



ระบบเครือข่ายภายในบ้าน 2  
HOME NETWORK 2



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิศวกรรมการวัดคุมทางอุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ก่อผลเสียใดๆแก่ผู้อื่น หรือผู้ที่เกี่ยวข้อง และผู้จัดทำจึงยื่นข้อขอสงวนลิขสิทธิ์ไว้

ปริญญาานิพนธ์ ปีการศึกษา 2537

ภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบเครือข่ายภายในบ้าน 2 (HOME NETWORK 2)

จัดทำโดย.



.....อาจารย์ที่ปรึกษา  
( ผศ. เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์ )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ระบบเครือข่ายภายในบ้าน

นาย ไชยยัน ยอดแก้ว

นาย มงคล สุขไพบูรณ์

นาย วิทยา กัณฑ์วงษ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์

ปีการศึกษา 2537

### บทคัดย่อ

โครงการที่จะกล่าวถึงในปริยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นระบบควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าให้ทำงาน ตามวันและเวลาที่ตั้งไว้ โดยการส่งสัญญาณควบคุมจากภาคส่งผ่านทางสายไฟฟ้าเอซี (AC LINE) ไปยังภาครับที่จะทำการควบคุมเพื่อทำการถอดรหัสสัญญาณสำหรับที่จะควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าตามต้องการต่อไป

HOME NETWORK 2 ซึ่งเป็นระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านนี้สามารถควบคุมการทำงานได้จาก คีย์บอร์ด รีโมทคอนโทรล หรือแม้แต่การควบคุมระยะไกลผ่านทางโทรศัพท์ โดยที่บอร์ดควบคุมเพียงชุดเดียวสามารถที่จะควบคุมภาครับได้ 9 ชุด ซึ่งสามารถขยายได้ถึง 256 ชุด ในแต่ละชุดสามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ 7 แชนแนล โดยที่รัศมีใช้งาน 80 เมตรจากบอร์ดควบคุม ซึ่งนับว่าเพียงพอกับการใช้งาน นอกจากนี้ยังสามารถที่จะควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ให้ทำงานตามอุณหภูมิที่ตั้งไว้ได้อีกด้วย

## HOME NETWORK 2

Chaiyun Yodkeaw

Mongkol Sookpaibool

Wittaya Guntawang

Advisor

Asst.Prof.Kasaet Sirisuntisumrit

Academic Year 1994

### ABSTRACT

The project is about the electrical equipment control system through AC.line. According or the time set the system controls on and of electrical switch. It transmits acontrol signal from the transmission line through electrical wires or the receiver in order or decode signal which control electricity.

Home electrical equipment control system which function as a signal transmission through AC. line,will be able or control signal from a keyboard,remote control or control through a telephone,At home ,it can alsocontrol altogether 63 spots rom only one set of the keyboard which provides an efficiency and convenience for working,In addition,it can control the function of an air conditioner or work for the temperature required.

# สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ

บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	8
2.1 ระบบการสื่อสาร	8
2.2 การเข้ารหัสและถอดรหัส	13
2.3 FSK	16
2.4 รีโมทคอนโทรล	19
2.5 ระบบโทรศัพท์	23
2.6 ระบบ TEMPERATURE & SENSOR	41
บทที่ 3 การออกแบบและการคำนวณ	47
3.1 หลักการออกแบบระบบ	47
3.2 หลักการทำงาน	49
3.3 ภาคส่งสัญญาณ	49
3.4 ภาครับสัญญาณ	56
3.5 ส่วนของอินฟราเรด รีโมทคอนโทรล	63
3.6 ส่วนของวงจรถอดรหัสความถี่ของโทรศัพท์	75
บทที่ 4 การทดลองและผลของการทดลอง	77
4.1 ภาคส่งสัญญาณ	77
4.2 ภาครับสัญญาณ	80
4.3 ผลการทดลองส่วนของวงจรตรวจวัดอุณหภูมิ	83

บทที่ 5 บทวิจารณ์ สรุป และแนวทางในการพัฒนา	91
5.1 บทสรุป	91
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข	93
5.3 แนวทางในการพัฒนา	95

ส่วนของ FLOW CHART

ภาคผนวก ก) คู่มือการใช้งาน

ภาคผนวก ข) วงจร ลายทองแดงและการวางอุปกรณ์

ภาคผนวก ค) DATA SHEET

บรรณานุกรม



# บทที่ 1

## บทนำ

( Introduction )

ในยุคปัจจุบันนี้โลกเรามีความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีไปมาก มีการพัฒนา คิดค้นสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ ออกมาอยู่เสมอทั้งนี้เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์เอง เทคโนโลยีใหม่ ๆ เหล่านี้ได้ก้าวเข้ามามีบทบาทที่สำคัญต่อชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์เป็นอัน มาก จนกลายเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการดำเนินชีวิตในปัจจุบันไปเสียแล้ว ดังจะเห็นได้จากระบบ การควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ภายในบ้าน ไม่ว่าจะเป็นการควบคุมการทำงานของ เครื่องปรับอากาศ ให้มีอุณหภูมิอยู่ในระดับที่ต้องการ การควบคุมการทำงานของ เครื่องซัก ผ้า หรือแม้แต่กระทั่งระบบควบคุมการทำงานของเครื่องรับโทรทัศน์และ วิทยุ ก็ล้วนแล้วแต่ใช้ เทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาควบคุมการทำงาน อันจะช่วยก่อให้เกิดความสะดวกสบายแก่ผู้ใช้งาน แทบทั้งสิ้น

ระบบเครือข่ายภายในบ้าน ( HOME NETWORK ) เป็นระบบควบคุมการทำงานของ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ถูกพัฒนาขึ้น เพื่อวัตถุประสงค์ที่จะช่วยอำนวยความสะดวกสบายแก่ผู้ใช้งาน ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ให้สามารถเปิด-ปิด (ON/OFF) ได้ตามวัน และเวลาที่ต้องการ โดยการออกแบบให้มีความคล่องตัวในการใช้งานเป็นอันมาก เพราะ สามารถที่จะควบคุมการทำงานผ่านทางแป้นคีย์บอร์ดที่ติดอยู่กับตัวเครื่อง อินฟราเรด รีโมท คอนโทรล, หรือแม้แต่กระทั่งการควบคุมระยะไกลผ่านทางคู่สายโทรศัพท์ โดยการ ส่งสัญญาณ ควบคุมผ่านทางสายไฟฟ้า ( A.C.LINE ) โดยวิธีการมอดูเลตสัญญาณ ควบคุมเข้าไปในสายไฟ ฟ้า ทำให้มีความสะดวกในการใช้งานเป็นอันมากเพราะไม่ต้องเดินสายสัญญาณควบคุมเพิ่ม อีก ทำให้สะดวกแก่การติดตั้งและยังช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการเดินสายเพิ่มอีกด้วยด้วย นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ให้มีอุณหภูมิอยู่ในระดับที่ ต้องการได้ โดยที่ความเร็วของมอเตอร์พัดลมจะเปลี่ยนแปลงไปเป็น LO, MEDIUM หรือ HI โดยอัตโนมัติ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่วัดได้ในขณะนั้น ๆ โดยกระบวนการทั้งหมดนี้จะใช้ ไมโครโปรเซสเซอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือ

องค์ประกอบของระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า สามารถแบ่งได้เป็นสองส่วนใหญ่ๆ

- 1) ส่วนฮาร์ดแวร์ (Hardware)
- 2) ส่วนซอฟต์แวร์ (Software)

### ส่วนฮาร์ดแวร์ (Hardware)

จะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

- ภาคส่งสัญญาณควบคุม
- ภาครับสัญญาณควบคุม
- ชุดเข้ารหัสสัญญาณ
- ชุดถอดรหัสสัญญาณ
- ชุดอินฟราเรด รีโมทคอนโทรล
- ชุดแปลงรหัสสัญญาณทางโทรศัพท์
- ชุดตรวจวัดอุณหภูมิ
- ชุดควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า

### ส่วนซอฟต์แวร์ (Software)

ในโครงการนี้ จะใช้บอร์ดควบคุม Z80180 (CP-JR180 plus) เป็นตัวควบคุมการทำงานในส่วนของฮาร์ดแวร์ทั้งหมด ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานเป็นภาษา Assembly เฉพาะสำหรับไมโครโปรเซสเซอร์ Z80 โดยเก็บไว้ใน EPROM ขนาด 16 กิโลไบต์ เพื่อใช้เป็นโปรแกรมการทำงานของระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าในโครงการนี้โดยเฉพาะ

ข้อดีของทางด้านซอฟต์แวร์ คือสามารถที่จะตั้งเวลาเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าในแต่ละช่องของภาครับแต่ละชุดได้อย่างเป็นอิสระต่อกัน และเพื่อความสะดวกแก่การใช้งานจะมีการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงผลการทำงานบนจอ LCD อย่างละเอียดทุก ขั้นตอนการทำงาน โดยรายละเอียดทั้งทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ของ โครงการในปฏิญยานิพนธ์ฉบับนี้จะกล่าวถึงโดยละเอียดในบทต่อไป

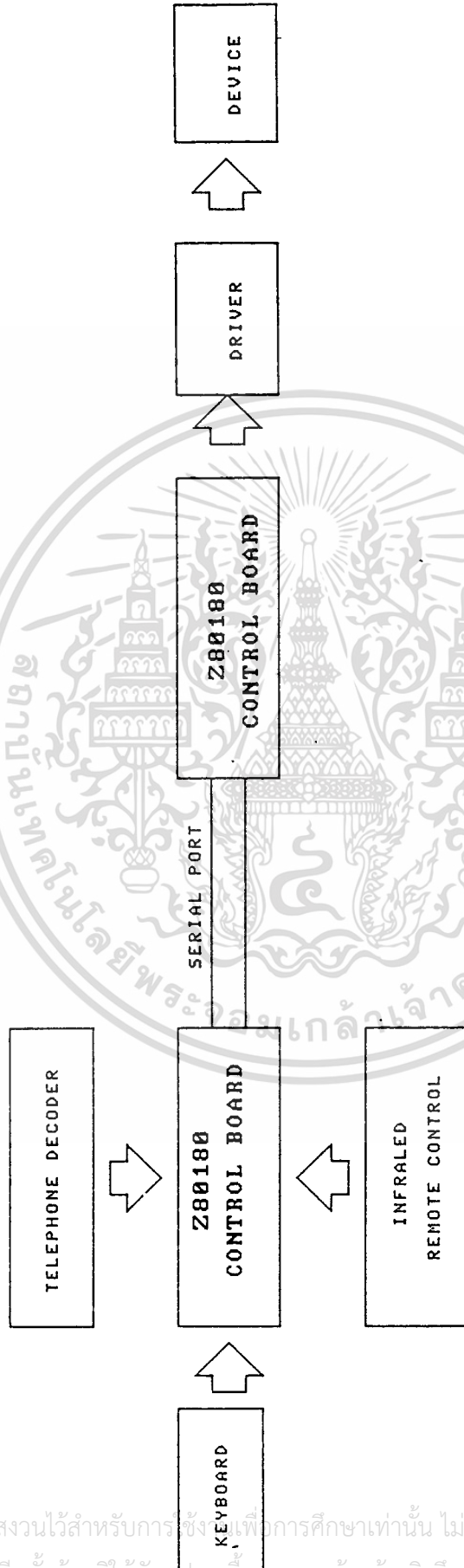
อนึ่ง ระบบเครือข่ายภายในบ้าน 2 ( Home Network 2 ) ซึ่งเป็นระบบควบคุมการเปิด - ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านทางสายเอซีนี้ ได้ทำการพัฒนา แก้ไข และปรับปรุงมาจากโครงการ ' ระบบเครือข่ายภายในบ้าน ( Home Network ) ' ในปีการศึกษา 2535 โดยได้วิเคราะห์ถึงข้อดี - ข้อเสีย และได้นำเอาข้อดี - ข้อเสียเหล่านี้มาเป็นพื้นฐานในการพัฒนา ทั้งนี้เพื่อให้เป็นระบบควบคุมที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด



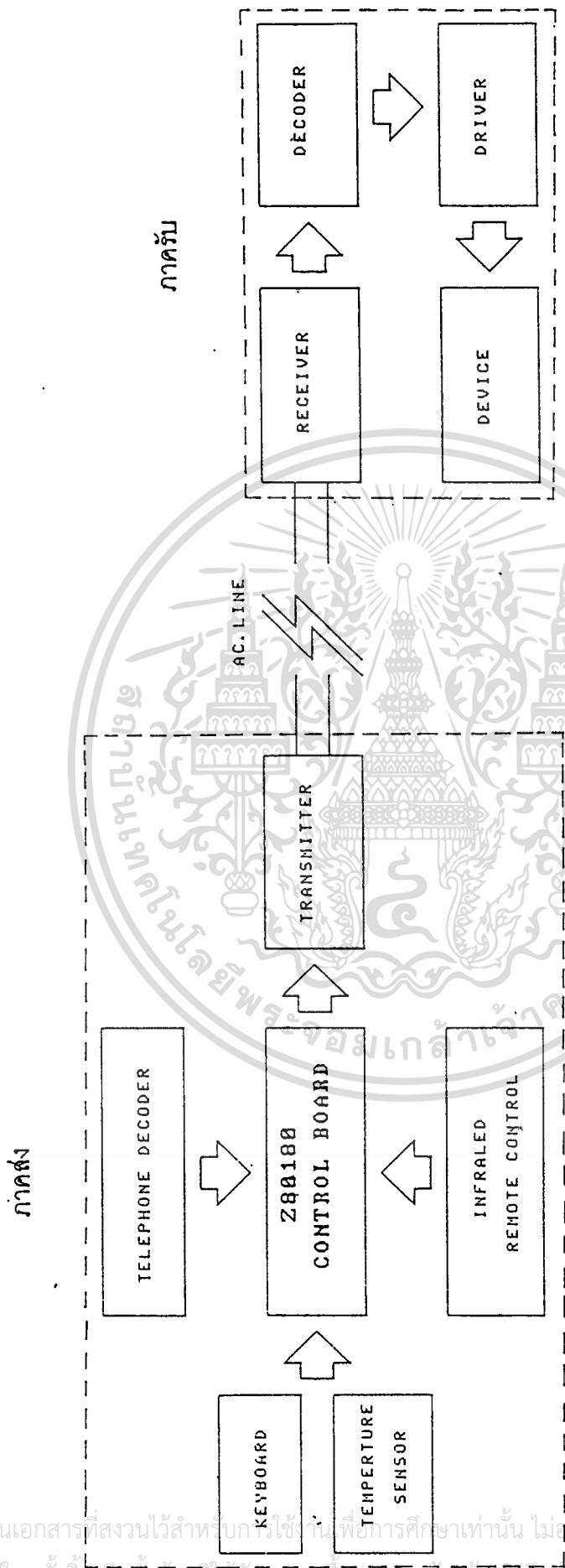
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อแตกต่างระหว่าง HOME NETWORK 1 และ HOME NETWORK 2

