ของ Op Amp LM741 ซึ่งให้สัญญาณเอาต์พุตออกมาในรูปสัญญาณดิจิทัล ในกรณีที่ Q1 ได้รับแสงมากจนทำให้แรงดันที่ตกคร่อม R1 มีค่ามากกว่าแรงดันที่ขาลบ (-) ของ LM 741 จะได้เอาต์พุตเป็นศูนย์ (0) และในกรณีที่แรงที่ตกคร่อม Q1 มีค่าน้อยจนทำให้แรงดัน R5 มีค่าน้อยกว่าแรงดันที่ขาบวก (+) ของ LM 741 จะได้เอาต์พุตเป็น 1

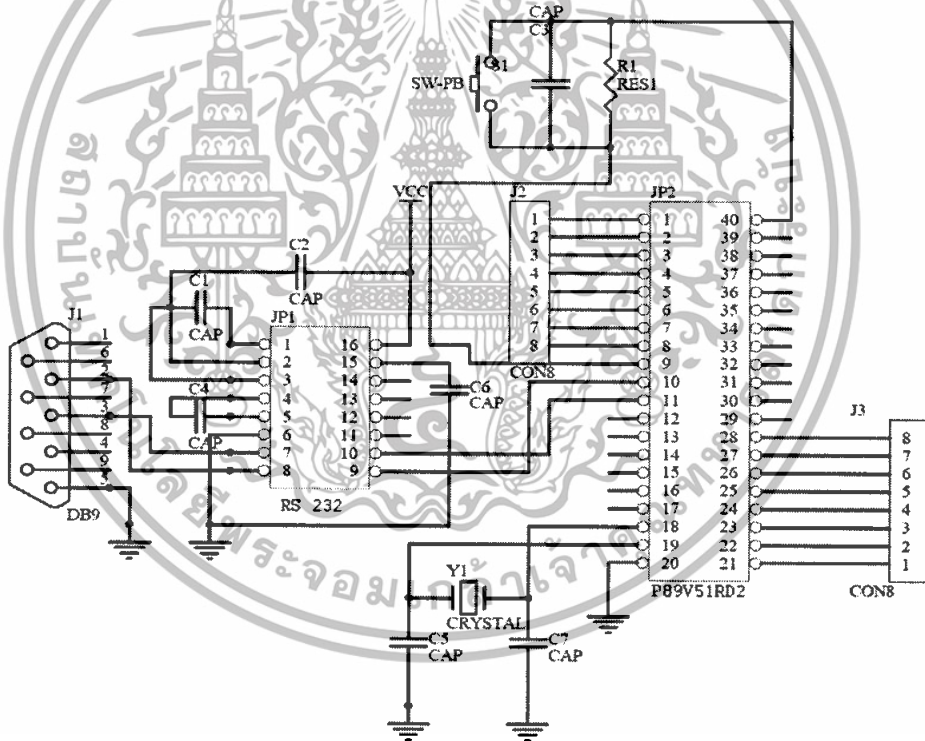
สำหรับในโครงการนี้เซนเซอร์จะถูกติดตั้งเพื่อตรวจจับหาผู้บุกรุกที่เข้ามาในบริเวณนั้น แล้วทำการส่งผลที่ได้ไปยัง คอลโทรลเลอร์ แล้วคอลโทรลเลอร์ก็จะส่งผลรายงานในรูปแบบของข้อความสั้นกลับไปยังผู้ใช้ ต่อไป

บทที่ 3

การออกแบบ

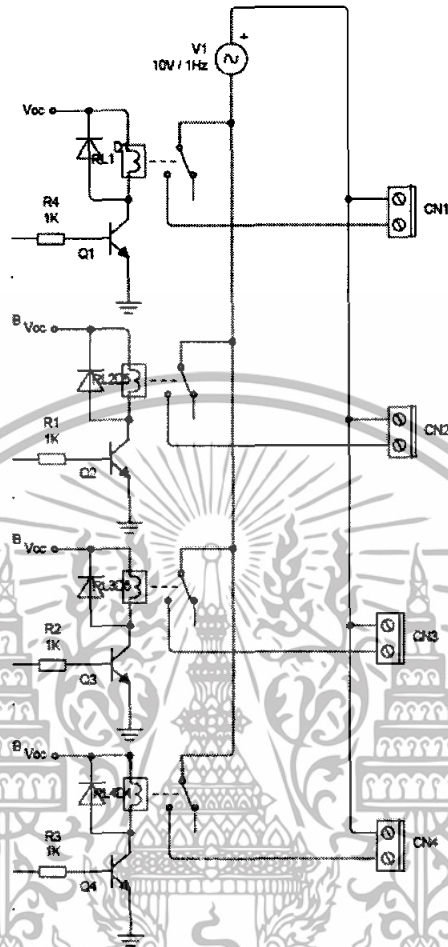
3.1 การเชื่อมต่อโทรศัพท์มือถือและพอร์ตอนุกรมเข้าด้วยกัน

ในการเชื่อมต่อโทรศัพท์มือถือและพอร์ตอนุกรมเข้าด้วยกันนั้น จะใช้ RS 232 เป็นตัวกลางแปลงสัญญาณเพื่อส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วเขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษาซีและ AT-COMMAND เป็นตัวดึงเอาข้อมูลจากโทรศัพท์มือถือมาประมวลผลเพื่อสั่งให้ทำงานตามคำสั่งต่อไป โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะเป็นตัวเรียกข้อมูลจากโทรศัพท์มือถือโดยผ่านทางสายสัญญาณ Tx Rx แล้วส่งกลับมายังไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้น Output ที่ได้ก็จะส่งออกไปยัง Port 1.0-1.7



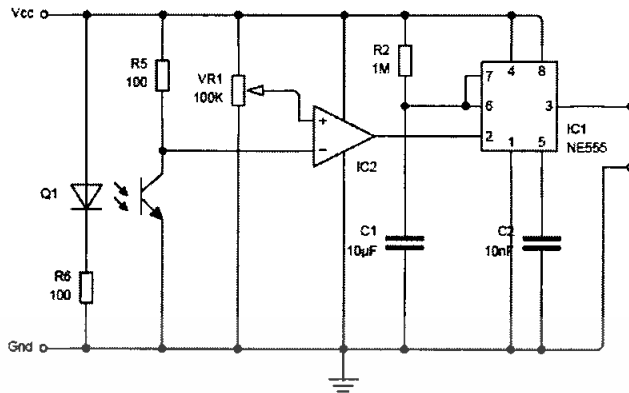
รูปที่ 3.1 แสดงการเชื่อมต่อของ MCU ในการส่งข้อมูลแบบอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 วงจรรีเลย์ที่ใช้ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า

จากรูป เมื่อ Out put ถูกส่งออกมาจาก Port 1 จะต้องมีการับกระแสเพื่อให้อาจรับตัวรีเลย์ได้ จึงต้องใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ KTC 3209 เพื่อใช้ในการรับกระแส จากนั้นก็สามารถนำเอาอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าไปต่อกับคอนเนคเตอร์ได้เลย



รูปที่ 3.3 เซนเซอร์ที่ใช้ในการตรวจจับการบุกรุก

สัญญาณที่ได้จากเซนเซอร์นี้ จะต้องนำไปเข้าวงจร mono stable ก่อน เพื่อให้ได้ pulse ที่มีลักษณะเป็นลอจิก 0 และ 1 เพื่อง่ายต่อการใช้งาน โดยจะต่อเข้าไปยัง Port 2.0



รูปที่ 3.4 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของการทำงานของการรับค่าจากเซนเซอร์

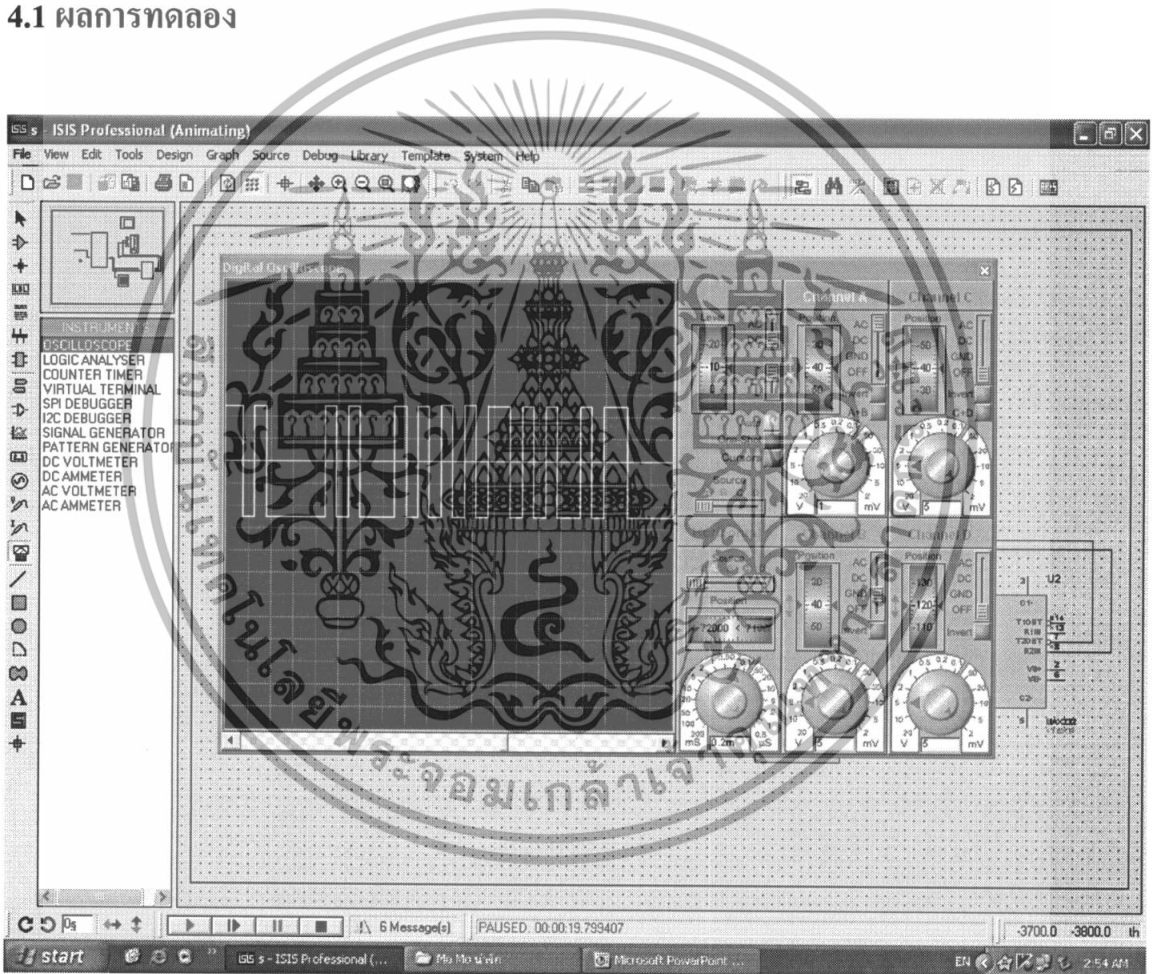
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้เป็นการศึกษาการเขียนโปรแกรมว่าไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถติดต่อกับโทรศัพท์มือถือได้หรือไม่โดยการสั่งให้MCU ส่ง พัลส์ยว ุคได้ ไปยังโทรศัพท์มือถือเพื่อให้มือถือส่งข้อมูลไปยัง ผู้ใช้้อีกครั้งหนึ่ง