HOME NETWORK 1	HOME NETWORK 2
ส่งข้อมูลผ่านทางสายโทรศัพท์	ส่งข้อมูลผ่านทางสายไฟฟ้าเอที
ใช้ CPU ทำหน้าที่ทั้งส่งและรับทำให้ไม่สามารถขยายระบบเพิ่มเติมในภายหลังได้	ใช้ไอซีเข้ารหัส และ ถอดรหัส โดยเฉพาะทำให้สามารถขยายระบบเพิ่มเติม ในภายหลังได้โดยง่าย
ใช้ LED-7 SEGMENT แสดงผล	ใช้จอ LCD แบบตัวอักษร แสดงผลทำให้สะดวกแก่การใช้งาน
ใช้รีเลย์ขับโหลดในภาคเอาต์พุต	ใช้โซลิดสเตต - รีเลย์ในภาคเอาต์พุต
	สามารถควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศได้
	มี LED แสดงการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า

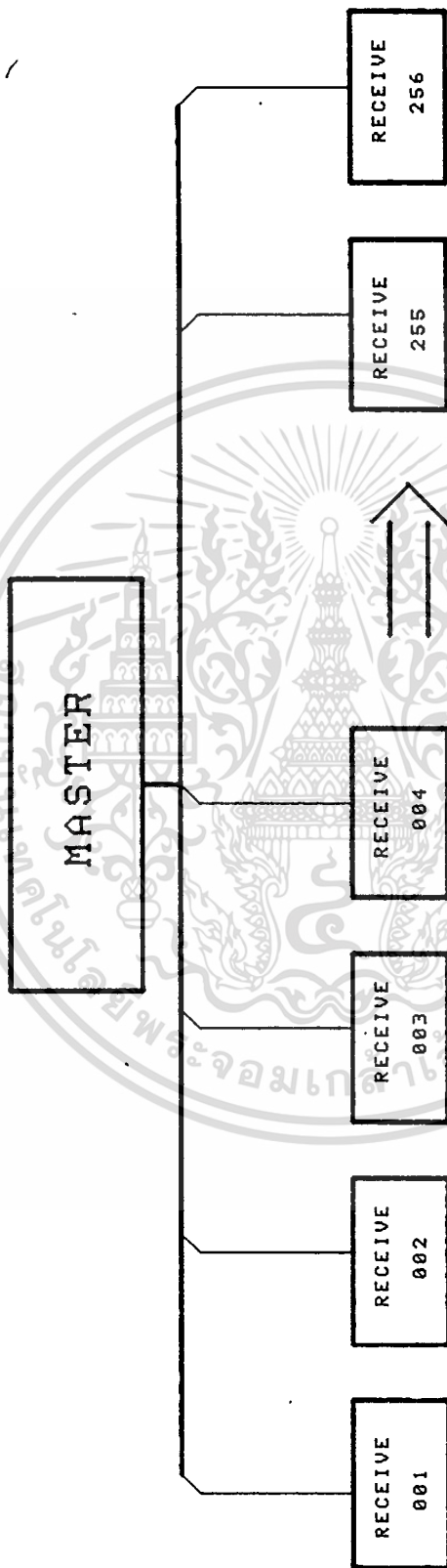


รูปที่ 1.1 บล็อกโตะแสดงการทำงานของ HOME NETWORK 1



รูปที่ 1.2 มัลติโอดอะแดกแกมมการทำงานของ HOME NETWORK 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.3 บล็อกไดอะแกรมแสดงการต่อเครือข่ายของ HOME NETWORK 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎี และ หลักการ

#### 2.1 ระบบการสื่อสารข้อมูล

การรับส่งข้อมูลสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธีด้วยกันคือ

##### 1. การรับส่งข้อมูลแบบขนาน

ลักษณะการส่งข้อมูลแบบขนาน ทำได้โดยส่งข้อมูลออกมาทีละ 1 ไบต์ คือ 8 บิต จากอุปกรณ์ส่งไปยังอุปกรณ์รับ ตัวกลางระหว่าง 2 เครื่องจะต้องมีช่องทางให้ข้อมูลเดินทางอย่างน้อย 8 ช่องทาง โดยมากจะเป็นสายไฟฟ้าให้กระแสยิ่งมากกว่าตัวกลางชนิดอื่น เนื่องจากมีสัญญาณสูญหายไปกับความต้านทานของสายระยะทางระหว่าง 2 เครื่อง ไม่ควรเกิน 100 ฟุต ปัญหาที่เกิดขึ้นหากระยะทางของสายมากกว่านี้ก็คือ ระดับของกราวด์ในทางที่จุดรับ ผิดไปจากจุดส่งทำให้เกิดการผิดพลาดในการรับสัญญาณลอจิกทางฝ่ายรับ

นอกจากสายที่เป็นทางเดินข้อมูลแล้วอาจมีทางเดินของสายควบคุมอื่นๆอีก เป็นต้นว่าบิตที่บอกพริตตี้ของสัญญาณ เพื่อเป็นการตรวจสอบความผิดพลาดของการรับสัญญาณที่ปลายทางหรือสายที่ควบคุมการโต้ตอบ (hand-shake)

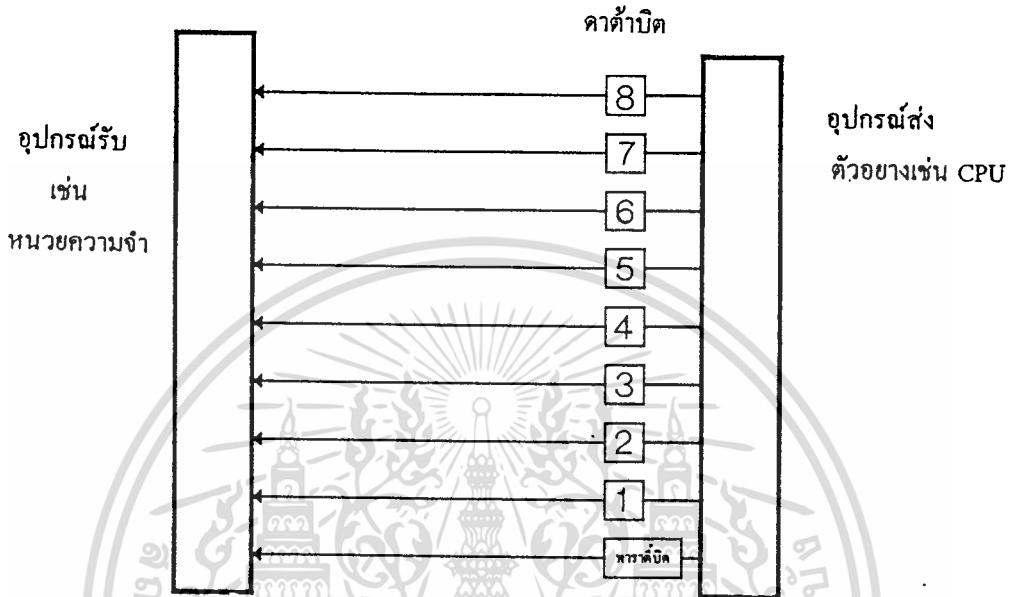
จะเห็นได้ว่าการรับส่งข้อมูลแบบขนานนั้นถึงแม้ว่าจะมีความเร็วมากกว่าแบบอนุกรมอยู่มากก็ตาม แต่ก็ต้องใช้จำนวนสายในการส่งผ่านข้อมูลเป็นจำนวนมากกว่าอนุกรมทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมากขึ้น และยังมีกรวดทอนของสัญญาณมากกว่าแบบอนุกรมอีกด้วย ทำให้เกิดความผิดพลาดในการส่งข้อมูลได้ง่าย

##### 2. การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

ในการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม ข้อมูลถูกส่งออกมาทีละบิต ระหว่างจุดส่งและจุดรับ ซึ่งการส่งข้อมูลแบบนี้จะช้ากว่าแบบขนานแน่นอน แต่ตัวกลางที่ใช้ในการสื่อสารจะใช้สายเพียงคู่เดียว ค่าใช้จ่ายในสื่อกลางจะต้องถูกกว่าอย่างแน่นอน สำหรับการสื่อสารในระยะทางไกลซึ่งเรามี



ระบบสื่อสารทางโทรศัพท์ไว้ใช้งานอยู่แล้วจึงยอมเป็นการประหยัดกว่าที่จะทำการติดต่อสื่อสารที่  
ละ 8 ช่องเพื่อการรับส่งข้อมูลแบบขนาน

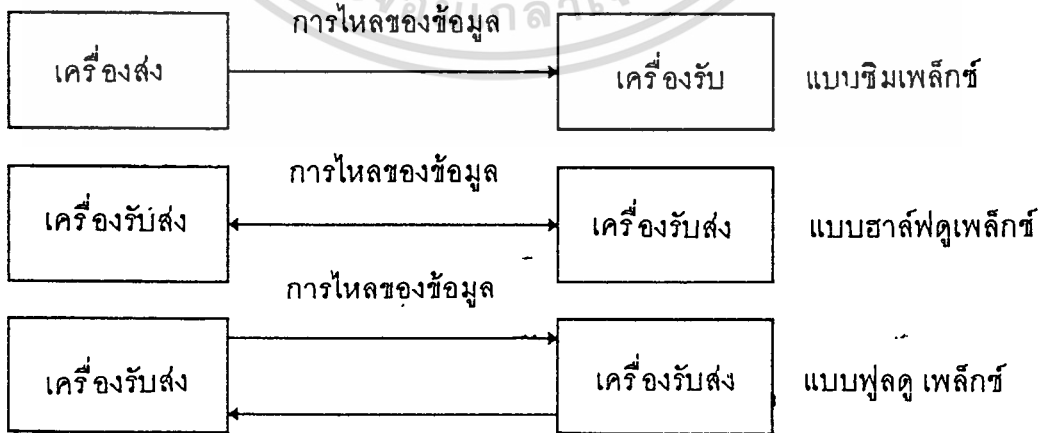
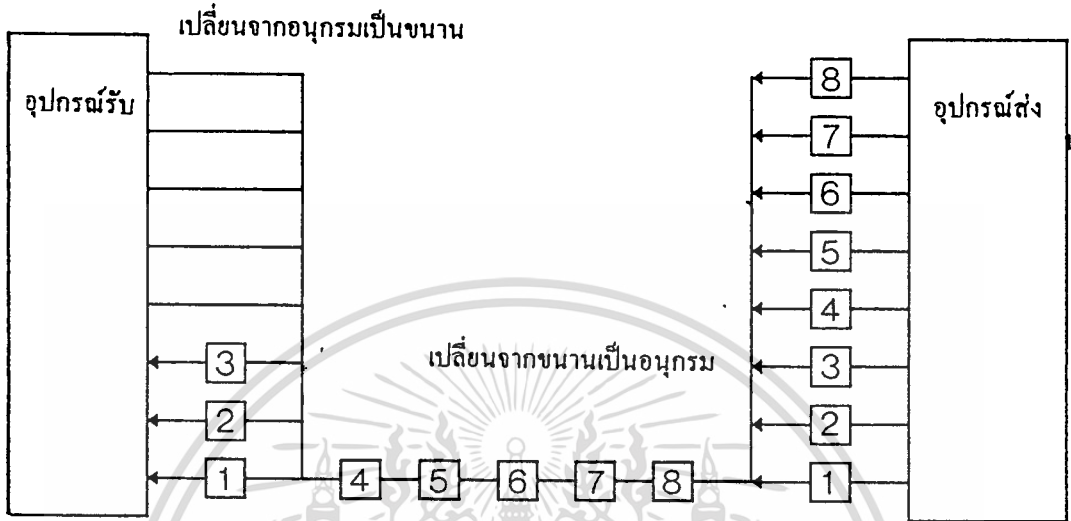


รูปที่ 2.1 แสดงการส่งข้อมูลแบบขนาน

การติดต่อสื่อสารแบบอนุกรมมีรูปแบบการติดต่อ 3 รูปแบบด้วยกัน คือ

1. แบบซิมเพล็กซ์ (simplex) ข้อมูลจะสามารถส่งได้ในทิศทางเดียวเท่านั้น บางครั้งก็เรียกว่าการส่งข้อมูลทิศทางเดียว (unidirection data bus)
2. แบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (half duplex) ข้อมูลสามารถส่งได้ทั้ง 2 สถานะ แต่จะต้องผลัดกันส่งและผลัดกันรับ จะส่งและรับพร้อมกันไม่ได้
3. แบบฟูลดูเพล็กซ์ (full duplex) ทั้งสองสถานะสามารถรับและส่งได้ในเวลาเดียวกัน

การส่งแบบฟูลดูเพล็กซ์และฮาล์ฟดูเพล็กซ์ ไม่ขึ้นอยู่กับจำนวนของสายในการ  
ติดต่อ ซึ่งในการติดต่อสื่อสารกันอาจจะใช้สาย 2 เส้นหรือ 4 เส้นก็ได้  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรณีแก้ไข

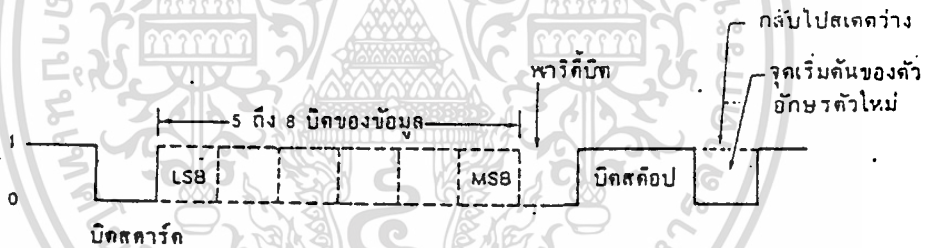


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 รูปที่ 2.3 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.3 แสดงให้เห็นการส่งข้อมูลแบบอนุกรม ข้อมูลจากจุดส่งจะถูกเปลี่ยนให้เป็นอนุกรมเสียก่อนแล้วค่อยทยอยส่งออกทีละบิตไปยังจุดรับขณะที่จุดรับต้องมีกลไกในการเปลี่ยนข้อมูลที่ส่งมาทีละบิต ให้เป็นสัญญาณแบบขนาน ซึ่งลงตัวพอดีนั่นคือ บิต 1 ลงที่บัสข้อมูลเส้นที่ 1 พอดี การที่จะทำให้การแปลงสัญญาณจากอนุกรมทีละบิตให้ลงพอดีนั่น จะต้องมีกลไกที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการผิดพลาดในการรับ กลไกที่ว่านี้แบ่งเป็น 2 แบบคือ