4.1 ผลการทดลอง



รูปที่4.1เป็นสัญญาณที่ออกจากMCU ที่วัดได้โดยขนาดสัญญาณมีค่าเท่ากับ 5 Vpp จากรูป สัญญาณที่ได้นั้นเป็นสัญญาณที่ส่งออกมาจาก Serial port โดยค่าสัญญาณที่ได้มีค่าเป็น5Vpp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

789 - HyperTerminal
File Edit View Call Transfer Help
at
OK
at+cmgf=0
OK
at+cmgs=38
> 0011000a8180269194830000aa1c737a985e9f83de66903c1d7683d2f386821c769fcbf277
+CMGS: 34
OK
Connected 0:03:03 Auto detect 19200 8-N-1 SCROLL CAPS NUM Capture Print echo

```

รูปที่4.2การใช้คำสั่ง AT Command เพื่อส่ง SMS บนโปรแกรม Hyper Terminal จากรูปเป็นการทดลองใช้คำสั่ง AT command โดยเป็นการทดลองกำหนดค่ารูปแบบที่ใช้ในการรับและส่งข้อความให้เป็นแบบ PDU mode โดยการตั้งว่า AT+CMGF=0 และในคำสั่งถัดมาเป็นการทดลองสั่งงานในการส่งข้อความ

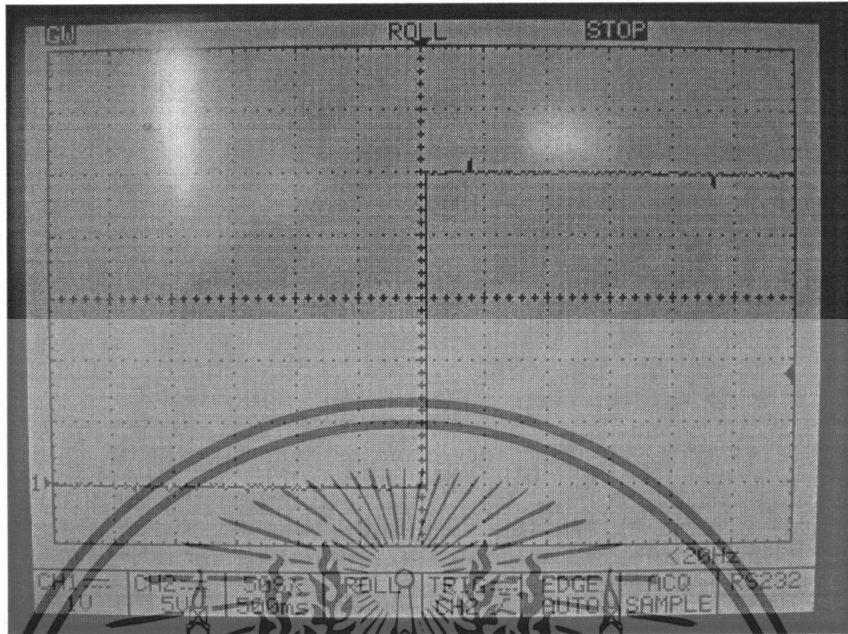
```

555 - HyperTerminal
File Edit View Call Transfer Help
MoteAT+CMGL=064192980000AA0F737A985E9FF76031580C1683C540+AT+CPMS=ME
Connected 0:04:51 Auto detect 19200 8-N-1 SCROLL CAPS NUM Capture Print echo

```

รูปที่4.3รูปแสดงการทำงานส่งข้อความโดยผ่านคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงรูปสัญญาณที่วัดได้จากวงจรตรวจจับผู้บุกรุก
จากรูปพบว่าสัญญาณที่ได้มีลักษณะเป็นสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยม โดยที่วงจรทำงานตามปกติ
แล้ว ไม่มีผู้บุกรุกสัญญาณที่ได้จะเป็น 0V และเมื่อมีการบุกรุกเกิดขึ้น (ลำแสงอินฟราเรดถูกบัง)
สัญญาณที่ได้จะเป็น 5V



รูปที่ 4.5 แสดงการทดสอบเบื้องต้นของชิ้นงานที่เสร็จสมบูรณ์ผ่านหลอด LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเขียนโปรแกรมเพื่อทดสอบการเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์และโทรศัพท์มือถือพบว่าสามารถเชื่อมต่อกันได้โดยการส่งงานผ่านทาง SMS เพื่อควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า แล้วรายงานสถานะการทำงานส่งกลับมายังผู้ใช้ได้ แต่โครงการนี้ยังมีข้อจำกัดในส่วนของการควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอยู่ เนื่องจากสามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้เพียง 8 ชั้นเท่านั้น หากเราพัฒนาศักยภาพของระบบนี้ให้สูงขึ้นก็จะทำให้ระบบสามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้มากขึ้นขึ้นด้วย

5.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองจะพบว่าในการทดลองส่งงานนั้นการทำงานของระบบสามารถทำงานตามที่ต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่การเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์และโทรศัพท์มือถือในบางครั้งล้มเหลวเนื่องจากเกิดความเข้าใจในการเขียนโปรแกรมที่ผิด และอีกสาเหตุหนึ่งที่สำคัญก็คือจุดเชื่อมต่อระหว่างโทรศัพท์มือถือและสายคาต้าเคเบิ้ลนั้นไม่แน่น เนื่องจากขาพิน(Pin) ของตัวอุปกรณ์และสายคาต้าเคเบิ้ลนั้นสัมผัสกันไม่สนิท จึงต้องทำการเปลี่ยนสายใหม่

5.3 ปัญหาจากการทดลอง

ปัญหาที่เกิดขึ้นส่วนมากจะเกิดจากตัวโทรศัพท์ เนื่องจากเป็นโทรศัพท์ที่เก่าผ่านการใช้งานมาหลายปี บางครั้งเครื่องก็รวนบ้างแต่สามารถแก้ไขได้โดยทำการลงข้อมูลเฟิร์มแวร์ใหม่ทั้งหมด แต่ข้อดีของโทรศัพท์รุ่นเก่าๆก็คือ ราคาถูกและพอร์ตTx Rx ที่ให้มานั้นง่ายต่อการใช้งานด้วย

5.4 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการทดลองนี้เนื่องจากได้มีการออกแบบให้สามารถควบคุมอุปกรณ์ได้เพียง 8 ชั้นเท่านั้น ดังนั้น น่าจะมีการพัฒนาให้สามารถควบคุมอุปกรณ์ได้มากขึ้น และ การตรวจจับผู้บุกรุกนั้น จะเป็นการตรวจจับที่วัดเอาผลเพียงแค่การบุกรุกเท่านั้น หากได้มีการพัฒนาให้สามารถนับจำนวนของผู้บุกรุกได้ก็จะเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบมากขึ้น

บรรณานุกรม

1. สว่าง ประกายรุ่ง, วารสารเซมิกอนดักเตอร์ : พอร์ตอณุกรมมาตรฐาน RS – 232 ,
ปีที่ 2530, เล่มที่ 81, กรุงเทพ.
2. เจน สงสมพันธ์ , เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ : การรับส่ง SMS ,
พิมพ์ครั้งที่ 7, สำนักพิมพ์ เอ็ดดิสันเพรส โปรดักส์จำกัด กรุงเทพ ฯ.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 รหัสตัวอักษรชนิด 7 บิต ที่กำหนดอยู่ในคู่มือ GSM (7 bit default alphabet)

Hex	Dec	Character name	Character	ISO-8859-1 DEC
0x00	0	COMMERCIAL AT	@	64
0x01	1	POUND SIGN	£	163
0x02	2	DOLLAR SIGN	\$	36
0x03	3	YEN SIGN	¥	165
0x04	4	LATIN SMALL LETTER E WITH GRAVE	è	232
0x05	5	LATIN SMALL LETTER E WITH ACUTE	é	233
0x06	6	LATIN SMALL LETTER U WITH GRAVE	ù	249
0x07	7	LATIN SMALL LETTER I WITH GRAVE	ì	236
0x08	8	LATIN SMALL LETTER O WITH GRAVE	ò	242
0x09	9	LATIN CAPITAL LETTER C WITH CEDILLA	Ç	199
0x0A	10	LINE FEED		10
0x0B	11	LATIN CAPITAL LETTER O WITH STROKE	Ø	216
0x0C	12	LATIN SMALL LETTER O WITH STROKE	ø	248
0x0D	13	CARRIAGE RETURN		13
0x0E	14	LATIN CAPITAL LETTER A WITH RING ABOVE	Å	197
0x0F	15	LATIN SMALL LETTER A WITH RING ABOVE	å	229
0x10	16	GREEK CAPITAL LETTER DELTA	Δ	
0x11	17	LOW LINE	—	95
0x12	18	GREEK CAPITAL LETTER PHI	Φ	
0x13	19	GREEK CAPITAL LETTER GAMMA	Γ	
0x14	20	GREEK CAPITAL LETTER LAMBDA	Λ	
0x15	21	GREEK CAPITAL LETTER OMEGA	Ω	
0x16	22	GREEK CAPITAL LETTER PI	Π	
0x17	23	GREEK CAPITAL LETTER PSI	Ψ	
0x18	24	GREEK CAPITAL LETTER SIGMA	Σ	
0x19	25	GREEK CAPITAL LETTER THETA	Θ	
0x1A	26	GREEK CAPITAL LETTER XI	Ξ	
0x1B	27	ESCAPE TO EXTENSION TABLE		
0x1B0A	27 10	FORM FEED		12
0x1B14	27 20	CIRCUMFLEX ACCENT	^	94
0x1B28	27 40	LEFT CURLY BRACKET	{	123
0x1B29	27 41	RIGHT CURLY BRACKET	}	125
0x1B2F	27 47	REVERSE SOLIDUS (BACKSLASH)	\	92
0x1B3C	27 60	LEFT SQUARE BRACKET	[91
0x1B3D	27 61	TILDE	~	126
0x1B3E	27 62	RIGHT SQUARE BRACKET]	93
0x1B40	27 64	VERTICAL BAR		124
0x1B65	27 101	EURO SIGN	€	164 (ISO-8859-15)
0x1C	28	LATIN CAPITAL LETTER AE	Æ	198
0x1D	29	LATIN SMALL LETTER AE	æ	230

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 รหัสตัวอักษรชนิด 7 บิต ที่กำหนดอยู่ในคู่มือ GSM (7 bit default alphabet) (ต่อ)

Hex	Dec	Character name	Character	ISO-8859-1 DEC
0x1E	30	LATIN SMALL LETTER SHARP S (German)	ß	223
0x1F	31	LATIN CAPITAL LETTER E WITH ACUTE	É	201
0x20	32	SPACE		32
0x21	33	EXCLAMATION MARK	!	33
0x22	34	QUOTATION MARK	"	34
0x23	35	NUMBER SIGN	#	35
0x24	36	CURRENCY SIGN	¤	164 (ISO-8859-1)
0x25	37	PERCENT SIGN	%	37
0x26	38	AMPERSAND	&	38
0x27	39	APOSTROPHE	'	39
0x28	40	LEFT PARENTHESIS	(40
0x29	41	RIGHT PARENTHESIS)	41
0x2A	42	ASTERISK	*	42
0x2B	43	PLUS SIGN	+	43
0x2C	44	COMMA	,	44
0x2D	45	HYPHEN-MINUS	-	45
0x2E	46	FULL STOP	.	46
0x2F	47	SOLIDUS (SLASH)	/	47
0x30	48	DIGIT ZERO	0	48
0x31	49	DIGIT ONE	1	49
0x32	50	DIGIT TWO	2	50
0x33	51	DIGIT THREE	3	51
0x34	52	DIGIT FOUR	4	52
0x35	53	DIGIT FIVE	5	53
0x36	54	DIGIT SIX	6	54
0x37	55	DIGIT SEVEN	7	55
0x38	56	DIGIT EIGHT	8	56
0x39	57	DIGIT NINE	9	57
0x3A	58	COLON	:	58
0x3B	59	SEMICOLON	;	59
0x3C	60	LESS-THAN SIGN	<	60
0x3D	61	EQUALS SIGN	=	61
0x3E	62	GREATER-THAN SIGN	>	62
0x3F	63	QUESTION MARK	?	63
0x40	64	INVERTED EXCLAMATION MARK	¡	161
0x41	65	LATIN CAPITAL LETTER A	A	65
0x42	66	LATIN CAPITAL LETTER B	B	66
0x43	67	LATIN CAPITAL LETTER C	C	67
0x44	68	LATIN CAPITAL LETTER D	D	68
0x45	69	LATIN CAPITAL LETTER E	E	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 รหัสตัวอักษรชนิด 7 บิต ที่กำหนดอยู่ในคู่มือ GSM (7 bit default alphabet) (ต่อ)

Hex	Dec	Character name	Character	ISO-8859-1 DEC
0x46	70	LATIN CAPITAL LETTER F	F	70
0x47	71	LATIN CAPITAL LETTER G	G	71
0x48	72	LATIN CAPITAL LETTER H	H	72
0x49	73	LATIN CAPITAL LETTER I	I	73
0x4A	74	LATIN CAPITAL LETTER J	J	74
0x4B	75	LATIN CAPITAL LETTER K	K	75
0x4C	76	LATIN CAPITAL LETTER L	L	76
0x4D	77	LATIN CAPITAL LETTER M	M	77
0x4E	78	LATIN CAPITAL LETTER N	N	78
0x4F	79	LATIN CAPITAL LETTER O	O	79
0x50	80	LATIN CAPITAL LETTER P	P	80