### การสื่อสารแบบอซิงโครนัส (Asynchronous)

การส่งแบบอซิงโครนัสนี้พัฒนามาจาก การส่งโทรพิมพ์สมัยก่อน ลักษณะของสัญญาณแสดงไว้ในรูปที่ 2.4 เพื่อเพิ่มกลไกในการรับส่งอย่างถูกต้อง สัญญาณอซิงโครนัส จะประกอบด้วยบิตเริ่มต้นหรือบิตสตาร์ท (start) และบิตสิ้นสุดหรือบิตสตอป (stop bit)



รูปที่ 2.4 ฟอรัมการสื่อสารแบบอซิงโครนัส

ขณะที่สถานะของการส่งเป็นแบบว่าง (idle) คือ ยังไม่มีสัญญาณส่งออกมาจะมีสัญญาณหรือแรงดันตลอดเวลาเพื่อความแน่ใจว่าฝ่ายรับยังคงติดต่อกับฝ่ายส่งเมื่อเริ่มจะส่งข้อมูลสัญญาณของอซิงโครนัสจะเป็น 0 ในช่วงสัญญาณนาฬิกา บิตนี้เรียกว่า สตาร์ทบิต ตามหลังของสตาร์ทบิตก็จะเป็นข้อมูลสำหรับ 1 ตัวอักษร ซึ่งอาจมีขนาดตั้งแต่ 5 บิตจนถึง 8 บิต โดยบิตที่มีค่าน้อยที่สุด (LSB) จะถูกส่งออกมาก่อนไล่ไปจนถึงบิตที่มีค่ามากที่สุด (MSB) การเข้ารหัสนิยมใช้รหัสแอสกี ตามหลังข้อมูลจะมีพาริตีบิตซึ่งเป็นตัวตรวจสอบความถูกต้องของสัญญาณที่ได้รับ โดยอาจเป็นพาริตีแบบคู่ (Even) หรือแบบคี่ (Odd) ถ้าหากเป็นพาริตีแบบคู่จำนวนบิตที่เป็น 1 ในช่วงบิตข้อมูลกับบิตพาริตีรวมแล้วต้องเป็นจำนวนคู่ ผู้ส่งจะต้องทำหน้าที่ตรวจสอบข้อมูลแล้วเอกสไลบิตพาริตีเองที่ส่งโดยฝ่ายรับก็จะทำหน้าที่ตรวจสอบดูหากผิดพลาดหมายความว่าสัญญาณที่รับค้ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นผิดพลาดไปจากสถานีส่ง ส่งออกมาและจะต้องผิดพลาดเป็นจำนวนกี่เท่านั้นจึงจะตรวจสอบได้ หลังจากปิดพาริตีแล้วก็จะต้องมีสตอปบิตซึ่งเป็น 1 ความกว้างของสตอปบิตอาจเป็น 1,1.5 หรือ 2 พัลส์ของสัญญาณนาฬิกา แล้วแต่ผู้รับและผู้ส่งตกลงกันเอง

ดังนั้นในการใช้พอร์ตอนุกรมจึงจำเป็นต้องตั้งค่าต่างๆสำหรับการส่งแบบอนุกรมคือ

1. ความเร็วในการส่ง
2. ความยาวรหัส 1 อักขระ
3. พาริตีบิต
4. จำนวนสตอปบิต

จะเห็นว่ากลไกในการซิงโครไนส์ของการสื่อสารซิงโครไนส์ มีลักษณะเป็นไปทีละตัวอักขระ จำนวนพัลส์ของสัญญาณที่ส่งออกมามีบางส่วนใช้ในการควบคุมการส่ง ทำให้ความถี่การส่งอักขระต่อวินาทีน้อยลงไป

#### การสื่อสารแบบอซิงโครไนส์(Asynchronous)

ข้อแตกต่างระหว่างวงจรส่งข้อมูลอนุกรมแบบซิงโครไนส์และอซิงโครไนส์ก็คือ ความต่อเนื่องของข้อมูลที่ส่ง ในแบบซิงโครไนส์ข้อมูลที่ส่งออกมาเป็นแบบต่อเนื่องไม่มีปิดสตาร์ทหรือปิดสตอปหรือแม้กระทั่งปิดพาริตี ดังนั้นรูปแบบการส่งข้อมูลที่ใช้ในการส่งข้อมูลหรือโปรโตคอล (Protocal) ที่ใช้ในการส่งแบบซิงโครไนส์จึงแตกต่างไปจากโปรโตคอลแบบอซิงโครไนส์เช่น โปรโตคอลไบซิงค์ (BisynProtocal) ของบริษัท IBM | การซิงโครไนส์จะเริ่มทำที่จุดเริ่มต้นของการส่งข้อมูลเลยทีเดียว โดยสถานีส่งจะส่งอักขระนำหน้า (leading pad character) ไปยังสถานีรับก่อนที่จะเริ่มต้นส่งข้อมูล โดยอักขระนำหน้าจะประกอบด้วย 0 และ 1 สลับกันไปเพื่อให้สถานีรับจัดสัญญาณนาฬิกาให้ตรงกัน นอกจากนี้ก่อนข้อมูลจะส่งออกมาจะต้องมีอักขระที่เรียกว่าซิงค์ (syn) ตามหลังแพด (pad) ออกมาก่อนโดยสถานีจะบอกความยาวข้อมูลและเครื่องหมายที่เป็นตัวบอกจุดเริ่มต้นของข้อมูลมาในซิงค์นี้ด้วยโดยอักขระซิงค์จะทำหน้าที่คล้ายบิตเริ่มต้นในอซิงโครไนส์ซึ่งทำหน้าที่บอกให้สถานีรับเตรียมพร้อมรับข้อมูลโดยขณะนี้เครื่องรับจะอยู่ในสถานะภาพฮันท์ (Hunt) โดยบิตทุกบิตที่ผ่านเข้ามาจะถูกตรวจค้นหาอักขระซิงค์ก่อน เมื่อได้รับแล้วจึงเริ่มนับบิตที่

เข้ามาเป็นจุดเริ่มต้นของสัญญาณ และซิงค์ จะถูกส่งออกมา 2 ครั้งก่อนทำการส่งข้อมูลเพื่อป้องกันการผลิตพลาดและกลุ่มของข้อมูลส่วนหัวจะมีส่วนหัว (Heading) นำหน้ามาเพื่อบรรยายข้อมูลที่ส่งมาแต่ละกลุ่มของข้อมูลที่ถูกส่งออกจะได้รับการตรวจสอบความถูกต้องที่ฝ่ายรับโดยบล็อก เช็ค แคนแรคเตอร์ (BlockCheck Character - BCC) ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอักษรสำหรับการตรวจสอบความถูกต้อง โดยอาจมีวิธีในการตรวจสอบได้ 3 วิธีด้วยกันคือ

1. การตรวจสอบตามแนวตั้ง ( Vertical Redundancy Checking : VRC )
2. การตรวจสอบตามแนวนอน ( Longitudinal Redundancy Checking : LRC )
3. การตรวจสอบแบบไซคลิก ( Cyclic Redundancy Checking : CRC )

จะเห็นได้ว่า วิธีการแบบซิงโครนัสจะมีประสิทธิภาพดีกว่าแบบอซิงโครนัส เนื่องจากไม่มีสตาร์ทบิตและสตอปบิต ทำให้สามารถส่งข้อมูลไปได้ ทีละมาก ๆ

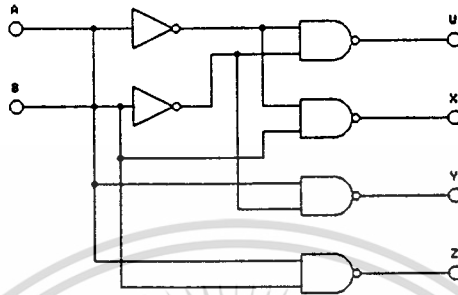
## 2.2 การถอดรหัสและการเข้ารหัส (DECODER & ENCODER)

### การถอดรหัส (DECODER)

ในวงจรดิจิทัลทั่วไป การป้อนข้อมูลให้วงจรทำงานหรือรับผลลัพธ์จากวงจรต้องอยู่ในลักษณะที่ตีความหมายได้โดยง่าย แต่โดยทั่วไปข้อมูลต่างๆ ที่วงจรจะรับรู้และทำงานได้ตามต้องการนั้นจะต้องเป็นเลขไบนารี หรือ '0' และ '1' เท่านั้น สภาวะ '0' (LOW) คือระดับแรงดันมีค่าอยู่ในสภาวะต่ำนั่นเอง ส่วนสภาวะ '1' (HI) ก็คือระดับแรงดันอยู่ในสภาวะสูง เนื่องจากข้อมูลทางดิจิทัลที่เป็นเลขไบนารียากต่อการเข้าใจหรือตีความหมาย ดังนั้นเราต้องมีวงจรเปลี่ยนข้อมูลเลขไบนารีให้เป็นข้อมูลอย่างอื่นที่เราทราบความหมายได้ง่าย ลักษณะของวงจรที่ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนแปลงข้อมูลนี้เราเรียกว่า 'วงจรถอดรหัส'

นอกจากนี้วงจรถอดรหัวยังรวมความหมายของวงจรที่ประกอบด้วยอินพุตเป็นค่าทางไบนารีที่ประกอบไปด้วยตัวเลขไบนารี N ตัว ซึ่งยอมจะให้ค่าได้ถึง  $2^N$  ค่า ถ้าเราต้องการทราบว่าอินพุตนั้นเป็นลักษณะของค่าใด เช่น เราต้องการทราบว่าอินพุตที่เข้ามา 1 ค่า ที่มี 2 อินพุตนั้น ค่าต่างๆทางดิจิทัลจะปรากฏออกมาที่เป็นไปได้ คือ 00, 01, 10 และ 11 รวมทั้งหมด 2 หรือ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนักเรียนไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 ค่า ดังนั้น เราต้องการถอดรหัสว่าอินพุตที่เข้ามานั้นเป็นอะไร เราก็สามารถสร้างวงจรให้แยกรหัสของอินพุตในแต่ละค่าวงจรที่ทำหน้าที่เช่นนี้ แสดงให้เห็น ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 วงจรถอดรหัสเบื้องต้น

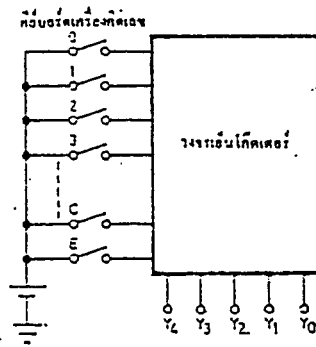
จากรูปที่ 2.5 เป็นวงจรถอดรหัสของสองอินพุต A,B เช่นถ้า A เป็น '0' B เป็น '0' จะได้เอาต์พุตที่ w เป็น '0' โดยที่เอาต์พุตอื่นเป็น '1' หมด และถ้า A เป็น '0' B เป็น '1' เอาต์พุตจะได้ '0' ที่ X และที่อื่นจะเป็น '1' หมด ในทำนองเดียวกัน ถ้า A และ B เป็น 10 เอาต์พุตก็จะเป็น '0' ที่ Y และถ้า AB เป็น 11 เอาต์พุตก็จะเป็น '0' ที่ Z โดยที่ค่าอื่น ๆ นอกจากนี้เป็น '0' หมด

วงจรถอดรหัสที่แสดงนี้เป็นการแสดงเพียงส่วนเดียวคือ ส่วนของวงจรถอดรหัสที่แสดงผล  $A > B$  แต่ในปัจจุบันถ้าเราต้องการเปรียบเทียบค่าทางดิจิทัล เรามีไอซีตระกูล ทีทีแอล ที่สามารถให้ผลลัพธ์ได้ดังกล่าวแล้ว ไอซีที่ว่านี้ก็คือ ไอซีเบอร์ 7485 ซึ่งทำหน้าที่เปรียบเทียบข้อมูลสี่บิต

### การเข้ารหัส (ENCODER)

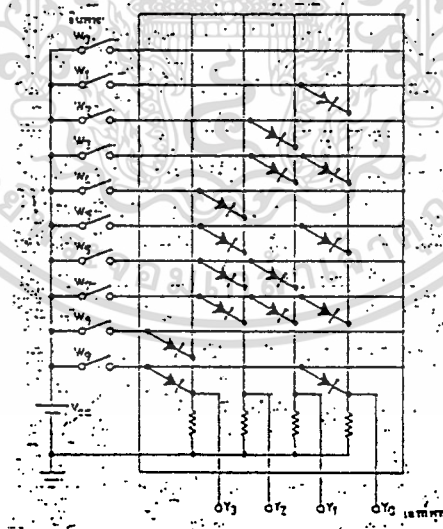
วงจรถอดรหัสเป็นการถอดรหัสไบนารีที่เป็นรหัส '0' หรือ '1' ของอินพุตหลายๆอินพุตโดยให้อาต์พุตตามรหัสของอินพุต ส่วนวงจรถอดรหัสจะมีลักษณะการทำงานตรงกันข้ามกับวงจรถอดรหัส พิจารณาตัวอย่างวงจรถอดรหัสของแป้นกดเครื่องคิดเลข เมื่อเรากดแป้นตามหมายเลข ก็จะมีการสร้างตัวเลขตามรหัสที่กด หรือในขณะที่เรากดแป้นคือบอร์ดิตามตัวอักษรในเครื่องคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จะรับรหัสไบนารีที่สร้างด้วยวงจรถอดรหัส ดังรูปที่ 2.6 ซึ่งแสดงลักษณะการทำงานของวงจรถอดรหัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 การทำงานของวงจรเข้ารหัส

เมื่อกดสวิตช์ตามแป้นที่กำหนด เอาท์พุท Y-Y ก็จะได้รหัสเลขไบนารีที่แตกต่างกัน ตามการกดที่แป้นนั้น วงจรเข้ารหัสในแบบที่ง่ายที่สุดคือ วงจรที่ใช้ไดโอดต่อเรียงกันเพื่อโปรแกรมรหัสตามสวิตช์ที่กด จากรูปที่ 2.7 เป็นวงจรเข้ารหัสที่เปลี่ยนรหัสเลขฐานสิบตามสวิตช์ที่กดให้เป็นเลขไบนารีสี่หลัก