0x51	81	LATIN CAPITAL LETTER Q	Q	81
0x52	82	LATIN CAPITAL LETTER R	R	82
0x53	83	LATIN CAPITAL LETTER S	S	83
0x54	84	LATIN CAPITAL LETTER T	T	84
0x55	85	LATIN CAPITAL LETTER U	U	85
0x56	86	LATIN CAPITAL LETTER V	V	86
0x57	87	LATIN CAPITAL LETTER W	W	87
0x58	88	LATIN CAPITAL LETTER X	X	88
0x59	89	LATIN CAPITAL LETTER Y	Y	89
0x5A	90	LATIN CAPITAL LETTER Z	Z	90
0x5B	91	LATIN CAPITAL LETTER A WITH DIAERESIS	Ä	196
0x5C	92	LATIN CAPITAL LETTER O WITH DIAERESIS	Ö	214
0x5D	93	LATIN CAPITAL LETTER N WITH TILDE	Ñ	209
0x5E	94	LATIN CAPITAL LETTER U WITH DIAERESIS	Ü	220
0x5F	95	SECTION SIGN	§	167
0x60	96	INVERTED QUESTION MARK	¿	191
0x61	97	LATIN SMALL LETTER A	a	97
0x62	98	LATIN SMALL LETTER B	b	98
0x63	99	LATIN SMALL LETTER C	c	99
0x64	100	LATIN SMALL LETTER D	d	100
0x65	101	LATIN SMALL LETTER E	e	101
0x66	102	LATIN SMALL LETTER F	f	102
0x67	103	LATIN SMALL LETTER G	g	103
0x68	104	LATIN SMALL LETTER H	h	104
0x69	105	LATIN SMALL LETTER I	i	105
0x6A	106	LATIN SMALL LETTER J	j	106
0x6B	107	LATIN SMALL LETTER K	k	107
0x6C	108	LATIN SMALL LETTER L	l	108
0x6D	109	LATIN SMALL LETTER M	m	109
0x6E	110	LATIN SMALL LETTER N	n	110

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 รหัสตัวอักษรชนิด 7 บิต ที่กำหนดอยู่ในคู่มือ GSM (7 bit default alphabet) (ต่อ)

Hex	Dec	Character name	Character	ISO-8859-1 DEC
0x6F	111	LATIN SMALL LETTER O	o	111
0x70	112	LATIN SMALL LETTER P	p	112
0x71	113	LATIN SMALL LETTER Q	q	113
0x72	114	LATIN SMALL LETTER R	r	114
0x73	115	LATIN SMALL LETTER S	s	115
0x74	116	LATIN SMALL LETTER T	t	116
0x75	117	LATIN SMALL LETTER U	u	117
0x76	118	LATIN SMALL LETTER V	v	118
0x77	119	LATIN SMALL LETTER W	w	119
0x78	120	LATIN SMALL LETTER X	x	120
0x79	121	LATIN SMALL LETTER Y	y	121
0x7A	122	LATIN SMALL LETTER Z	z	122
0x7B	123	LATIN SMALL LETTER A WITH DIAERESIS	ä	228
0x7C	124	LATIN SMALL LETTER O WITH DIAERESIS	ö	246
0x7D	125	LATIN SMALL LETTER N WITH TILDE	ñ	241
0x7E	126	LATIN SMALL LETTER U WITH DIAERESIS	ü	252
0x7F	127	LATIN SMALL LETTER A WITH GRAVE	à	224

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ แสดงชุดคำสั่ง AT-Command

1. Call Control

Command	Description
ATA	Answer Command
ATD	Dial Command
ATH	Hang Up Call
ATL	Monitor Speaker Loudness
ATM	Monitor Speaker Mode
ATO	Go On-Line
ATP	Set Pulse Dial as Default
ATT	Set Tone Dial as Default
AT+CSTA	Select Type of Address
AT+CRC	Cellular Result Codes

2. Data Card Control Commands

Command	Description
ATI	Identification
ATS	Select an S-register
ATZ	Recall Stored Profile
AT&F	Restore Factory Settings
AT&V	View Active Configuration
AT&W	Store Parameters in Given Profile
AT&Y	Select Set as s Power up Option
AT+CLCK	Facility Lock Command
AT+COLP	Connected Line Identification Presentation
AT+GCAP	Request Complete Capabilities List
AT+GMI	Request Manufacturer Identification
AT+GMM	Request Model Identification
AT+GMR	Request Revision Identification
AT+GSN	Request Product Serial Number Identification

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Phone Control Commands

Command	Description
AT+CBC	Battery Charge
AT+CGMI	Request Manufacturer Identification
AT+CGMM	Request Model Identification
AT+CGMR	Request Revision Identification
AT+CGSN	Request Product Serial Number Identification
AT+CMEE	Report Mobile Equipment Error
AT+CPAS	Phone Activity Status
AT+CPBF	Find Phone Book Entries
AT+CPBR	Read Phone Book Entry
AT+CPBS	Select Phone Book Memory Storage
AT+CPBW	Write Phone Book Entry
AT+CSCS	Select TE Character Set
AT+CSQ	Signal Quality

4. Computer Data Card Interface Commands

Command	Description
ATE	Command Echo
ATQ	Result Code Suppression
ATV	Define Response Format
ATX	Response Range Selection
AT&C	Define DCD Usage
AT&D	Define DTR Usage
AT&K	Select Flow Control
AT&Q	Define Communications Mode Option
AT&S	Define DSR Option
AT+ICF	DTE-DCE Character Framing
AT+IFC	DTE-DCE Local Flow Control
AT+IPR	Fixed DTE Rate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Reporting Options Commands

Command	Description
AT+CLIP	Calling Line Identification Presentation
AT+CR	Service Reporting Control
AT+DR	Data Compression Reporting
AT+ILRR	DTE-DCE Local Rate Reporting

6. Network Communication Parameter Commands

Command	Description
ATB	Communications Standard Option
AT+CBST	Select Bearer Service Type
AT+CEER	Extended Error Report
AT+CRLP	Radio Link Protocol
AT+DS	Data Compression

7. Miscellaneous Commands

Command	Description
A/	Re-Execute Command Line
AT?	Command Help
AT*C	Start SMS Interpreter
AT*T	Enter SMS Block Mode Protocol
AT*V	Activate V.25bis Mode
AT*NOKIATEST	Test Command
AT+CESP	Enter SMS Block Mode Protocol

8. SMS Commands SMS Text Mode

Command	Description
AT+CSMS	Select Message Service
AT+CPMS	Preferred Message Storage
AT+CMGF	Message Format
AT+CSCA	Service Centre Address
AT+CSMP	Set Text Mode Parameters

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AT+CSDH	Show Text Mode Parameters
AT+CSCB	Select Cell Broadcast Message Types
AT+CSAS	Save Settings
AT+CRES	Restore Settings
AT+CNMI	New Message Indications to TE
AT+CMGL	List Messages
AT+CMGR	Read Message
AT+CMGS	Send Message
AT+CMSS	Send Message from Storage
AT+CMGW	Write Message to Memory
AT+CMGD	Delete Message

9. SMS Commands SMS PDU Mode

Command	Description
AT+CMGL	List Messages
AT+CMGR	Read Message
AT+CMGS	Send Message
AT+CMGW	Write Message to Memory

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P89V51RD2

1. General description

The P89V51RD2 is an 80C51 microcontroller with 64 kB Flash and 1024 bytes of data RAM. A key feature of the P89V51RD2 is its X2 mode option. The design engineer can choose to run the application with the conventional 80C51 clock rate (12 clocks per machine cycle) or select the X2 mode (6 clocks per machine cycle) to achieve twice the throughput at the same clock frequency. Another way to benefit from this feature is to keep the same performance by reducing the clock frequency by half, thus dramatically reducing the EMI. The Flash program memory supports both parallel programming and in serial In-System Programming (ISP). Parallel programming mode offers gang-programming at high speed, reducing programming costs and time to market. ISP allows a device to be reprogrammed in the end product under software control. The capability to field/update the application firmware makes a wide range of applications possible. The P89V51RD2 is also In-Application Programmable (IAP), allowing the Flash program memory to be reconfigured even while the application is running.

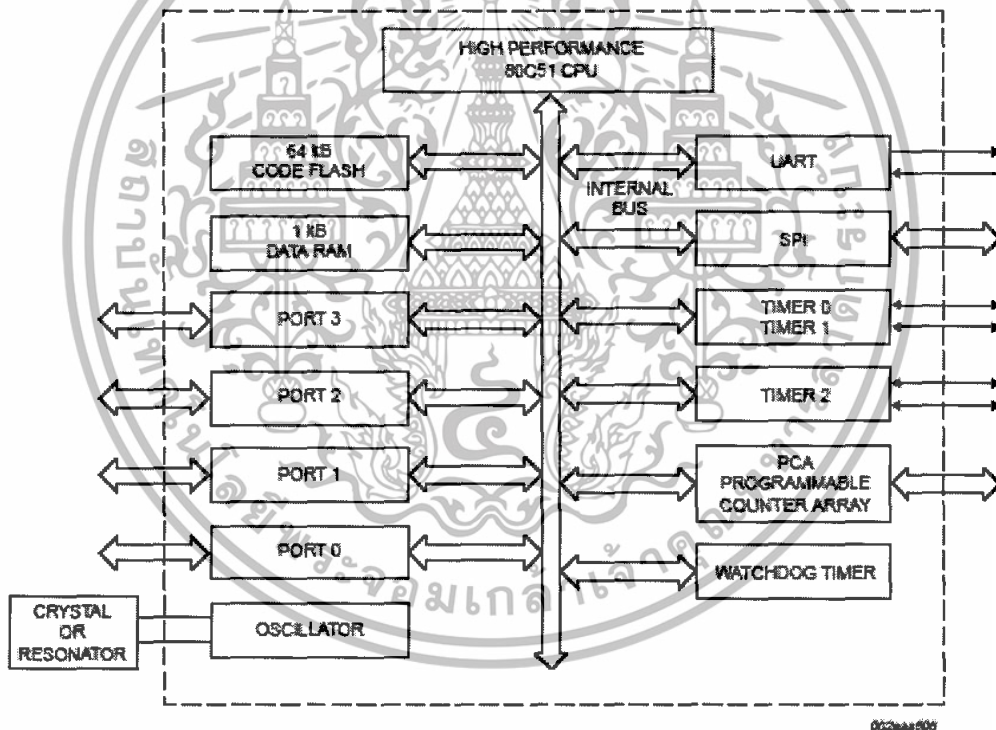
2. Features

- 80C51 Central Processing Unit
- 5 V Operating voltage from 0 to 40 MHz
- 64 kB of on-chip Flash program memory with ISP (In-System Programming) and IAP (In- Application Programming)
- Supports 12-clock (default) or 6-clock mode selection via software or ISP
- SPI (Serial Peripheral Interface) and enhanced UART
- PCA (Programmable Counter Array) with PWM and Capture/Compare functions
- Four 8-bit I/O ports with three high-current Port 1 pins (16 mA each)
- Three 16-bit timers/counters
- Programmable Watchdog timer (WDT)
- Eight interrupt sources with four priority levels
- Second DPTR register

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

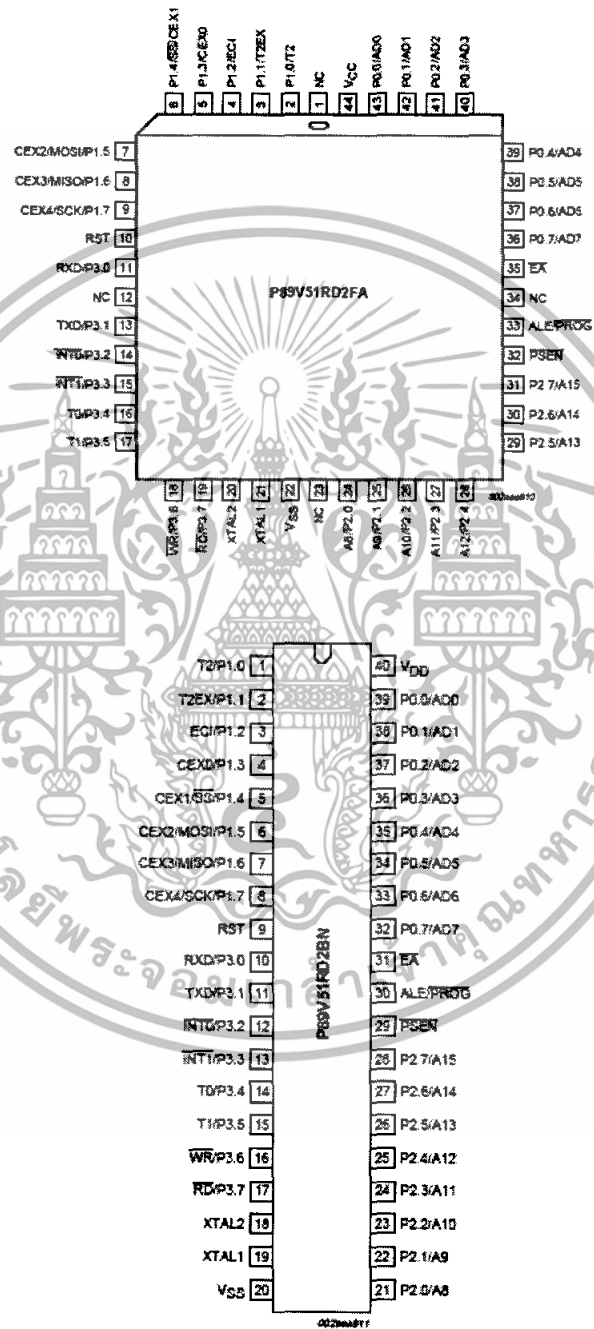
- Low EMI mode (ALE inhibit)
- TTL- and CMOS-compatible logic levels
- Brown-out detection
- Low power modes
- Power-down mode with external interrupt wake-up
- Idle mode
- PDIP40, PLCC44 and TQFP44 packages

3. Block diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Pinning information



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 Pin description

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

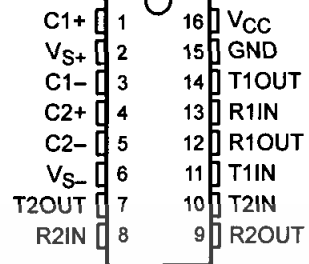
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS0471 – FEBRUARY 1989 – REVISED OCTOBER 2002

- Meet or Exceed TIA/EIA-232-F and ITU Recommendation V.28
- Operate With Single 5-V Power Supply
- Operate Up to 120 kbit/s
- Two Drivers and Two Receivers
- ± 30 -V Input Levels
- Low Supply Current . . . 8 mA Typical
- Designed to be Interchangeable With Maxim MAX232
- ESD Protection Exceeds JESD 22 – 2000-V Human-Body Model (A114-A)
- Applications
 - TIA/EIA-232-F
 - Battery-Powered Systems
 - Terminals
 - Modems
 - Computers

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



description/ordering information

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

ORDERING INFORMATION

TA	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 70°C	PDIP (N)	Tube	MAX232N	MAX232N
	SOIC (D)	Tube	MAX232D	MAX232
		Tape and reel	MAX232DR	
	SOIC (DW)	Tube	MAX232DW	MAX232
		Tape and reel	MAX232DWR	
	SOP (NS)	Tape and reel	MAX232NSR	MAX232
-40°C to 85°C	PDIP (N)	Tube	MAX232IN	MAX232IN
	SOIC (D)	Tube	MAX232ID	MAX232I
		Tape and reel	MAX232IDR	
	SOIC (DW)	Tube	MAX232IDW	MAX232I
		Tape and reel	MAX232IDWR	

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



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

LinASIC is a trademark of Texas Instruments.

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

 **TEXAS
INSTRUMENTS**

Copyright © 2002, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า 1

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS0471 – FEBRUARY 1989 – REVISED OCTOBER 2002

Function Tables

EACH DRIVER

INPUT TIN	OUTPUT TOUT
L	H
H	L

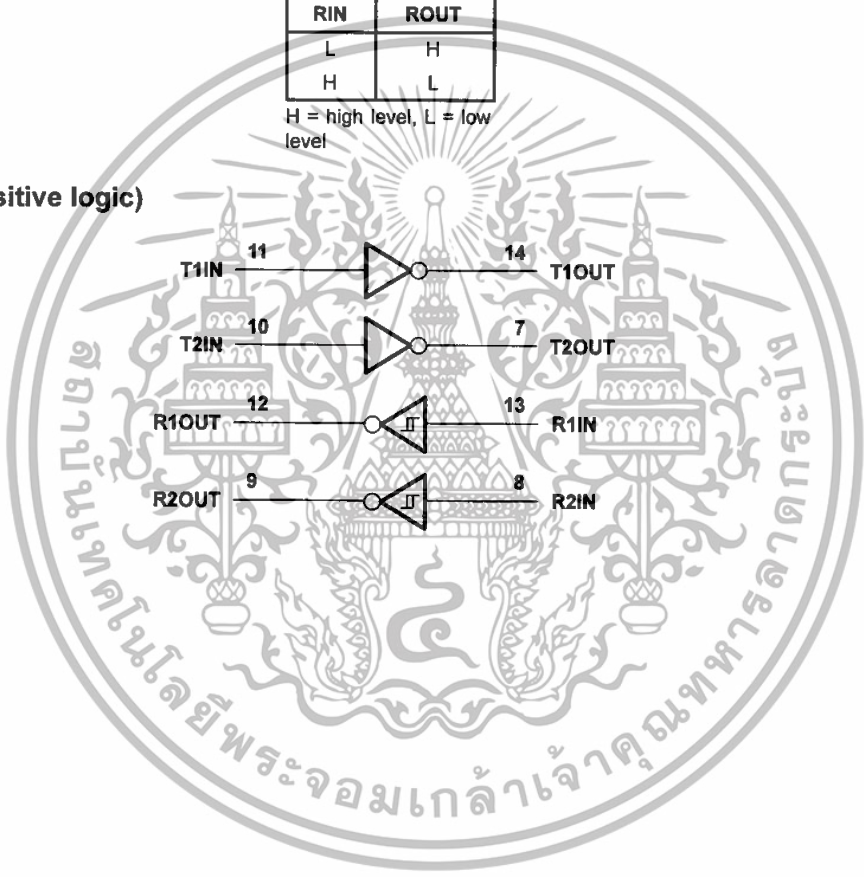
H = high level, L = low level

EACH RECEIVER

INPUT RIN	OUTPUT ROUT
L	H
H	L

H = high level, L = low level

logic diagram (positive logic)



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS0471 – FEBRUARY 1989 – REVISED OCTOBER 2002

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

Input supply voltage range, V_{CC} (see Note 1)	-0.3 V to 6 V
Positive output supply voltage range, V_{S+}	$V_{CC} - 0.3$ V to 15 V
Negative output supply voltage range, V_{S-}	-0.3 V to -15 V
Input voltage range, V_I : Driver	-0.3 V to $V_{CC} + 0.3$ V
Receiver	±30 V
Output voltage range, V_O : T1OUT, T2OUT	$V_{S-} - 0.3$ V to $V_{S+} + 0.3$ V
R1OUT, R2OUT	-0.3 V to $V_{CC} + 0.3$ V
Short-circuit duration: T1OUT, T2OUT	Unlimited
Package thermal impedance, θ_{JA} (see Note 2): D package	73°C/W
DW package	57°C/W
N package	67°C/W
NS package	64°C/W
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds	260°C
Storage temperature range, T_{stg}	-65°C to 150°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

- NOTE 1: All voltage values are with respect to network ground terminal.
 2. The package thermal impedance is calculated in accordance with JESD 51-7.

recommended operating conditions

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

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature (unless otherwise noted) (see Note 3 and Figure 4)

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

‡ All typical values are at $V_{CC} = 5$ V and $T_A = 25^\circ\text{C}$.
 NOTE 3: Test conditions are C1-C4 = 1 μF at $V_{CC} = 5$ V ± 0.5 V.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในองค์กรเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า 3

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAX232, MAX232I

DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS047I – FEBRUARY 1989 – REVISED OCTOBER 2002

DRIVER SECTION

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature range (see Note 3)

PARAMETER		TEST CONDITIONS		MIN	TYP†	MAX	UNIT
V _{OH}	High-level output voltage	T1OUT, T2OUT	R _L = 3 kΩ to GND	5	7		V
V _{OL}	Low-level output voltage‡	T1OUT, T2OUT	R _L = 3 kΩ to GND		-7	-5	V
r _o	Output resistance	T1OUT, T2OUT	V _{S+} = V _{S-} = 0, V _O = ±2 V	300			Ω
I _{OS} §	Short-circuit output current	T1OUT, T2OUT	V _{CC} = 5.5 V, V _O = 0		±10		mA
I _{IS}	Short-circuit input current	T1IN, T2IN	V _I = 0			200	μA

† All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.

‡ The algebraic convention, in which the least positive (most negative) value is designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels only.

§ Not more than one output should be shorted at a time.

NOTE 3: Test conditions are C1–C4 = 1 μF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.

switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C (see Note 3)

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

NOTE 3: Test conditions are C1–C4 = 1 μF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.

RECEIVER SECTION

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature range (see Note 3)

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

† All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.