รูปที่ 2.7 วงจรการเข้ารหัสที่ใช้ไดโอด

เมื่อสวิตช์ตัวหนึ่งตัวใดสับลง เช่น สวิตช์ W สับลง กระแสจากแบตเตอรี่จะไหลผ่านสวิตช์ W และผ่านไดโอดสองตัวที่ต่อเอาท์พุทมายัง Y และ Y ดังนั้นที่ Y และ Y จึงมีแรงดันเท่ากับ  $V_{cc} - V_D$  เป็นค่าลอจิก '1' ส่วนเอาท์พุท Y และ Y จะไม่มีค่าระดับแรงดันคือเป็นลอจิก 0

เอก(ศุภย์)เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3 FSK (Frequency Shift Keying)

เฟรควเ็นซี ชิฟต์ คีย์นัง (FSK) เป็็นการมอดูเลทแบบดิจิตอล (Digital Modulation) แบบหนึ่ง ซึ่งมึ่ลักษณะคล้ายคลึงกับการมอดูเลทแบบเฟรควเ็นซี โมดูเลชัน (Frequency Modulation) ธรรมดาทั้ไปแต่ต่างกันตรงที่สัญญาณที่จะนำมามอดูเลทด้วยนั้น (Modulating Signal) เป็็นลักษณะของไบนารีพัลส์ (Binary Pulse) ซึ่งมึ่ระดับโวลเตจคงที่อยูู่ 2 ระดับซึ่งแตกต่างกับสัญญาณเฟรควเ็นซี โมดูเลชัน ซึ่งมึ่ระดับของสัญญาณเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนือ่ (เป็็นลักษณะของสัญญาณแบบอนาลอก (Analog))

#### ตัวส่งสัญญาณเฟรควเ็นซี ชิฟต์ คีย์นัง (FSK Transmitter)

ในสัญญาณแบบไบนารี เฟรควเ็นซี ชิฟต์ คีย์นัง (Binary FSK) ความถี่พาหะ (Carrier Frequency) จะถูกเลือ่่นไปด้วยค่าข้อมูลในรูปเลขฐานสอง (Binary Data Input) ดังนั้นเอาต์พุทของเฟรควเ็นซี ชิฟต์ คีย์นัง มอดูเลเตอร์ (FSK Modulator) จึงมึ่ลักษณะเป็็นสเต็ปฟังก์ชัน (Step Function) ในรูปของความถี่ เมือ่สัญญาณแบบไบนารีที่ถูกป้อนเข้ามาเปลี่ยนจากลอจิก '0' เป็็นลอจิก '1' (หรือกลับกัน) สัญญาณเอาต์พุทของเฟรควเ็นซี ชิฟต์ คีย์นัง จะเลือ่่นไปมาระหว่างความถี่ 2 ความถี่ และสถานีรับและสถานีส่งจะใช้ความถี่ต่างกันในการมอดูเลท สัญญาณลอจิก '0' และสัญญาณลอจิก '1' การคีย์มอดูเลทต้องให้ตรงข้ามกับความถี่ฝ่ายตรงข้ามส่งมา เช่นโมเด็ม 103 ในกรณีที่เป็นฝ่ายส่งจะส่งสัญญาณลอจิก '1' ด้วยความถี่ 1270 HZ. ลอจิก '0' ด้วยความถี่ 1070 HZ. ขณะเดียวกันต้องรับด้วยความถี่ 2025 และ 2225 HZ. ตัวอย่างตัวส่งเฟรควเ็นซี ชิฟต์ คีย์นัง แบบไบนารีแสดงดังรูปที่ 2.8

#### แบนด์วิธ (Bandwidth) ของเฟรควเ็นซี ชิฟต์ คีย์นัง

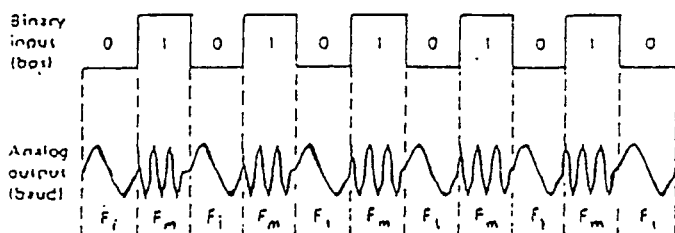
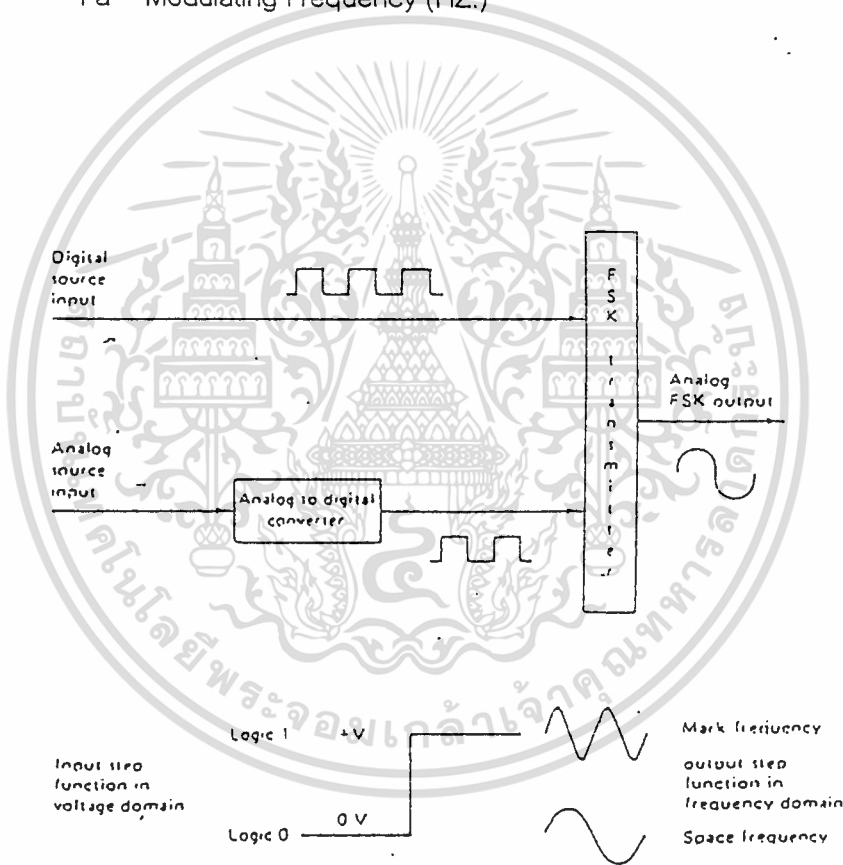
แบนด์วิธเป็็นสิ่งสำคัญสิ่งหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงเมือ่ออกแบบ ตัวส่งเฟรควเ็นซี ชิฟต์ คีย์นัง แบนด์วิธของ เฟรควเ็นซี ชิฟต์ คีย์นัง มีลักษณะเหมือนกับของเฟรควเ็นซี โมดูเลชันทั้ไป และสามารถอธิบายได้โดยหลักการคล้ายคลึงกัน รูป 2.6 แสดงถึงเฟรควเ็นซี ชิฟต์ คีย์นัง มอดูเลเตอร์ ซึ่งเป็นเครือ่ของส่งแบบเฟรควเ็นซี โมดูเลชัน โดยให้ VCO (Voltage Control Oscillator) ความถี่  $f_0$  ของ VCO จะถูกตั้งให้อยู่ตรงกลางระหว่างความถี่ในสภาวะมาร์ค (Mark) และ สเปซ (Space) ถ้าอินพุทอยูู่ในสภาวะลอจิก '1' จะทำให้ความถี่ของ VCO ถูกเปลี่ยนจากความถี่  $f_0$  ไปยังความถี่ของระดับสัญญาณมาร์ค (Mark) และที่อินพุทอยูู่ในสภาวะลอจิก '0' ความถี่ของ VCO จะถูกเปลี่ยนไปยังความถี่ของระดับสัญญาณสเปซ (Space) ไม่ว่กรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สเปซ (SPACE) ดังนั้นถ้าอินพุตเป็นสัญญาณไบนารีซึ่งเปลี่ยนระดับจากลอจิก '1' ไปเป็นลอจิก '0' หรือกลับกันความถี่เอาท์พุทของ VCO จะเปลี่ยนไปมาระหว่างความถี่มาร์คและความถี่สเปซ และเนื่องจาก เอฟ เอส เค เป็นรูปแบบหนึ่งของเอฟเอ็ม สูตรของ ดัชนีการมอดูเลชัน (Modulation Index) ของ FSK จึงเหมือนกับของ FM โดยที่

$$\text{ดัชนีการมอดูเลชัน (MI)} = F/Fa$$

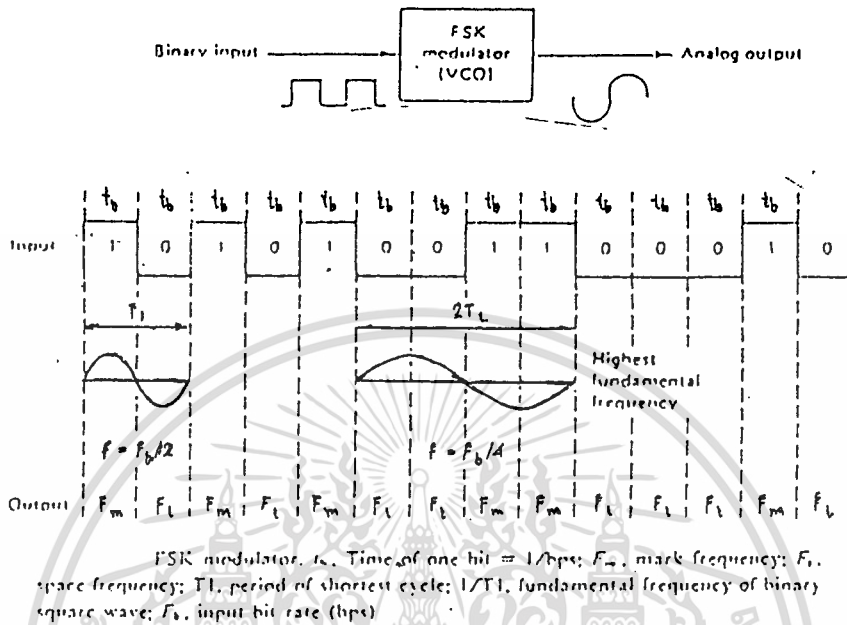
F = Freq. deviation (HZ.)

Fa = Modulating Frequency (HZ.)



Fm = mark frequency : Fi = space frequency

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูปที่ 2.8 ตัวส่งสัญญาณเอฟเอสเคแบบไบนารี  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



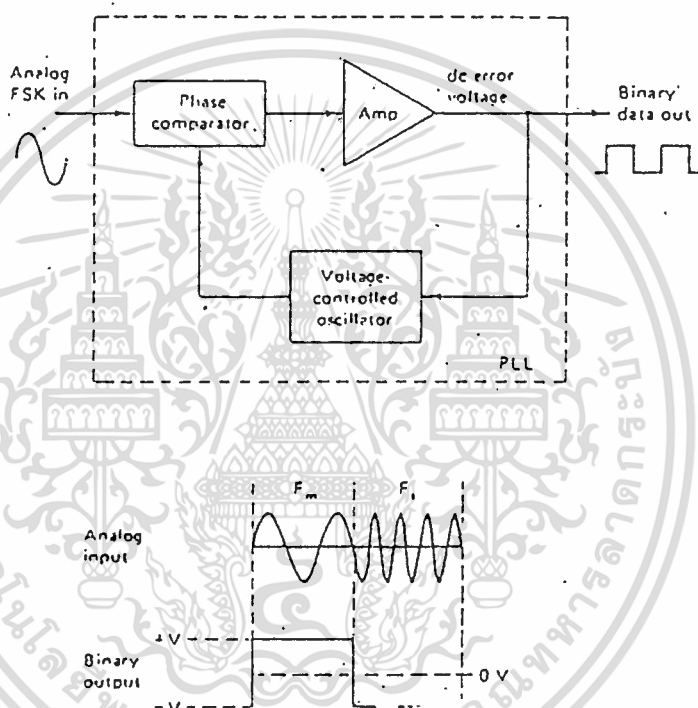
รูปที่ 2.9 เอฟ เอส เค มอดูเลเตอร์

## ตัวรับเอฟ เอส เค (FSK Receiver)

วงจรที่ใช้ในการดีมอดูเลต สัญญาณเอฟ เอส เค แบบต่างๆ ไปคือเฟส ล็อก ลูป (Phase Locked Loop - PLL) ดังแสดงในรูปที่ 2.10 เฟสล็อกลูป-เอฟ เอส เคดีมอดูเลเตอร์ (PLL FSK Demodulator) กับเฟส ล็อก ลูป เฟม ดีมอดูเลเตอร์ (PLL FM Demodulator) จะทำงานในลักษณะเดียวกัน อินพุตที่เข้าเฟสล็อกลูปจะเลื่อนไปมา อยู่ระหว่างความถี่ของมาร์คและสเปซ ดังนั้นดีซี โวลเตจ เออร์เรอร์ (DC Error Voltage) ที่เอาท์พุทของเฟสคอมพาราเตอร์ (Phase Comparator) จะมีค่าแปรตามความถี่ที่เลื่อนไปนี้ แต่เนื่องจากมีความถี่อินพุตเพียง 2 ความถี่เท่านั้น โดยค่าหนึ่งจะแทนลอจิก '1' และอีกค่าหนึ่งจะแทนลอจิก '0' ดังนั้น เอาท์พุทจึงมีระดับโวลเตจเพียง 2 ระดับเป็นลักษณะของไบนารี ซึ่งเป็นผลจากอินพุตที่เป็นแบบเอฟ เอส เค โดยทั่วไป ความถี่  $f_0$  ของเฟส ล็อก ลูป จะถูกทำให้มีค่าเท่ากับ ความถี่ค่ากลาง (Center Freq.) ของเอฟ เอส เค มอดูเลเตอร์ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของดีซีเออร์เรอร์โวลเตจ จะมีค่าตามการเปลี่ยนแปลงของค่าอินพุตแบบอนาลอก (Analog Input) และสมมาตรที่ระดับโวลเตจดีซี 0 โวลท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่เมื่อเทียบกับการมอดูเลชันแบบ FSK หรือ QAM แล้วในแบบเฟสล็อคจะมี การผิดพลาดมากกว่า ดังนั้นจึงไม่ใช้งานในระบบที่ต้องการความเร็วไม่สูงมากนัก, ราคาต่ำเช่น ใน การส่งข้อมูลผ่านโมเด็มในแบบอซิงโครนัส (Asynchronous Data Modems) ซึ่งใช้งานในการส่ง ข้อมูลแบบอนาลอกผ่านสายโทรศัพท์