‡ The algebraic convention, in which the least positive (most negative) value is designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels only.

NOTE 3: Test conditions are C1–C4 = 1 μF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.

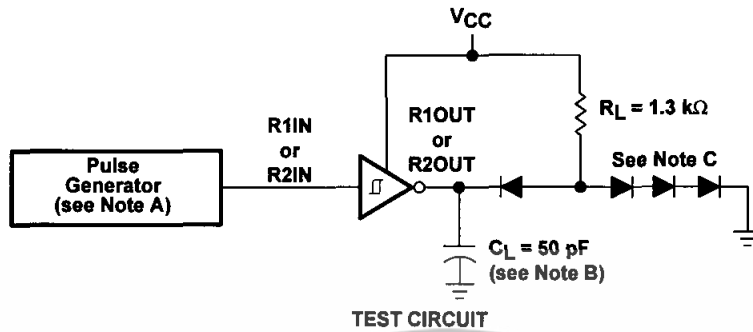
switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C (see Note 3 and Figure 1)

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

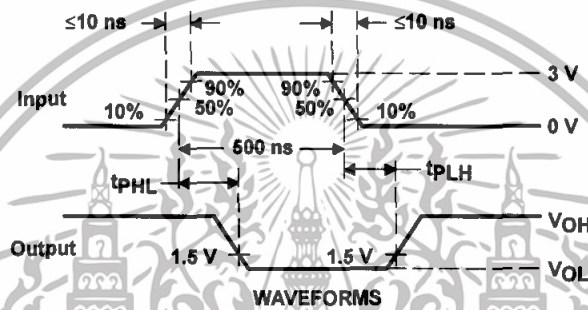
NOTE 3: Test conditions are C1–C4 = 1 μF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.



PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



TEST CIRCUIT



WAVEFORMS

- NOTES: A. The pulse generator has the following characteristics: $Z_0 = 50 \Omega$, duty cycle $\leq 50\%$.
 B. C_L includes probe and jig capacitance.
 C. All diodes are 1N3064 or equivalent.

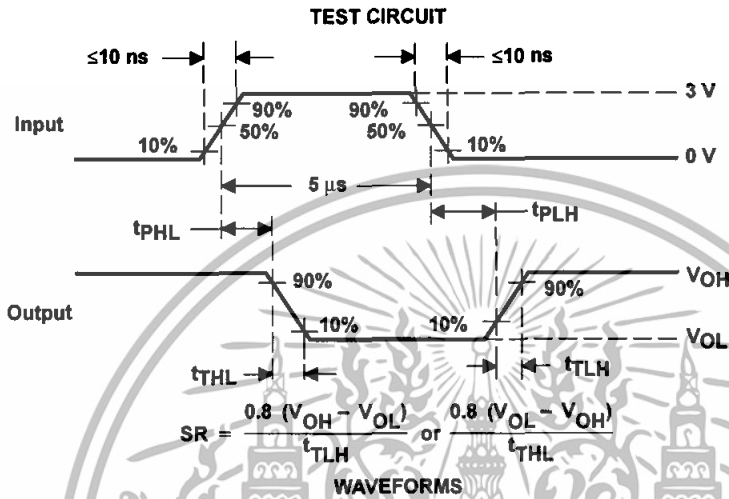
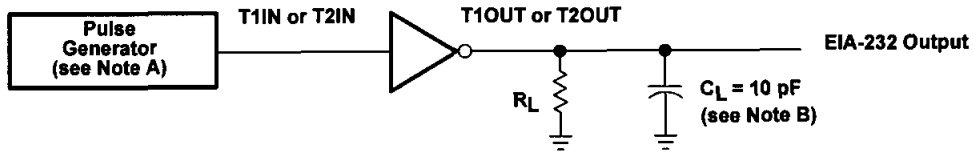
Figure 1. Receiver Test Circuit and Waveforms for t_{PHL} and t_{PLH} Measurements



MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

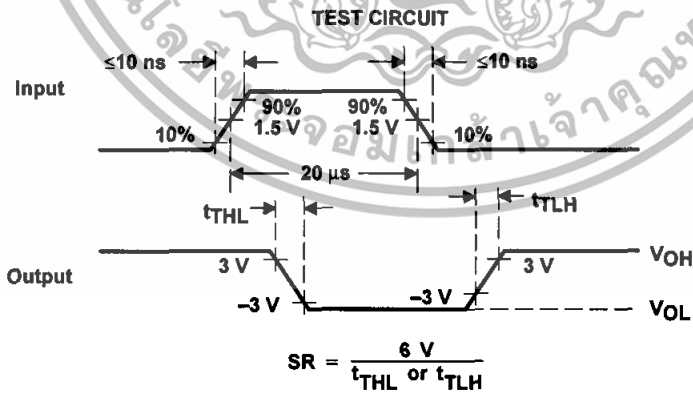
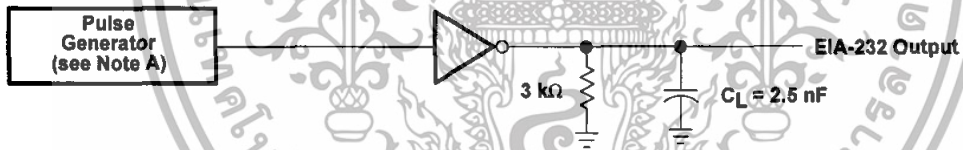
SLLS0471 – FEBRUARY 1989 – REVISED OCTOBER 2002

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



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

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



NOTE A: The pulse generator has the following characteristics: $Z_O = 50 \Omega$, duty cycle $\leq 50\%$.

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



APPLICATION INFORMATION

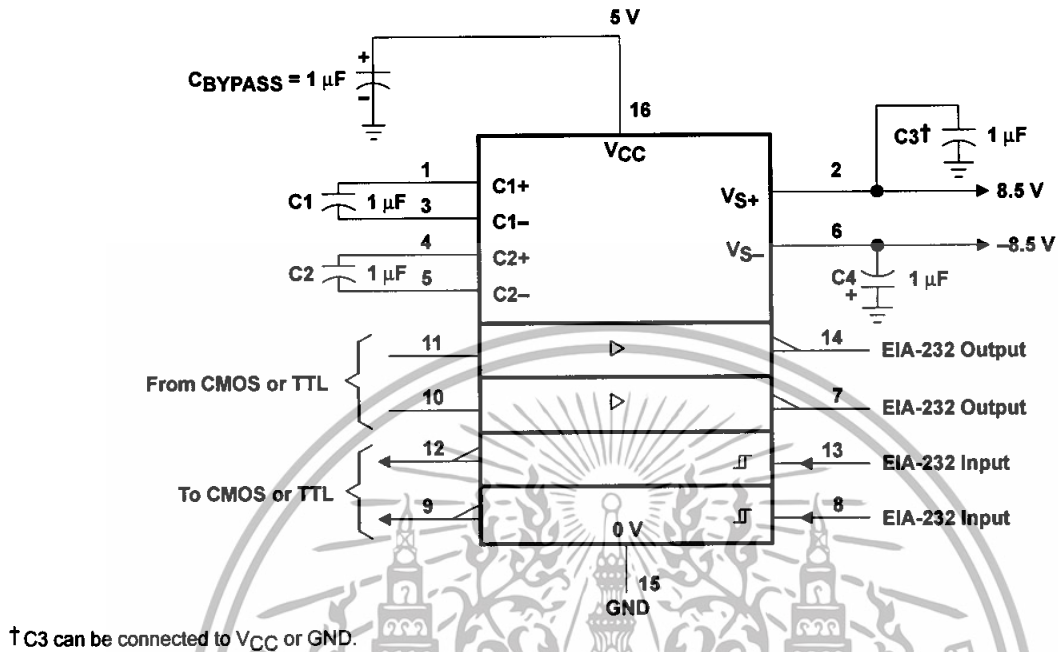


Figure 4. Typical Operating Circuit

IMPORTANT NOTICE

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

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

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

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

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

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

Mailing Address:

Texas Instruments
Post Office Box 655303
Dallas, Texas 75265

Copyright © 2002, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM741 Operational Amplifier

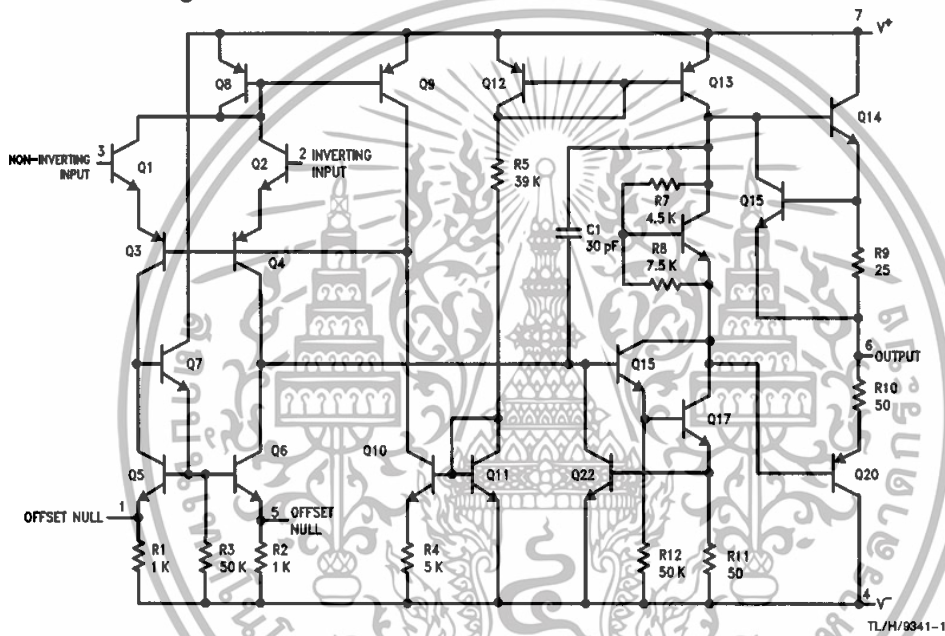
General Description

The LM741 series are general purpose operational amplifiers which feature improved performance over industry standards like the LM709. They are direct, plug-in replacements for the 709C, LM201, MC1439 and 748 in most applications. The amplifiers offer many features which make their application nearly foolproof: overload protection on the input and

output, no latch-up when the common mode range is exceeded, as well as freedom from oscillations.

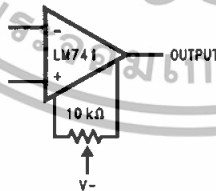
The LM741C/LM741E are identical to the LM741/LM741A except that the LM741C/LM741E have their performance guaranteed over a 0°C to +70°C temperature range, instead of -55°C to +125°C.

Schematic Diagram



TL/H/9341-1

Offset Nulling Circuit



TL/H/9341-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.
(Note 5)

	LM741A	LM741E	LM741	LM741C
Supply Voltage	±22V	±22V	±22V	±18V
Power Dissipation (Note 1)	500 mW	500 mW	500 mW	500 mW
Differential Input Voltage	±30V	±30V	±30V	±30V
Input Voltage (Note 2)	±15V	±15V	±15V	±15V
Output Short Circuit Duration	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous
Operating Temperature Range	-55°C to +125°C	0°C to +70°C	-55°C to +125°C	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C
Junction Temperature	150°C	100°C	150°C	100°C
Soldering Information				
N-Package (10 seconds)	260°C	260°C	260°C	260°C
J- or H-Package (10 seconds)	300°C	300°C	300°C	300°C
M-Package				
Vapor Phase (60 seconds)	215°C	215°C	215°C	215°C
Infrared (15 seconds)	215°C	215°C	215°C	215°C
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.				
ESD Tolerance (Note 6)	400V	400V	400V	400V

Electrical Characteristics (Note 3)

Parameter	Conditions	LM741A/LM741E			LM741			LM741C			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$ $R_S \leq 50\Omega$		0.8	3.0	1.0	5.0		2.0	6.0	mV mV	
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$ $R_S \leq 50\Omega$ $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$			4.0		6.0			7.5	mV mV	
Average Input Offset Voltage Drift				15						$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	
Input Offset Voltage Adjustment Range	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 20\text{V}$	±10			±15			±15		mV	
Input Offset Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		3.0	30	20	200		20	200	nA	
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$			70		85			300	nA	
Average Input Offset Current Drift				0.5						$\text{nA}/^\circ\text{C}$	
Input Bias Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		30	80	80	500		80	500	nA	
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$			0.210		1.5			0.8	μA	
Input Resistance	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 20\text{V}$	1.0	6.0		0.3	2.0		0.3	2.0	$\text{M}\Omega$	
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$, $V_S = \pm 20\text{V}$		0.5							$\text{M}\Omega$	
Input Voltage Range	$T_A = 25^\circ\text{C}$							±12	±13	V	
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$				±12	±13				V	
Large Signal Voltage Gain	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$ $V_S = \pm 20\text{V}$, $V_O = \pm 15\text{V}$ $V_S = \pm 15\text{V}$, $V_O = \pm 10\text{V}$	50			50	200		20	200	V/mV V/mV	
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$, $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$, $V_S = \pm 20\text{V}$, $V_O = \pm 15\text{V}$ $V_S = \pm 15\text{V}$, $V_O = \pm 10\text{V}$	32								V/mV V/mV	
	$V_S = \pm 5\text{V}$, $V_O = \pm 2\text{V}$	10			25			15		V/mV	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (Note 3) (Continued)											
Parameter	Conditions	LM741A/LM741E			LM741			LM741C			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Voltage Swing	$V_S = \pm 20V$ $R_L \geq 10\text{ k}\Omega$ $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$	± 16 ± 15									V V
	$V_S = \pm 15V$ $R_L \geq 10\text{ k}\Omega$ $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$				± 12 ± 10	± 14 ± 13		± 12 ± 10	± 14 ± 13		V V
Output Short Circuit Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$	10 10	25	35 40		25			25		mA mA