รูปที่ 2.10 เฟสล็อคคูลูฟ-เอเฟเอสเค ดีมอดูเลเตอร์

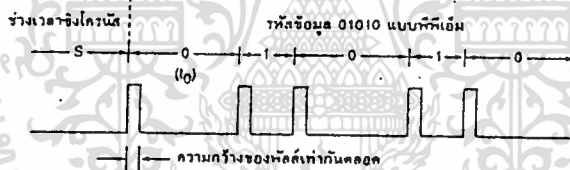
## 2.4 รีโมตคอนโทรล

การส่งสัญญาณควบคุมในรูปแบบทางดิจิทัลเช่นการส่งสัญญาณพัลส์เดี่ยว สำหรับการควบคุมอย่างง่าย ที่อาศัยการทำงานแบบที่อกเกิลและการส่งสัญญาณอนุกรมพัลส์ ซึ่ง สร้างจากรหัสทางไบนารี เพื่อความเป็นอิสระในการเลือกฟังก์ชันควบคุม ซึ่งทั้งสองรูปแบบนี้ยังสามารถจัดส่งในลักษณะของสัญญาณโทเนเบรสต์ ที่ใช้คลื่นความถี่สูงเป็นคลื่นพาห้ส่งรวมเข้าไป อันเป็นการช่วยลดสัญญาณรบกวน และยังช่วยเพิ่มฟังก์ชันการควบคุมได้อีกเท่าตัวเลยทีเดียว ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และอีกรูปแบบของการส่งรหัสควบคุมแบบดิจิทัลที่ค่อนข้างเป็นที่นิยมกันมาก คือ ระบบพีพีเอ็ม หรือ พัลส์โพสิชันมอดูเลชัน

### พีพีเอ็ม

รูปแบบสัญญาณชนิดพีพีเอ็ม (PPM : Pulse Position Modulation)เกิดจากการมอดูเลตสัญญาณในลักษณะของตำแหน่งพัลส์ กล่าว คือ ขนาดความกว้างของสัญญาณพัลส์จะมีค่าเท่ากันตลอด และไม่มีมีความสำคัญ ในการรับบอกชนิดของข้อมูลเลยแต่จะใช้คาบเวลาหรือพีเรียด (period) ของพัลส์แต่ละถูกเป็นตัวกำหนดชนิดของข้อมูล เช่น ข้อมูลที่เป็น '1' แทนด้วยพัลส์ที่มีคาบเวลาคงที่ค่าหนึ่ง ซึ่งแตกต่างจากคาบเวลาของพัลส์ที่แสดงข้อมูลที่เป็น '0' ดังแสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แสดงรูปแบบของสัญญาณพีพีเอ็ม

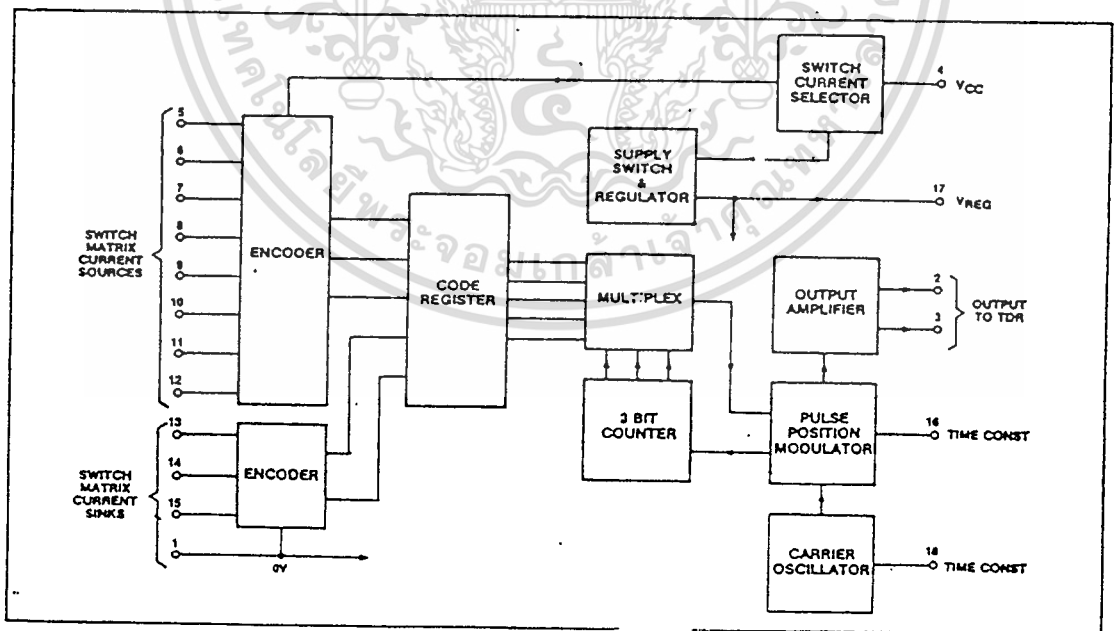
โดยหลักการแล้ว การมอดูเลตสัญญาณแบบพีพีเอ็มจะใช้การแบ่งช่วงสัญญาณด้วยคาบเวลาที่เท่ากัน แต่จุดเวลาที่แสดงสัญญาณพัลส์ต่างกัน เช่น หากสัญญาณเป็นศูนย์ สัญญาณพัลส์จะปรากฏ ณ ตำแหน่งกึ่งกลางของคาบเวลาที่กำหนด ถ้าหากสัญญาณมีแอมพลิจูดเป็นบวกสัญญาณพัลส์จะปรากฏในตำแหน่งที่ล้าไปทางขวาของจุดกึ่งกลางคาบเวลา โดยมีระยะห่างขึ้นกับค่าของแอมพลิจูดในลักษณะเป็นสัดส่วนกัน

ในทำนองกลับกัน หากสัญญาณมีแอมพลิจูดเป็นลบ สัญญาณพัลส์จะปรากฏอยู่ในครึ่งช่วงแรกของคาบเวลา ดังนั้นการมอดูเลตแบบพีพีเอ็มจึงสามารถใช้ได้ทั้งสัญญาณที่เป็นแบบดิจิทัล เราจะเห็นระยะห่างของพัลส์ได้แน่นอนกว่าเพราะมีขนาดสัญญาณเพียงสองระดับจึงดูเหมือนว่าคาบเวลาของพัลส์เป็นตัวกำหนดชนิดของข้อมูล ไม่อย่างนั้นก็น่าจะใช้ประโยชน์ด้านการคำนวณที่ง่ายกว่านี้ อีกทั้งยังมีให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคส่งสัญญาณ

รูปที่ 2.12 บล็อกไดอะแกรมของวงจรในภาคส่งสัญญาณควบคุมที่ใช้แสง ซึ่งประกอบด้วย วงจรเข้ารหัสทำหน้าที่จัดรูปแบบของรหัสควบคุมตามที่กำหนด จากนั้นทำการมอดูเลตให้เป็นสัญญาณพีพีเอ็มก่อนส่งไปยังวงจรรับสัญญาณ เพื่อแปลงให้เป็นแสงสำหรับส่งออกไป ในทางปฏิบัติเราสามารถใช้อีซีสำเร็จรูป ซึ่งทำหน้าที่เข้ารหัสและมอดูเลตแบบพีพีเอ็มไปพร้อมกันได้เลย เช่น ไอซีเบอร์ SL490 ซึ่งจะช่วยให้วงจรมีขนาดเล็กลง และลดความยุ่งยากซับซ้อนของวงจรลงได้

ไอซี SL490 เป็นไอซีที่ถูกออกแบบมาสำหรับระบบบรีโมตคอนโทรลโดยเฉพาะ โดยกินกระแสไฟเพียง 6 ไมโครแอมป์ ในขณะที่ไม่มีการส่งสัญญาณลักษณะของสัญญาณพีพีเอ็ม ที่ได้สามารถใช้ส่งออกไปได้เลย หรืออาจรวมกับคลื่นพาห้ในแบบของสัญญาณโทนเบิรสต์ก็ได้

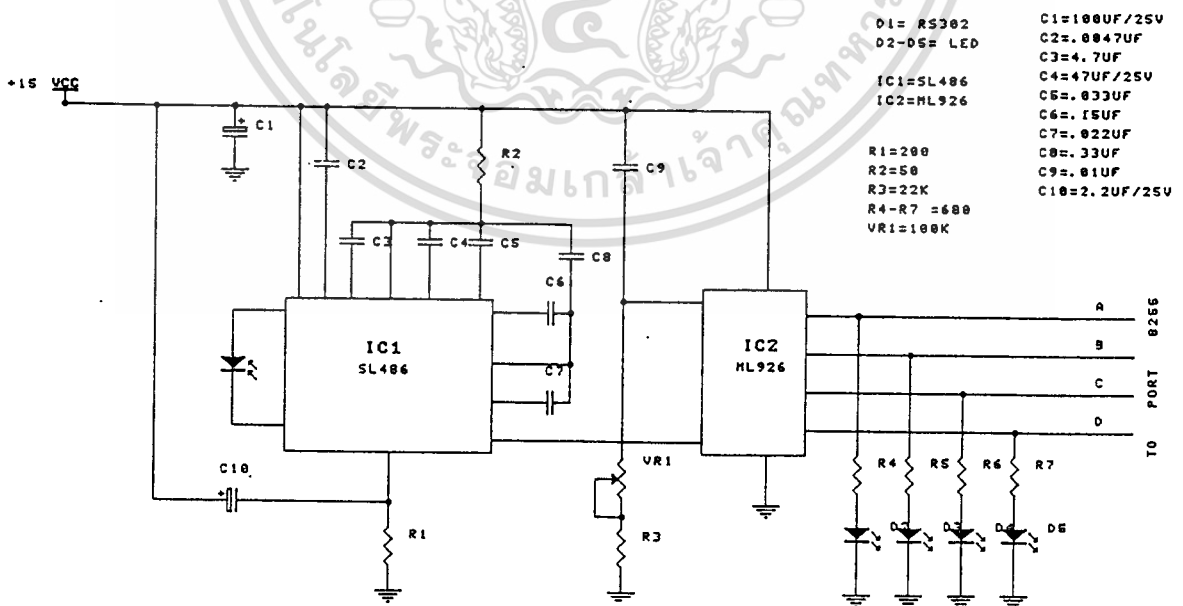


รูปที่ 2.12 บล็อกไดอะแกรมของภาคส่ง

ข้อดีประการหนึ่งของไอซีเบอร์ SL490 ก็คือขณะทำการกดสวิทช์ส่งสัญญาณ ชุดข้อมูลจะถูกสร้างขึ้นตามรหัสไบนารี EDCBA แล้วส่งออก หากส่งไปหมดแล้วแต่สวิทช์ยังคงถูกกดค้างอยู่ชุดข้อมูลชุดเดิมจะถูกสร้างขึ้นมาใหม่แล้วส่งออกต่อไปอีกเรื่อย ๆ โดยมีช่วงเวลาซึ่งไครน์ส S เป็นตัวแยกชุดข้อมูลไว้ และหากมีการปล่อยสวิทช์ ข้อมูลในบิตที่เหลือก็ยังคงถูกส่งออกไปจนหมดแล้วจึงหยุดสัญญาณเอาต์พุตที่เป็นสัญญาณพีพีเอ็มจะถูกส่งออกมาที่ขา 2

ส่วนขา 3 เป็นเอาต์พุตของไอซีที่มีสถานะทางเฟสตรงกันข้ามกับสัญญาณพีพีเอ็มที่ได้จากขา 2 สัญญาณเอาต์พุตอีกอันหนึ่งเป็นสัญญาณที่ได้จากขา 17 โดยปกติขณะไม่มีการส่งสัญญาณ เอาต์พุตที่ขา 17 จะอยู่ในสภาวะต่ำ และเมื่อมีการกดสวิทช์ส่งสัญญาณ เอาต์พุตนี้จะอยู่ในสภาวะสูง ทั้งสัญญาณที่ได้จากขา 2 และขา 17 สามารถนำมาใช้เป็นตัวบอกสภาวะชั่วขณะที่ทำการกดสวิทช์ส่งข้อมูลได้

รูปที่ 2.13 เป็นบล็อกไดอะแกรมของภาครับ เริ่มจากไฟโต้ไดโอด D<sub>1</sub> ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า แล้วทำการขยายสัญญาณด้วยวงจรถิปซีแอมป์ ก่อนถูกตีโมดูลเอาท์ออกเป็นรหัสทางไบนารี จากนั้นทำการถอดรหัส



รูปที่ 2.13 วงจรใช้งานของ SL490

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 ระบบโทรศัพท์

โทรศัพท์ คือ เครื่องมือสื่อสารเชื่อมโยงนำเสียงพูดระหว่างผู้ใช้ที่อยู่ ณ สถานที่แห่งหนึ่งกับบุคคลที่ต้องการติดต่อกับ ณ สถานที่อีกแห่งหนึ่ง ให้สามารถพูดจาติดต่อกันได้ เหมือนบุคคลทั้งสองนั่งสนทนาอยู่ด้วยกัน

ระบบโทรศัพท์มีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วนด้วยกัน คือ

1. เครื่องรับโทรศัพท์ เครื่องรับโทรศัพท์เป็นอุปกรณ์ที่ผู้ใช้ จะใช้ในการติดต่อกันประกอบด้วยเครื่องส่ง(transmitter)เครื่องรับ (resiever) กระดิ่ง (ringer) ฮุคสวิทช์ (hook switch) หน้าปัทม์ สำหรับหมุนหรือ กดหมายเลข

\* เครื่องส่งและเครื่องรับรวมกันเรียกว่า Hand set

2. สายโทรศัพท์ เครื่องรับโทรศัพท์แต่ละเครื่องจะมีสายโทรศัพท์ 1 คู่ เพื่อเชื่อมโยงและเป็นสื่อนำสัญญาณต่างๆ จากชุมสายมายังตัวเครื่องรับโทรศัพท์ในขนาดเดียวกัน ก็ทำหน้าที่เป็นสื่อในการส่งสัญญาณไฟฟ้าที่แปลงมาจากสัญญาณเสียงระหว่างเครื่องรับโทรศัพท์

\* สายโทรศัพท์ ที่ต่อเชื่อมโยงระหว่างชุมสายเพื่อให้บริการ ระหว่างชุมสายเรียกว่า ทังก์ (trunk)

3. ชุมสายโทรศัพท์ ชุมสายโทรศัพท์ เป็นสถานที่ที่รวมคู่สายของเครื่องรับโทรศัพท์แต่ละเครื่องในระแวก ใกล้เคียงกัน และทำหน้าที่เชื่อมคู่สายให้กับผู้ใช้โทรศัพท์ พร้อมกับส่งสัญญาณแจ้งภาวะการใช้ต่าง ๆ ให้ผู้ใช้ทราบ

ชุมสายโทรศัพท์ระบบเก่าจะเป็นระบบใช้พนักงานต่อ (manual telephone) ซึ่งในปัจจุบันได้รับการพัฒนามาเป็นระบบอัตโนมัติ (automatic telephone)

## สัญญาณพื้นฐานที่ใช้ในระบบโทรศัพท์

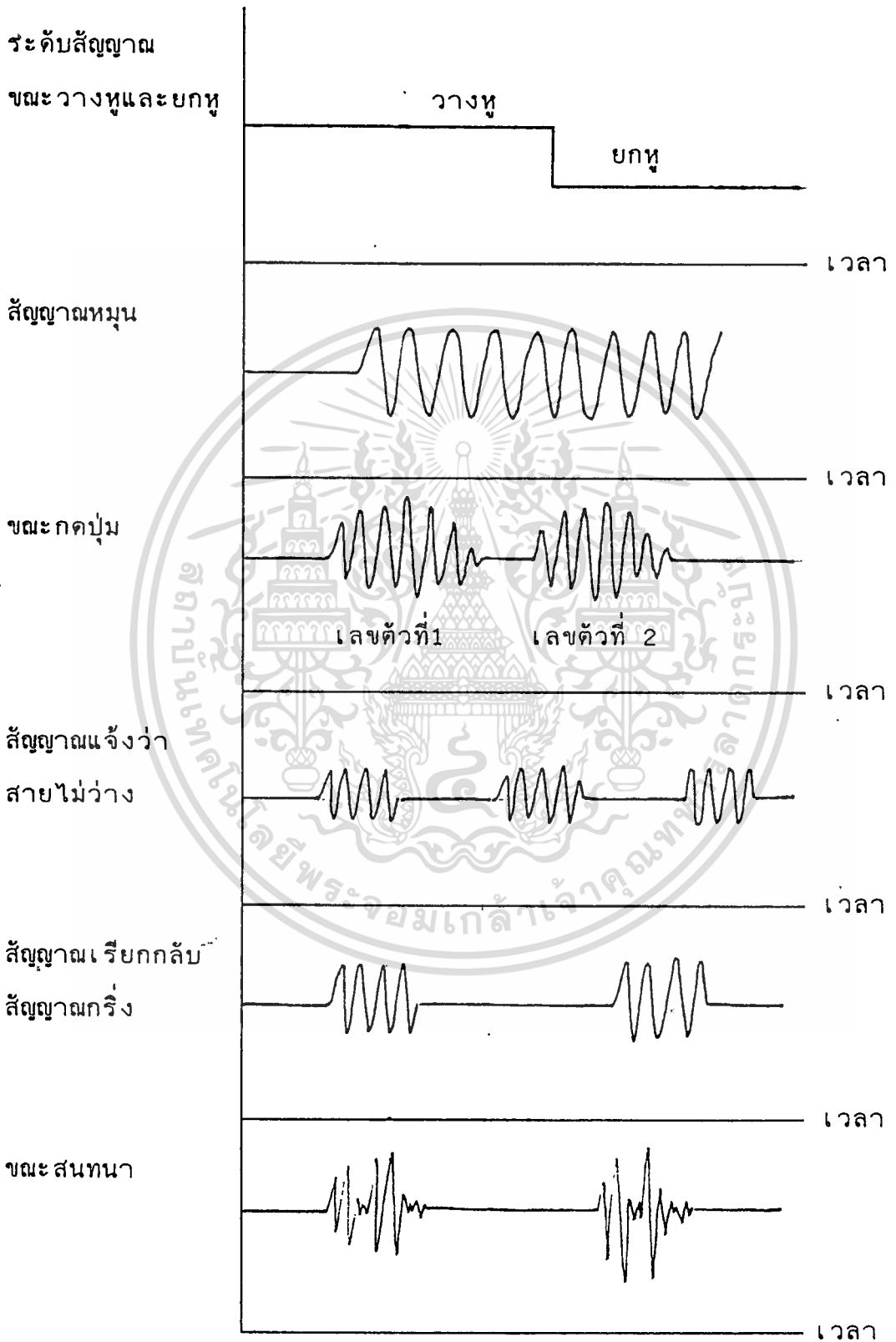
สัญญาณพื้นฐานที่ใช้ในระบบโทรศัพท์ คือ สัญญาณที่แจ้งภาวะการใช้โทรศัพท์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ประเภท คือ

1. สัญญาณพร้อมให้หมุน (dial tone) เป็นสัญญาณที่ทางชุมสายใช้แจ้งไปยังผู้เรียกใช้โทรศัพท์ว่า อุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในชุมสายพร้อมที่จะทำการต่อโทรศัพท์ให้แก่ผู้ใช้โทรศัพท์
2. สัญญาณเรียกกลับ (ringback tone) เป็นสัญญาณที่บอกให้ผู้เรียกทราบว่า ทางสายของผู้ถูกเรียกว่าง และกำลังเรียกอยู่
3. สัญญาณกริ่ง (ringing tone) เป็นสัญญาณที่ชุมสายส่งไปยังเครื่องผู้รับบอกให้รู้ว่ามี การติดต่อกัน
4. สัญญาณแจ้งว่าสายไม่ว่าง (busy tone) เป็นสัญญาณที่บอกให้ผู้เรียกทราบว่า ยังไม่สามารถติดต่อกับเครื่องรับโทรศัพท์ หมายเลขนั้นในเวลานั้นได้

คุณสมบัติของสัญญาณต่าง ๆ เหล่านี้ มีแสดงในตาราง และรูป

ตารางคุณสมบัติของสัญญาณต่าง ๆ ที่ใช้ในการแจ้งภาวะการใช้โทรศัพท์

ชนิดของสัญญาณ	การส่งสัญญาณ	ความถี่ (Hz)
สัญญาณพร้อมให้หมุน	ต่อเนื่องไม่ขาดสาย	480
สัญญาณเรียกกลับ	1 วินาที ขาดหาย 4 วินาที	25
สัญญาณกริ่ง	1 วินาที ขาดหาย 4 วินาที	440 มอดูเลทกับ 440
สัญญาณแจ้งว่าสายไม่ว่าง	- ขาดหาย 30 ครั้งต่อนาที เมื่อสายในชุมสายไม่ว่าง - ขาดหาย 60 ครั้งต่อนาที เมื่อเครื่องรับโทรศัพท์ที่ ต้องการติดต่อถูกใช้อยู่ - ขาดหาย 120 ครั้งต่อนาที เมื่อโทรศัพท์ไม่ว่าง	480 มอดูเลทกับ 620



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 รูปที่ 2.14 คุณสมบัติของสัญญาณต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบโทรศัพท์  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ลักษณะทางไฟฟ้าของสัญญาณ

สัญญาณระหว่างคู่ สายโทรศัพท์มีทั้งสัญญาณไฟกระแสดตรง (DC) และสัญญาณไฟกระแสลับ (AC) ซึ่งระดับสัญญาณระหว่างคู่สายโทรศัพท์จะแตกต่างกันไปดังที่แสดงไว้ในตารางและรูปที่ 2.14

### ตารางระดับสัญญาณระหว่างคู่สายโทรศัพท์ในช่วงการใช้งานต่าง ๆ

ช่วงเวลาการใช้งาน	ระดับสัญญาณไฟกระแสดตรง	ระดับสัญญาณไฟกระแสลับ
ไม่ได้ใช้งาน ไม่ได้ยกหูฟังขึ้น	40 โวลท์	-
ยกหูฟังขึ้นมีสัญญาณหมุน	10 โวลท์	600 มิลลิโวลท์
กดหมายเลข	10 โวลท์	ไม่เกิน 0.5 โวลท์
มีสัญญาณแจ้งว่าสายไม่ว่าง	10 โวลท์	400 มิลลิโวลท์
มีสัญญาณเรียกกลับ	10 โวลท์	400 มิลลิโวลท์
มีสัญญาณกริ่ง (สำหรับเครื่องผู้รับ)	48 โวลท์	100 โวลท์
มีการพูดระหว่างสาย	10 โวลท์	ไม่เกิน 1 โวลท์

## ระบบ DTMF

ในยุคแรกของการใช้โทรศัพท์ เครื่องรับโทรศัพท์ที่ใช้จะเป็นแบบหน้าปัทม์ หมุนซึ่งการหมุนหมายเลขจะทำให้เกิดพัลส์ (pulse) ของกระแสในจำนวนเท่ากับหมายเลขที่ หมุน จะพัลส์ที่เกิดขึ้นจะถูกส่งไปยังชุมสายด้วยความเร็ว 10 พัลส์ ต่อวินาที (pulse per second, pps) หรือ 20 พัลส์ต่อวินาที

เนื่องจากโทรศัพท์ที่ใช้ระบบหน้าปัทม์หมุนสำหรับการติดต่อผ่านชุมสาย ไม่ค่อยจะอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้โทรศัพท์เท่าใดนัก เพราะเป็นระบบเชิงกล ทำงาน ค่อนข้างช้า ดังนั้น จึงได้มีการคิดสร้างโทรศัพท์ชนิดกดปุ่มขึ้น ระบบโทรศัพท์ชนิดกดปุ่มนี้ เรียกว่าระบบ DTMF (Dual Tone Multi Frequency) เนื่องจากการกดปุ่มหมายเลขแต่ละ ปุ่มบนหน้าปัทม์เครื่องรับโทรศัพท์นั้น ทำให้เกิดสัญญาณที่ประกอบขึ้นจากความถี่ 2 ความถี่ส่งออกไปตามสายโทรศัพท์ไปยังชุมสาย เพื่อเรียกให้ชุมสายรู้ว่าผู้ใช้โทรศัพท์ต้องการ ติดต่อกับโทรศัพท์เครื่องใด แทนการส่งพัลส์ของกระแสการหมุนหน้าปัทม์ ของเครื่องรับ โทรศัพท์หน้าปัทม์หมุน

### ข้อดีของการใช้โทรศัพท์แบบกดปุ่ม

- ลดเวลาในการเรียกหมายเลขลง
- การเรียกเลขหมายทำได้ง่ายขึ้น
- สามารถใช้วงจรทางโซลิตสเตรทิเทคทรอนิกส์แทนอุปกรณ์เชิงกล
- มีความผิดพลาดในการส่งหมายเลขน้อย
- ใช้สัญญาณระบบความถี่เสียง ซึ่งสามารถส่งระหว่างสถานีได้และ สามารถใช้ได้หลายอย่าง
- สามารถที่จะเพิ่มปุ่มได้อีก 4 ปุ่ม ในคอลัมน์ที่ 4 เพื่อการใช้งาน อย่างอื่น

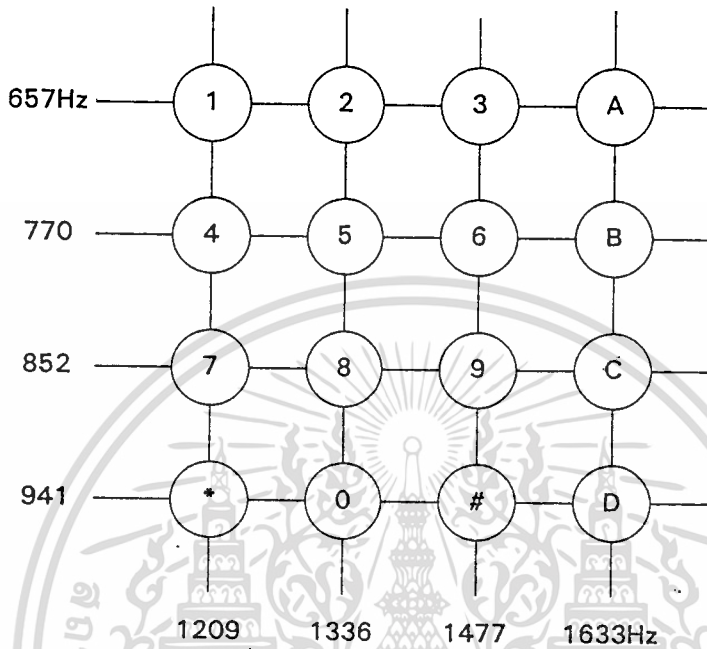
สิ่งสำคัญที่สุดสำหรับโทรศัพท์แบบกดปุ่ม คือ ระบบ DTMF

## ระบบ DTMF

ระบบ DTMF นี้ จะมีความถี่มาตรฐานในย่านความถี่เสียงที่แตกต่างกัน 8 ความถี่ โดยจะแบ่งความถี่เหล่านี้ออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มความถี่ต่ำ 4 ความถี่ และกลุ่มความถี่สูง 4 ความถี่ และสัญญาณ DTMF นี้ จะมาจากการรวมสัญญาณความถี่จากกลุ่มความถี่ต่ำ 1 ความถี่ และสัญญาณความถี่จากกลุ่มความถี่สูงอีก 1 ความถี่ ดังนั้น สัญญาณ DTMF จึงมีได้ทั้งหมด 16 สัญญาณ (4 ความถี่ต่ำ  $\times$  4 ความถี่สูง)

การเลือกความถี่มาตรฐานของระบบ DTMF นี้ ผู้ออกแบบระบบได้ใช้ความพยายามอย่างมากในการเลือกความถี่ที่ใช้ เพราะเนื่องจากต้องระวังไม่ให้สัญญาณสัญญาณเสียงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในสายโทรศัพท์เช่น สัญญาณแจ้งภาวะการใช้ต่างๆ สัญญาณรบกวนภายในสายโทรศัพท์ มีความถี่อยู่ในช่วงความถี่ DTMF และยังคงต้องระวังความถี่ที่อาจเกิดขึ้นจากการรวมตัวกันแบบฮาร์โมนิกของค่าความถี่ใดความถี่หนึ่งของความถี่ DTMF และในที่สุดก็ได้ความถี่มาตรฐานทั้งแปด ดังนี้.