Common-Mode Rejection Ratio	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$ $R_S \leq 10\text{ k}\Omega, V_{CM} = \pm 12V$ $R_S \leq 50\Omega, V_{CM} = \pm 12V$				70	90		70	90		dB dB
Supply Voltage Rejection Ratio	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$ $V_S = \pm 20V$ to $V_S = \pm 5V$ $R_S \leq 50\Omega$ $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$										dB dB
Transient Response Rise Time Overshoot	$T_A = 25^\circ\text{C}$, Unity Gain		0.25	0.8		0.3			0.3		μs %
			6.0	20		5			5		
Bandwidth (Note 4)	$T_A = 25^\circ\text{C}$	0.437	1.5								MHz
Slew Rate	$T_A = 25^\circ\text{C}$, Unity Gain	0.3	0.7			0.5			0.5		V/ μs
Supply Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$					1.7	2.8		1.7	2.8	mA
Power Consumption	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $V_S = \pm 20V$ $V_S = \pm 15V$		80	150		50	85		50	85	mW mW
	$V_S = \pm 20V$ $T_A = T_{AMIN}$ $T_A = T_{AMAX}$			165 135							mW mW
LM741E	$V_S = \pm 20V$ $T_A = T_{AMIN}$ $T_A = T_{AMAX}$			150 150							mW mW
	$V_S = \pm 15V$ $T_A = T_{AMIN}$ $T_A = T_{AMAX}$					60 45	100 75				mW mW

Note 1: For operation at elevated temperatures, these devices must be derated based on thermal resistance, and $T_{j\text{max}}$ (listed under "Absolute Maximum Ratings"). $T_j = T_A + (\theta_{JA} P_D)$.

Thermal Resistance	CerDip (J)	DIP (N)	HO8 (H)	SO-8 (M)
θ_{JA} (Junction to Ambient)	100°C/W	100°C/W	170°C/W	195°C/W
θ_{JC} (Junction to Case)	N/A	N/A	25°C/W	N/A

Note 2: For supply voltages less than $\pm 15V$, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.

Note 3: Unless otherwise specified, these specifications apply for $V_S = \pm 15V$, $-55^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$ (LM741/LM741A). For the LM741C/LM741E, these specifications are limited to $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$.

Note 4: Calculated value from: BW (MHz) = $0.35/\text{Rise Time}(\mu\text{s})$.

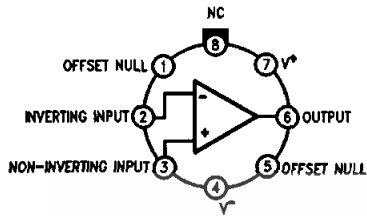
Note 5: For military specifications see RETS741X for LM741 and RETS741AX for LM741A.

Note 6: Human body model, 1.5 k Ω in series with 100 pF.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Connection Diagrams

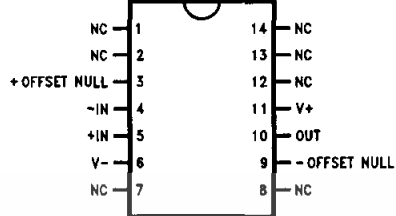
Metal Can Package



TL/H/9341-2

Order Number LM741H, LM741H/883*,
LM741AH/883 or LM741CH
See NS Package Number H08C

Ceramic Dual-In-Line Package



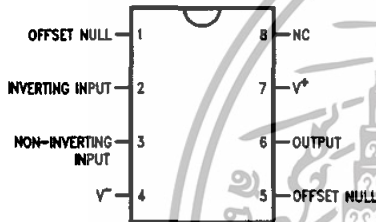
TL/H/9341-5

Order Number LM741J-14/883*, LM741AJ-14/883**
See NS Package Number J14A

*also available per JM38510/10101

**also available per JM38510/10102

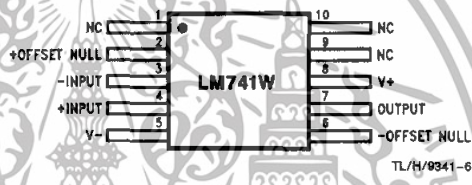
Dual-In-Line or S.O. Package



TL/H/9341-3

Order Number LM741J, LM741J/883,
LM741CM, LM741CN or LM741EN
See NS Package Number J08A, M08A or N08E

Ceramic Flatpak



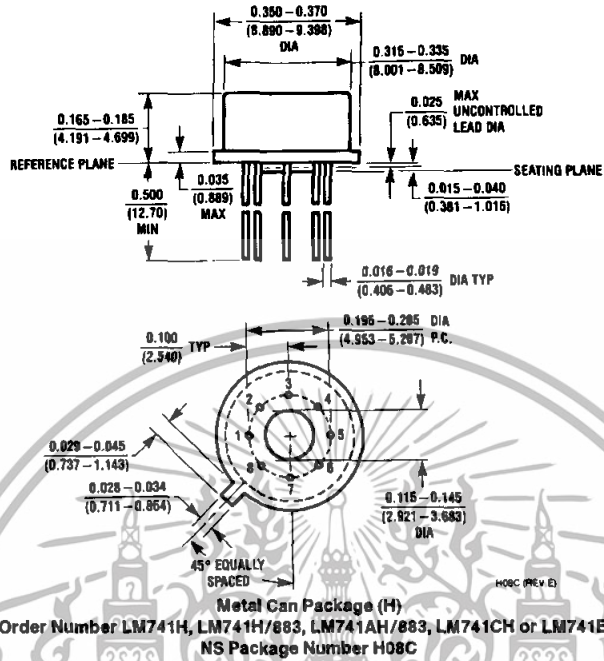
TL/H/9341-6

Order Number LM741W/883
See NS Package Number W10A

*LM741H is available per JM38510/10101

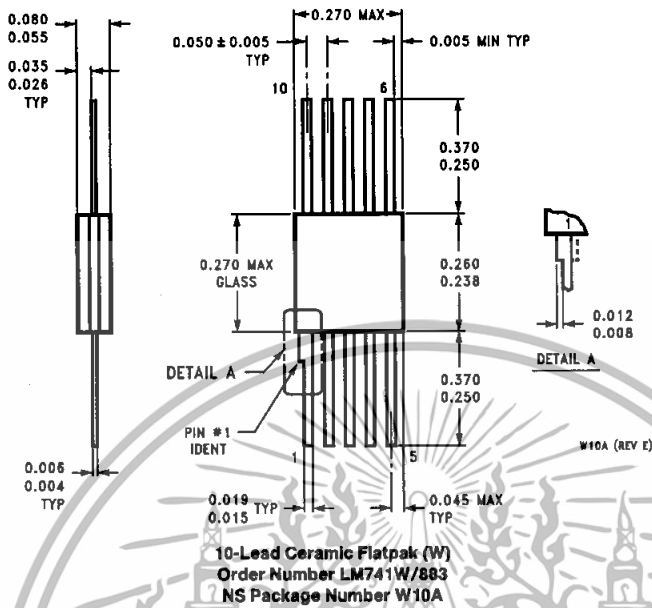
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) (Continued)



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 86
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 93 58
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: 81-043-298-2309
Fax: 81-043-298-2408

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
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

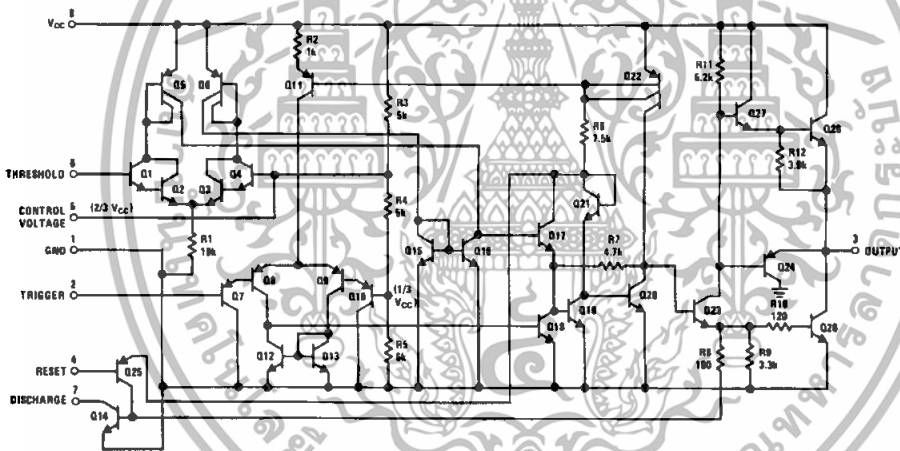
Applications

- 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



TL/H/7851-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

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

Supply Voltage	+ 18V
Power Dissipation (Note 1)	
LM555H, LM555CH	760 mW
LM555, LM555CN	1180 mW
Operating Temperature Ranges	
LM555C	0°C to + 70°C
LM555	- 55°C to + 125°C

Storage Temperature Range - 65°C to + 150°C

Soldering Information	
Dual-In-Line Package	
Soldering (10 Seconds)	260°C
Small Outline Package	
Vapor Phase (60 Seconds)	215°C
Infrared (15 Seconds)	220°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

Electrical Characteristics (T_A = 25°C, V_{CC} = + 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 _{CC} = 5V, R _L = ∞ V _{CC} = 15V, R _L = ∞ (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 _A = 1k to 100 kΩ, C = 0.1 μF, (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	R _A , R _B = 1k to 100 kΩ, C = 0.1 μF, (Note 3)		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 _{CC}
Trigger Voltage	V _{CC} = 15V V _{CC} = 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 _{CC} = 15V V _{CC} = 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)								
Output Low	V _{CC} = 15V, I _T = 15 mA		150			180		mV
Output Low	V _{CC} = 4.5V, I _T = 4.5 mA		70	100		80	200	mV

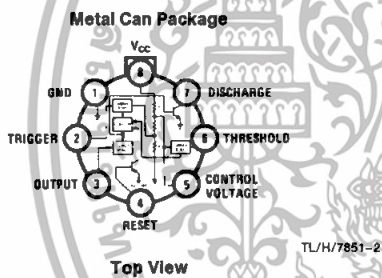
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{CC} = +5\text{V}$ to $+15\text{V}$, (unless otherwise specified) (Continued)

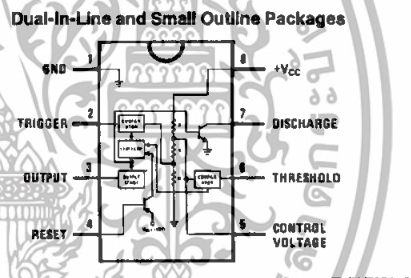
Parameter	Conditions	Limits						Units
		LM555			LM555C			
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Voltage Drop (Low)	$V_{CC} = 15\text{V}$		0.1	0.15		0.1	0.25	V
	$I_{\text{SINK}} = 10\text{ mA}$		0.4	0.5		0.4	0.75	V
	$I_{\text{SINK}} = 100\text{ mA}$		2	2.2		2	2.5	V
	$I_{\text{SINK}} = 200\text{ mA}$		2.5			2.5		V
	$V_{CC} = 5\text{V}$		0.1	0.25				V
	$I_{\text{SINK}} = 8\text{ mA}$ $I_{\text{SINK}} = 5\text{ mA}$					0.25	0.35	V
Output Voltage Drop (High)	$I_{\text{SOURCE}} = 200\text{ mA}$, $V_{CC} = 15\text{V}$		12.5			12.5		V
	$I_{\text{SOURCE}} = 100\text{ mA}$, $V_{CC} = 15\text{V}$	13	13.3		12.75	13.3		V
	$V_{CC} = 5\text{V}$	3	3.3		2.75	3.3		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 above 25°C based on a $+150^\circ\text{C}$ maximum junction temperature and a thermal resistance of $164^\circ\text{C}/\text{w}$ (TO-5), $106^\circ\text{C}/\text{w}$ (DIP) and $170^\circ\text{C}/\text{w}$ (SO-8) junction to ambient.
- Note 2:** Supply current when output high typically 1 mA less at $V_{CC} = 5\text{V}$.
- Note 3:** Tested at $V_{CC} = 5\text{V}$ and $V_{CC} = 15\text{V}$.
- Note 4:** This will determine the maximum value of $R_A + R_B$ for 15V operation. The maximum total ($R_A + R_B$) is 20 M Ω .
- Note 5:** No protection against excessive pin 7 current is necessary providing the package dissipation rating will not be exceeded.
- Note 6:** Refer to RET555X drawing of military LM555H and LM555J versions for specifications.

Connection Diagrams



Order Number LM555H or LM555CH
See NS Package Number H08C

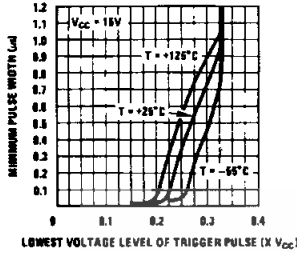


Order Number LM555J, LM555CJ,
LM555CM or LM555CN
See NS Package Number J08A, M08A or N08E

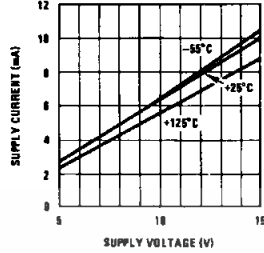
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics

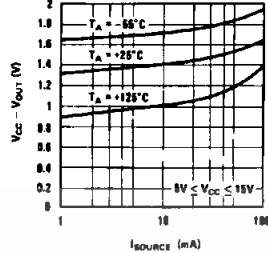
Minimum Pulse Width Required for Triggering



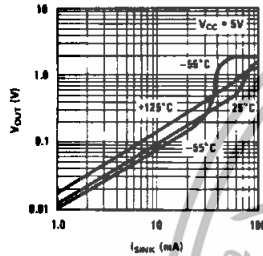
Supply Current vs Supply Voltage



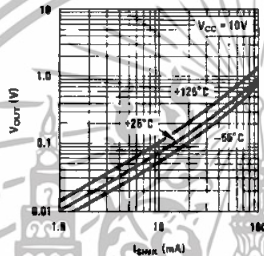
High Output Voltage vs Output Source Current



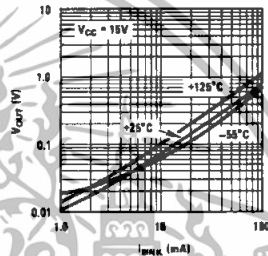
Low Output Voltage vs Output Sink Current



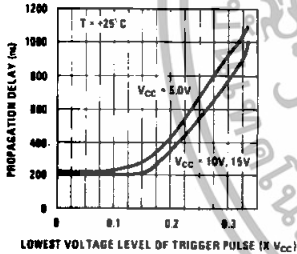
Low Output Voltage vs Output Sink Current



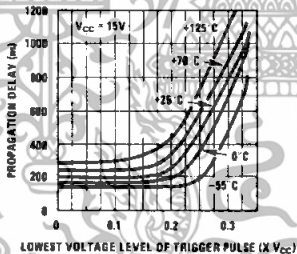
Low Output Voltage vs Output Sink Current



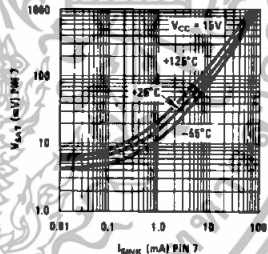
Output Propagation Delay vs Voltage Level of Trigger Pulse



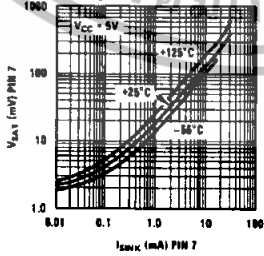
Output Propagation Delay vs Voltage Level of Trigger Pulse



Discharge Transistor (Pin 7) Voltage vs Sink Current



Discharge Transistor (Pin 7) Voltage vs Sink Current



TL/H/7851-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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.

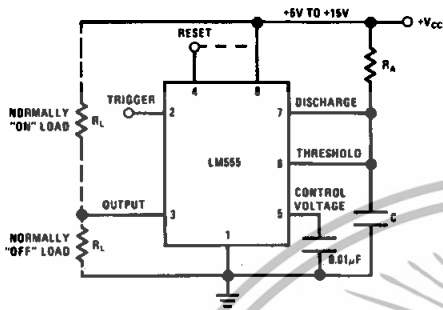
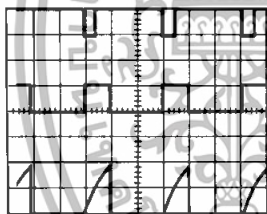


FIGURE 1. Monostable

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.



$V_{CC} = 5V$
 TIME = 0.1 ms/DIV.
 $R_A = 0.1 k\Omega$
 $C = 0.01 \mu F$

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 so long as the trigger input is returned high at least $10 \mu s$ before the end of the timing interval. 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.

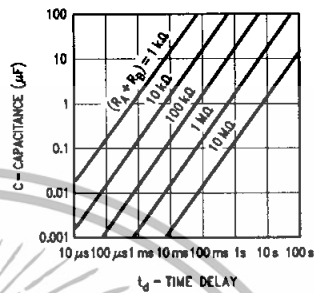


FIGURE 3. Time Delay

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 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.

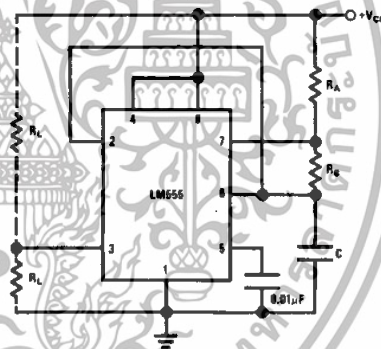
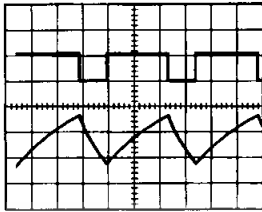


FIGURE 4. Astable

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.

Applications Information (Continued)

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



$V_{CC} = 5V$
 TIME = 20 μs /DIV. Top Trace: Output 5V/Div.
 $R_A = 3.9 k\Omega$ Bottom Trace: Capacitor Voltage 1V/Div.
 $R_B = 3 k\Omega$
 $C = 0.01 \mu F$

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:

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

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: $D = \frac{R_B}{R_A + 2R_B}$

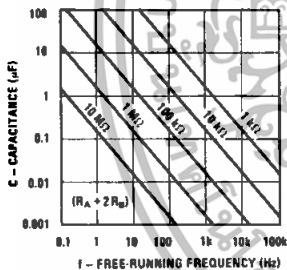
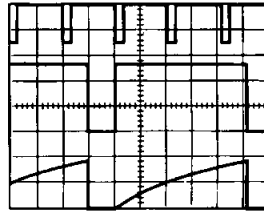


FIGURE 6. Free Running Frequency

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.



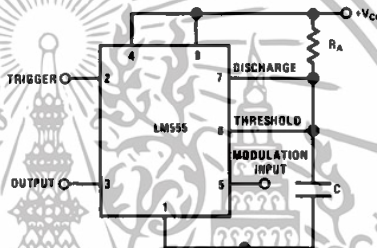
$V_{CC} = 5V$
 TIME = 20 μs /DIV. Top Trace: Input 4V/Div.
 $R_A = 9.1 k\Omega$ Middle Trace: Output 2V/Div.
 $C = 0.01 \mu F$ Bottom Trace: Capacitor 2V/Div.

TL/H/7851-11

FIGURE 7. Frequency Divider

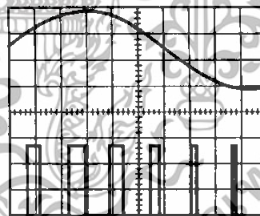
PULSE WIDTH MODULATOR

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.



TL/H/7851-12

FIGURE 8. Pulse Width Modulator



$V_{CC} = 5V$
 TIME = 0.2 ms/DIV. Top Trace: Modulation 1V/Div.
 $R_A = 9.1 k\Omega$ Bottom Trace: Output Voltage 2V/Div.
 $C = 0.01 \mu F$

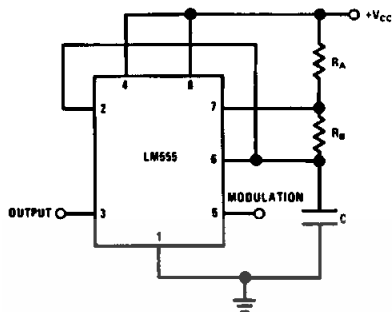
TL/H/7851-13

FIGURE 9. Pulse Width Modulator

PULSE POSITION MODULATOR

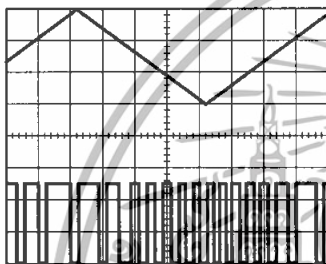
This application uses the timer connected for astable operation, as in Figure 10, with a modulating signal again applied to the control voltage terminal. The pulse position varies with the modulating signal, since the threshold voltage and hence the time delay is varied. Figure 11 shows the waveforms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

Applications Information (Continued)



TL/H/7851-14

FIGURE 10. Pulse Position Modulator



TL/H/7851-15

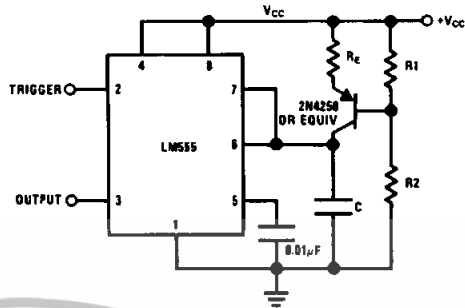
V_{CC} = 5V
 TIME = 0.1 ms/DIV.
 R_A = 3.9 kΩ
 R_B = 3 kΩ
 C = 0.01 μF

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

FIGURE 11. Pulse Position Modulator

LINEAR RAMP

When the pullup resistor, R_A, in the monostable circuit is replaced by a constant current source, a linear ramp is generated. Figure 12 shows a circuit configuration that will perform this function.



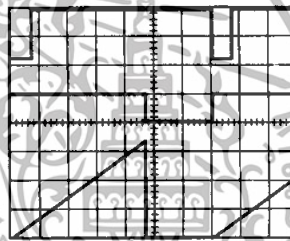
TL/H/7851-16

FIGURE 12

Figure 13 shows waveforms generated by the linear ramp. The time interval is given by:

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

$V_{BE} \approx 0.6V$



TL/H/7851-17

V_{CC} = 5V
 TIME = 20 μs/DIV.
 R₁ = 47 kΩ
 R₂ = 100 kΩ
 R_E = 2.7 kΩ
 C = 0.01 μF

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-

Applications Information (Continued)

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

$$\left[\frac{R_A R_B}{R_A + R_B} \right] C \ln \left[\frac{R_B - 2R_A}{2R_B - R_A} \right]$$

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

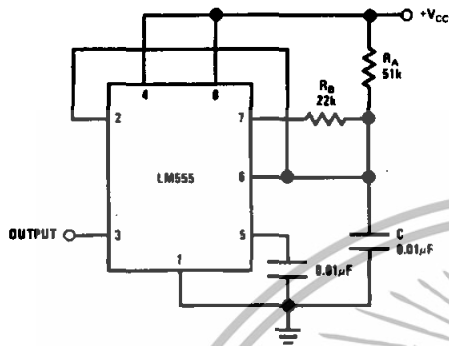


FIGURE 14. 50% Duty Cycle Oscillator

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

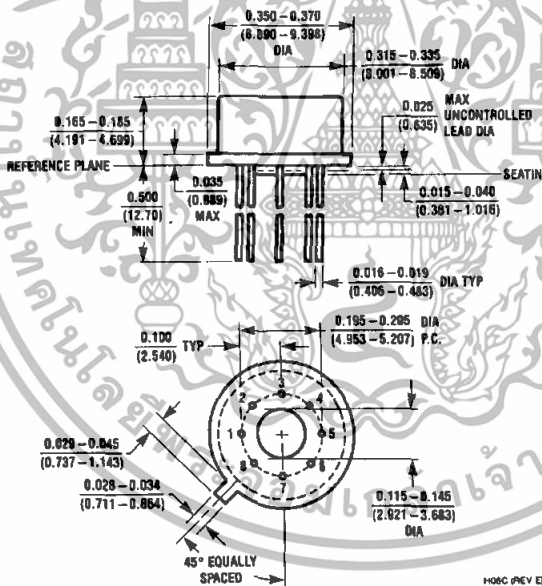
Adequate power supply bypassing is necessary to protect associated circuitry. Minimum recommended is $0.1 \mu F$ in parallel with $1 \mu F$ electrolytic.

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.

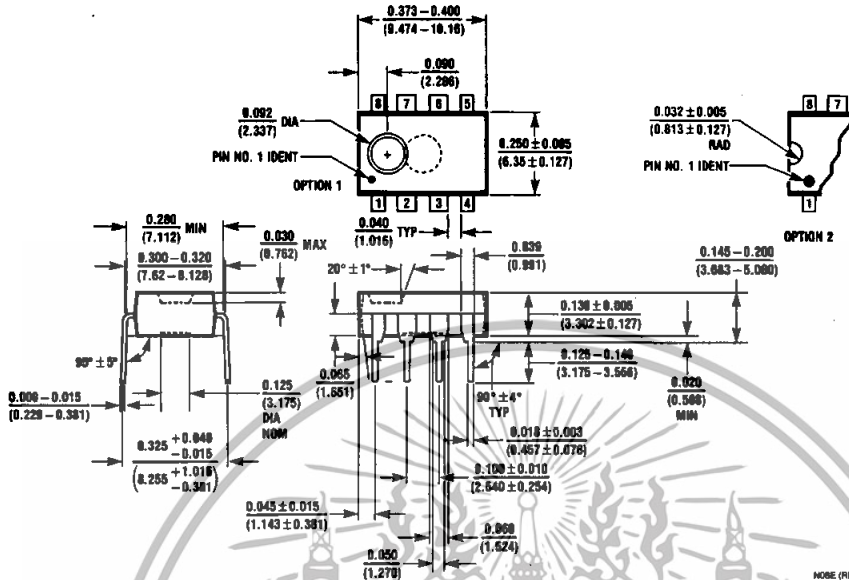
Physical Dimensions inches (millimeters)



Metal Can Package (H)
Order Number LM555H or LM555CH
NS Package Number H08C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) (Continued)



Molded Dual-In-Line Package (N)
 Order Number LM555CN
 NS Package Number N08E

NOTE (REV F)

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 75017
 Tel: 1(800) 272-9959
 Fax: 1(800) 737-7018

National Semiconductor Europe
 Fax: (+49) 0-180-530 85 86
 Email: cnjwge@tsvm2.nsc.com
 Deutsch Tel: (+49) 0-180-530 85 85
 English Tel: (+49) 0-180-532 78 32
 Français Tel: (+49) 0-180-532 93 58
 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) 2736-9960

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
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้