- ความถี่มาตรฐานในกลุ่มความถี่ต่ำ 4 ความถี่ คือ 697, 770, 852 และ 941 เฮิรตซ์
- ความถี่มาตรฐานในกลุ่มความถี่สูง 4 ความถี่ คือ 1209, 1336, 1477 และ 1633 เฮิรตซ์
- ระบบ DTMF นี้เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ระบบ 4x4 เนื่องจากการใช้ เป็นกตขนาด 4x4 ในการสร้างสัญญาณ DTMF และได้กำหนดปุ่มแต่ละปุ่ม เหล่านั้นได้ด้วยตัวเลข 0 - 9, \* (star หรือ saterisk), # (pound หรือ octophorpe), A, B, C และ D ซึ่งในการกดปุ่ม ๆ หนึ่งจะให้สัญญาณความถี่คู่หนึ่งออกมาดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.15 การจัดปุ่มและระบบสัญญาณ

ในการใช้งานทั่วไป จะใช้เฉพาะปุ่มตัวเลข 0-9 เท่านั้น ส่วนปุ่ม \*, #, A, B, C และ D สามารถนำมาใช้งานอื่น ๆ ได้

โทรศัพท์ที่ใช้ระบบ DTMF ผู้ใช้สามารถฟังเสียงสัญญาณ DTMF ได้โดยการยกหูโทรศัพท์ขึ้นฟัง แล้วกดปุ่มได้ปุ่มหนึ่งบนหน้าปัทม์ ตัวอย่างเช่น การกดปุ่มหมายเลข 8 จะเกิดสัญญาณความถี่ 852 เฮิรตซ์ และ 1336 เฮิรตซ์ ขึ้นพร้อมกัน สัญญาณจะถูกส่งผ่านคู่สายไปยังชุมสาย และถูกถอดรหัสโดยตัวรับ DTMF ที่ชุมสายโทรศัพท์จะประกอบด้วย อุปกรณ์ควบคุมที่ทำหน้าที่ในการจัดการติดต่อโทรศัพท์ภายในท้องถิ่น ในบริเวณหนึ่งภายในพื้นที่หนึ่ง ๆ ซึ่งถูกกำหนดด้วยตัวเลข 3 ตัวแรกของเลขหมาย หลังจากที่ชุมสายทำการเชื่อมคู่สายระหว่างผู้เรียกและผู้ถูกเรียกเรียบร้อยแล้ว รับสัญญาณ DTMF ของชุมสายจะหยุดทำงาน เพราะในการกดปุ่มบนหน้าปัทม์ โทรศัพท์ครั้งต่อไปจะเป็นการติดต่อกันโดยตรงระหว่างผู้เรียกและผู้ถูกเรียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## วงจรถอดรหัสความถี่ DTMF

การถอดรหัสความถี่ของโทรศัพท์ หมายถึง การแปลง สัญญาณความถี่ ซึ่งเกิดจากการกดปุ่มตัวเลขของโทรศัพท์ (Telephone) ชนิดกดปุ่ม (ชนิด Tone หรือ DTMF) ให้เป็นระบบตัวเลขทางดิจิทัล ซึ่งไอซี MT 8870 ใช้แปลงความถี่โทรศัพท์ให้เป็นเลขฐานสอง (Binary) 4 บิต ในยุคก่อน การออกแบบวงจรถอดรหัสความถี่ของโทรศัพท์ มักใช้ไอซี จำพวกเฟสล็อกลูป (Phase Lock Loop) ซึ่งสร้างปัญหาสารพัด ไม่ว่าจะเป็นเรื่องความถี่ (Frequency) ที่เปลี่ยนแปลงไป การปรับแต่งวงจรมหาของ วงจรที่ใหญ่ เพราะต้องใช้ไอซี (Integrated Circuit) จำนวนมาก

### คุณสมบัติของ MT8870

1. เป็นตัวรับและถอดรหัสความถี่ (DTMF receiver)
2. กินไฟน้อย ใช้ไฟเลี้ยงระดับเดียวกับ TTL
3. สามารถตั้งอัตราขยายภายในตัวไอซีได้
4. สามารถปรับการ์ดไทม์ (Guard time) ได้
5. เป็นไอซีคุณภาพสูง

IN+	1	18	VDD
IN-	2	17	St/GT
GS	3	16	EST
VREF	4	15	StD
IC*	5	14	Q4
IC*	6	13	Q3
OCS1	7	12	Q2
OCS2	8	11	Q1
VSS	9	10	TOE

MT 8870

## การนำ MT8870 ไปใช้งาน

1. นำไปใช้งานด้านรีโมทคอนโทรล (Remote Control)
2. เครื่องป้องกันโทรศัพท์ทางไกล
3. ใช้ในงานเกี่ยวกับเครดิตการ์ด
4. ใช้งานร่วมกับคอมพิวเตอร์
5. ใช้ในเครื่องชุมสายขนาดย่อย หรือ PABX
6. ใช้กับงานทางด้านโทรศัพท์ทั่วไป
7. เครื่องกันขโมย
8. การควบคุมอุปกรณ์ทางโทรศัพท์
9. ใช้ทำเครื่องสอบถามทางโทรศัพท์

## โครงสร้างของ MT8870

โครงสร้างภายในของไอซี MT8870 ซึ่งประกอบไปด้วยวงจรของ ความถี่และวงจรถอดรหัสฟังก์ชันทางดิจิทัล เป็นไอซีที่สร้างโดยใช้เทคโนโลยี  $1\text{ }\mu\text{m}$  - CMOS ในส่วนของวงจรถอดรหัสความถี่ ใช้เทคนิคของสวิตช์คาปาซิเตอร์สำหรับกรองความถี่สูง และ กรองความถี่ต่ำ ส่วนวงจรถอดรหัสใช้เทคนิคการนับทางดิจิทัล เพื่อตรวจจับและถอดรหัส (Decoder) ทั้ง 16 ความถี่ ออกเป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิต และเช็คช่วงเวลาที่สำคัญตามเข้ามา ส่วนภาคอินพุตเป็นออปแอมป์ ซึ่งสามารถปรับอัตราขยายได้ โดยต่ออุปกรณ์ภายนอก เอาต์พุตเป็นวงจรถอดรหัส 3 สถานะ ดังรูปที่ 2.16 แสดงขาของ MT8870 และรูปที่ 2.17 แสดง โครงสร้างภายในของ MT8870

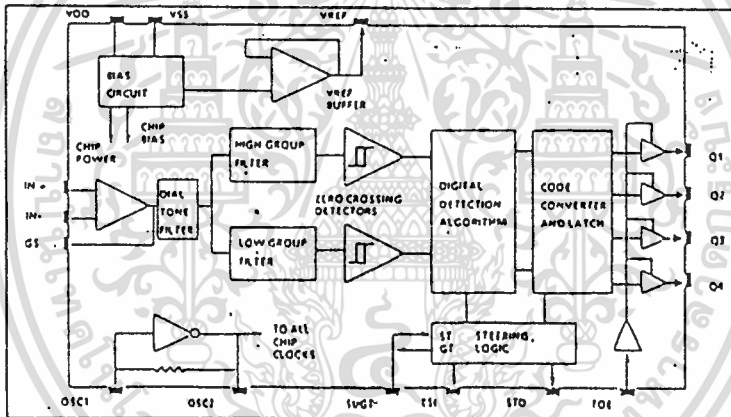
## ฟังก์ชันการทำงานภายใน MT8870

ภายใน MT8870 ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วน คือ

1. ภาคกรองความถี่ (Filter section)
2. ภาคถอดรหัส (Decoder section)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ภาคตรวจสอบสัญญาณ (Steering circuit)
4. ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง (Differential input)
5. ภาคกำเนิดความถี่ (Oscillator)

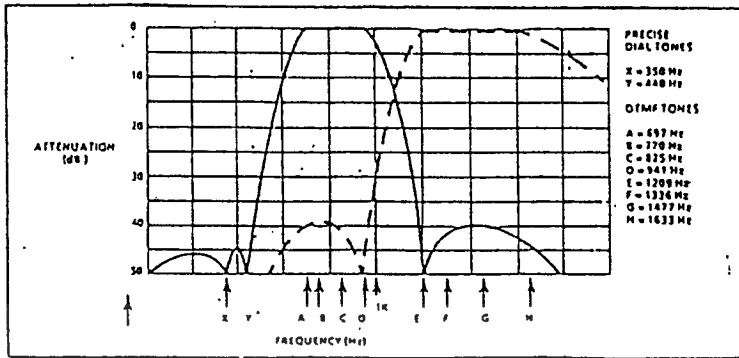


รูปที่ 2.17 แสดงโครงสร้างภายในของ MT8870

### ภาคกรองสัญญาณความถี่

ในส่วนนี้จะแยกสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาออกเป็น 2 กลุ่มความถี่ คือ ช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ โดยจะให้วงจรกรองแถบความถี่อันดับ 6 ชนิดสวิตช์คาปาซิเตอร์ (six-order switched capacitor band pass filter) ซึ่งความถี่ที่แยกได้มี 2 ช่วง คือ ช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 แสดงความถี่ที่ได้จากภาคกรองความถี่

### ภาคถอดรหัส

ความถี่ DTMF (Dual Tone Multi Frequency) ที่ถูกกรองเรียบร้อยแล้วจะส่งผ่านเข้าวงจรถอดรหัสความถี่ออกเป็นตัวเลข โดยใช้เทคนิคการนับแบบดิจิทัล และมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่าความถี่ที่ได้นี้เป็นความถี่มาตรฐาน DTMF หรือไม่เพื่อป้องกันความถี่อื่นที่จะเข้ามาผสมและเมื่อตรวจสอบว่าความถี่ที่ได้นั้นถูกต้อง สัญญาณที่ขา Est (Early Steering) ก็จะมีแอกทีฟ สำหรับค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่าง ๆ นั้นแสดงในรูปที่ 2.19

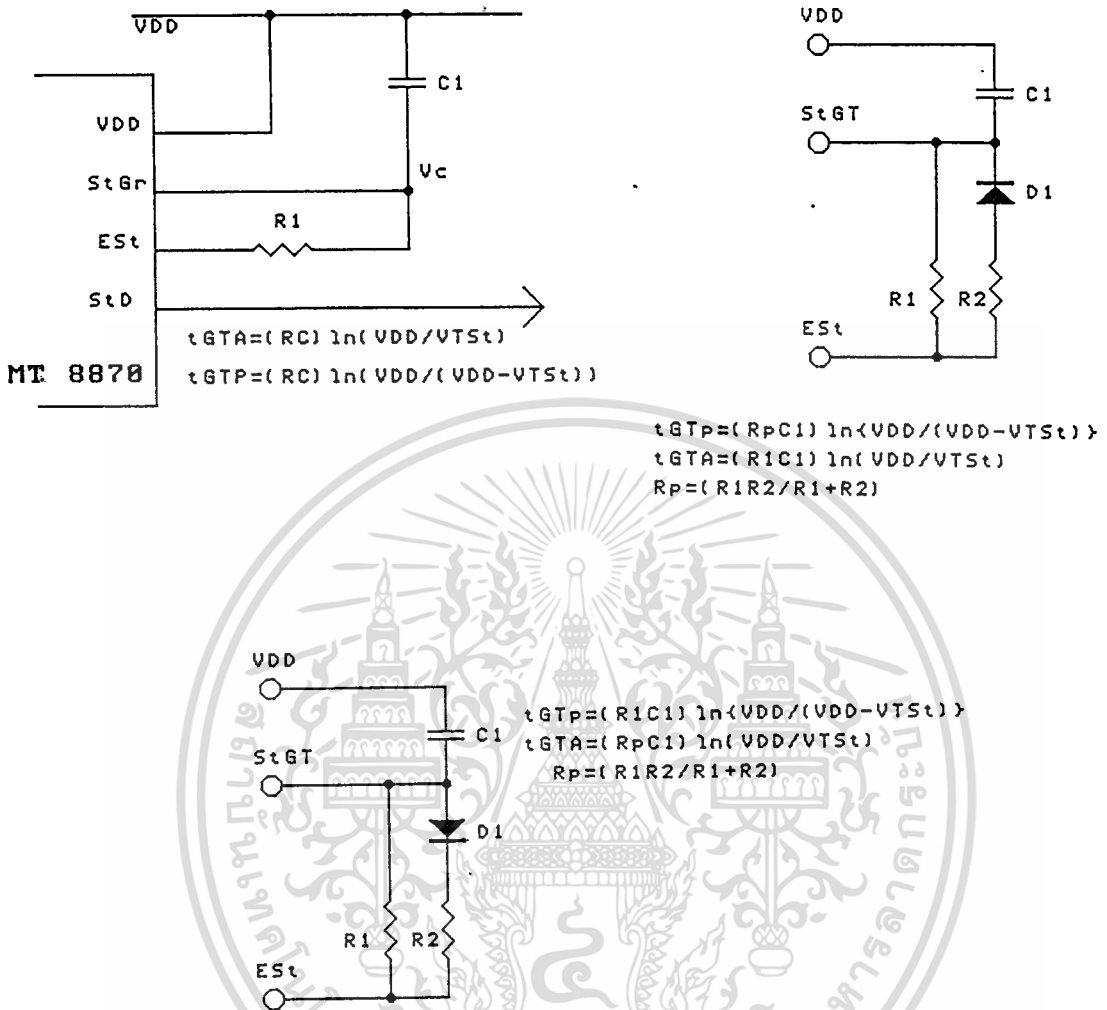
### ภาคตรวจสอบสัญญาณ

ก่อนที่จะมีการถอดรหัสความถี่ออกไปที่เอาต์พุต จะมีการตรวจสอบช่วงความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะเวลาตามที่กำหนดหรือไม่ โดยสังเกตจากระยะเวลาของการกดปุ่มโทรศัพท์ซึ่งต้องกดปุ่มให้มีความถี่ออกมาเป็นช่วงเวลาพอสมควร มิฉะนั้นวงจรส่วนนี้จะไม่รับ โดยถือว่าสัญญาณนั้นไม่ถูกต้องส่วนช่วงเวลาจะยาวเท่าใดนั้นสามารถตั้งได้โดยใช้ RC ต่อภายนอกสัญญาณที่ขา Est จะเป็น 'High' นานใกล้เคียงกับระยะเวลาที่มีความถี่ DTMF เข้ามาจากรูปที่ 2.3.7 เมื่อขา Est เป็น 'High' ทำให้  $V_C$  สูงขึ้น ตัวเก็บประจุ จะคายประจุทำให้แรงดัน  $V_C$  สูงขึ้นจนถึงค่าเทรชโฮล (Threshold) วงจรถอดรหัสจึงจะถอดรหัสออกมาเป็นตัวเลขฐานสองขนาด 4 บิต รายละเอียดการทำงานดูได้จากแผนภูมิเวลาหรือไทม์มิงไดอะแกรม (Timing diagram) ในรูปที่ 2.24 จะเข้าใจได้ง่ายกว่า

F(low)	F(high)	No	T	Q	Q	Q	Q
			O	4	3	2	1
			E				
697	1209	1	H	0	0	0	1
697	1336	2	H	0	0	1	0
697	1477	3	H	0	0	1	1
770	1209	4	H	0	1	0	0
770	1336	5	H	0	1	0	1
770	1477	6	H	0	1	1	0
852	1209	7	H	0	1	1	1
852	1336	8	H	1	0	0	0
852	1477	9	H	1	0	0	1
941	1209	0	H	1	0	1	0
941	1336	*	H	1	0	1	1
941	1477	#	H	1	1	0	0
697	1633	A	H	1	1	0	1
770	1633	B	H	1	1	1	0
852	1633	C	H	1	1	1	1
941	1633	D	H	0	0	0	0
-	-	Any	L	Z	Z	Z	Z

รูปที่ 2.19 แสดงค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณอย่างง่ายและแสดงการกำหนดเวลาการ์ดใหม่ (gard time) พร้อมวิธีคำนวณ

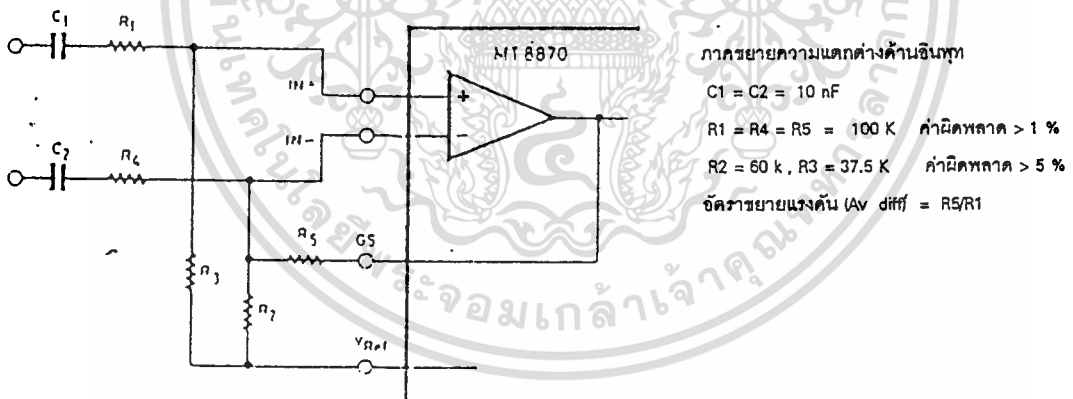
สำหรับคำว่าการ์ดใหม่ (Gard Time) นั้นหมายถึง ช่วงคาบเวลาของความถี่ที่เข้ามา ซึ่งจะต้องนานเท่ากับ หรือ มากกว่าช่วงเวลาที่เรที่ตั้งไว้ จึงจะได้รับการยอมรับว่าสัญญาณความถี่ที่ได้นั้นถูกต้องหรือพูดได้ว่าเวลาที่เรที่ตั้งไว้โดย RC ก็คือการ์ดใหม่ (Gard Time) นั่นเอง เมื่อสัญญาณความถี่เข้ามาสั้นกว่าก็จะไม่มีการถอดรหัสเป็นตัวเลขออกไป การตั้งเวลาและคำนวณเวลาดูได้จากรูปที่ 2.18

### ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง

วงจรส่วนอินพุตของ MT8870 เป็นภาคขยายออปแอมป์ที่สามารถปรับอัตราขยายโดยต่อวงจรภายนอกเพิ่มเข้าไป ดังในรูปที่ 2.21 แสดงการต่อวงจรภายนอกเข้ากับอินพุตซึ่งสามารถคำนวณอัตราขยายความแตกต่างของอินพุตและอินพีแดนซ์ได้ดังนี้

$$\text{อัตราขยาย } (A_v \text{ diff}) = R_5/R_1$$

$$\text{อินพุตอิมพีแดนซ์ } (Z_m \text{ diff}) = 2 / ((R_1)^2 + (1/\omega c)^2)$$



รูปที่ 2.21 แสดงการต่อวงจรภาคอินพุต

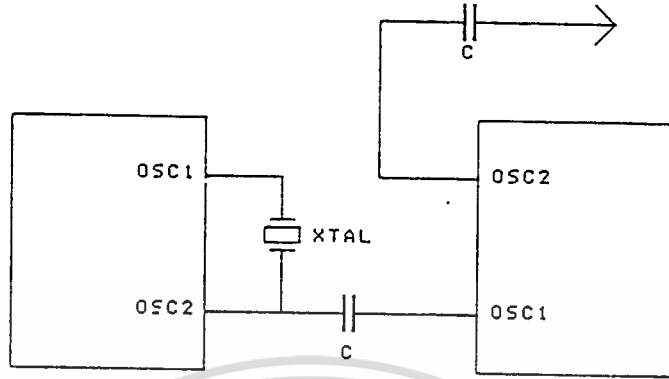
### ภาคกำหนดความถี่

ในภาคนี้ภายในไอซีจะมีวงจรเวลาอยู่ภายใน เพียงแต่ต่อแร่คริสตอล

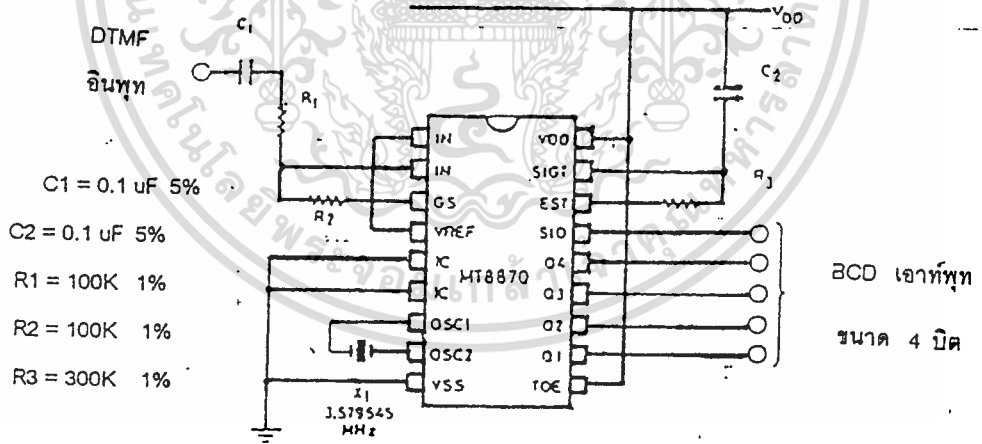
ขนาด 3.579545 MHz ก็สามารถใช้งานได้ทันที การต่อวงจรกำเนิดความถี่แสดงในรูปที่ 2.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

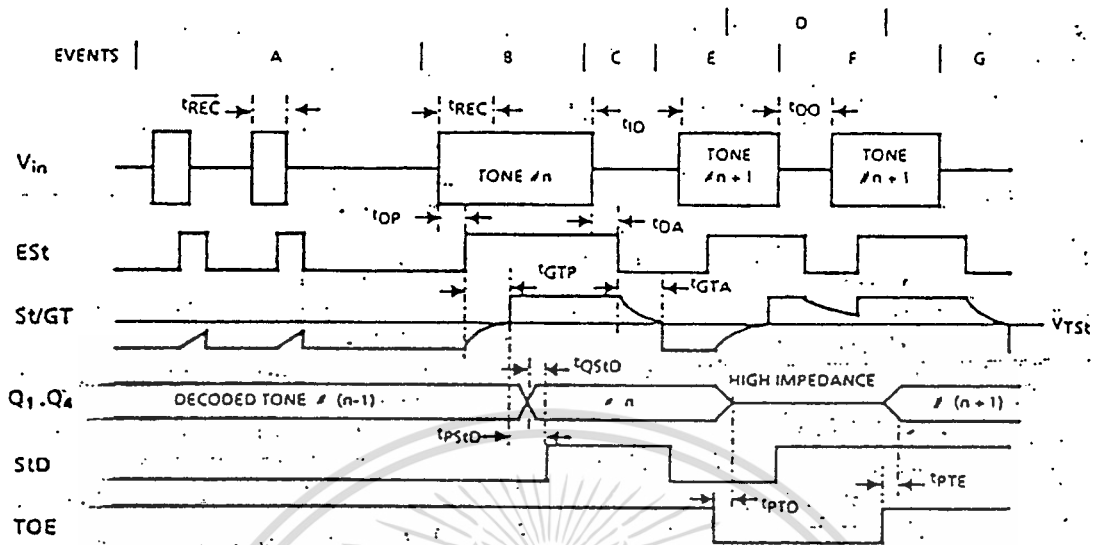


รูปที่ 2.22 แสดงการต่อวงจรผลิตความถี่



รูปที่ 2.23 แสดงวงจรใช้งานเบื้องต้นของ MT8870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 แสดงแผนภูมิเวลา (timing diagram) ของ MT8870

### อธิบายขั้นตอนการทำงาน

- A - ตรวจพบความถี่เข้ามา แต่คาบเวลาไม่ถูกต้อง เออร์พัทไม่เปลี่ยน
- B - ความถี่ # n ถูกตรวจพบและมีคาบเวลาถูกต้อง ความถี่ถูกถอดรหัส และแลตช์ (Latch) ไว้ที่เออร์พัท
- C - จบความถี่ # n ช่วงห่างถูกต้อง เออร์พัทยังคงแลตช์อยู่จนกว่าจะได้รับ ความถี่ที่ถูกต้องใหม่
- D - เออร์พัทเปลี่ยนเป็น High Impedance
- E - ความถี่ # n+1 ถูกตรวจพบคาบเวลาถูกต้อง ความถี่ถูกถอดรหัสและแลตช์ไว้
- F - ความถี่ # n+1 หายไป ช่วงห่างไม่ถูกต้อง เออร์พัทยังคงแลตช์อยู่
- G - จบความถี่ # n+1 ช่วงห่างถูกต้อง เออร์พัทยังแลตช์อยู่ จนถึงความถี่ใหม่ที่ถูกต้อง

## อธิบายคำศัพท์

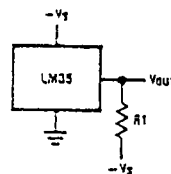
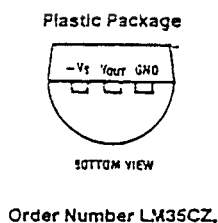
- Vin - สัญญาณความถี่ DTMF ที่เข้ามา
- Est - Early Steering Output ใช้แสดงความถี่ที่ถูกต้อง
- SVGT - Steering Input / Guard Time Output สำหรับต่อกับ RC ภายนอก
- Q<sub>1</sub> - Q<sub>4</sub> - เข็มทิศ BCD (Binary Code Decimal) ขนาด 4 บิต
- StD - Delayed Steering Output ใช้แสดงว่า ความถี่ที่ได้รับหรือหายไป มีคาบเวลาตามที่กำหนด เพื่อแสดงความถูกต้องของขอบสัญญาณ
- TOE - Tone Output Enable (Input) ใช้ควบคุม Q<sub>1</sub>-Q<sub>4</sub> ให้เป็นไฮอิมพีแดนซ์
- t<sub>REC</sub> - คาบเวลานานที่สุดที่ตรวจพบความถี่ DTMF แล้วยังไม่ถูกต้อง
- t<sub>REC</sub> - คาบเวลาสั้นที่สุดที่ต้องการ เพื่อแสดงว่าสัญญาณถูกต้อง
- t<sub>1D</sub> - เวลาสั้นที่สุดระหว่างสัญญาณ DTMF ที่ถูกต้อง 2 สัญญาณ
- t<sub>DO</sub> - เวลานานที่สุดที่ยอมให้สัญญาณหายไปได้ในคาบเวลาความถี่ที่ถูกต้อง
- t<sub>DP</sub> - เวลาที่ใช้ในการตรวจพบความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง
- t<sub>DA</sub> - เวลาที่ใช้ในการตรวจการหายไปของสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง
- t<sub>GTP</sub> - การ์ดไทม์ของการปรากฏความถี่ DTMF
- t<sub>GTA</sub> - การ์ดไทม์ของการหายไปของความถี่ DTMF

## 2.5 TEMPERATURE & SENSOR

### 1. ตัววัดอุณหภูมิ แลตช์ (Latch) ไร้ที่เอาต์พุต

มีวิธีการหลายวิธีในการวัดอุณหภูมิ เครื่องมือ แต่ละชนิด อาศัยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเฉพาะตัวของสาร คือจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงที่วัดได้ เมื่ออุณหภูมิที่วัดเปลี่ยนไป และการเปลี่ยนแปลง ที่วัดได้ต้องคงที่แน่นอน ส่วนตัววัดอุณหภูมิทางอิเล็กทรอนิกส์นั้น จะแสดงค่าอุณหภูมิออกมาเป็นตัวเลข อย่างเที่ยงตรง (บอกเป็นแรงดัน) ตัวอุปกรณ์ที่ว่านี้เราใช้อุปกรณ์ทาง Semiconductor โดยหลักการทำงานคือ เมื่ออุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงทำให้รอยต่อ Junction P-N มีการเปลี่ยนแปลงด้วย และลักษณะตัววัดเสมือน Zener diode จึงทำให้การรักษาระดับแรงดันมีการเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิ โดยเมื่ออุณหภูมิสูงจะได้ค่าแรงดันที่ Output มีค่าแรงดันมากและเมื่ออุณหภูมิเริ่ม ต่ำลงค่าแรงดันที่ Output จะลดลงด้วย

การคัดเลือกตัววัดอุณหภูมิ จะเห็นว่า IC เบอร์ LM335 มีคุณสมบัติตามที่กล่าวมาซึ่ง LM 335 เป็นวงจรรีจิสเตอร์เทอร์มิค ซึ่งใช้ทำเป็นตัวตรวจจับอุณหภูมิสำหรับใช้ในย่านอุณหภูมิตั้งแต่ 0 องศา C จนถึง +100 องศา C มีลักษณะรูปร่างดังรูป 2.24



รูปที่ 2.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าของตัวต้านทานในรูป 2.26 จะเป็นตัวกำหนดค่าของกระแส ที่ไหลผ่าน อุปกรณ์ตัวนี้ แต่เนื่องจาก ค่าไดนามิก อิมพีแดนซ์ที่กระแส 1 mA จะมีค่าโดยปกติ 0.6 โอห์ม อุปกรณ์ตัวนี้จึงสามารถทำงานได้ในย่านกระแสตั้งแต่ 400  $\mu$ A จนถึง 5 mA โดยเสมือนว่าไม่มีการเปลี่ยนคุณสมบัติของตัวมันเลย และ ค่า reverse current หรือ Forward current สูงสุด โดยไม่ทำให้อุปกรณ์เสียหาย ควรจะเป็น 10 mA ถ้ากระแสสูงกว่านี้จะทำให้เกิดความเสียหายต่อ อุปกรณ์ตัววัดได้ที่อุณหภูมิ 25 องศาซี และที่ reverse = 1 mA แรงดัน output จากวงจรรูป 2.25 จะมีค่าตามที่ออกแบบไว้เท่ากับ 2.98 V



ค่าเปรียบเทียบจุดอ้างอิงของมาตรฐาน

จุดศูนย์สมบูรณ์ = -273.15 องศาซี มีค่า = 0 องศาเค

จุดเยือกแข็งของน้ำ = 0 องศาซี มีค่า = 273.15 องศาเค

สูตรการเปลี่ยนองศาเซลเซียสเป็นองศาเคลวิน

$$\text{.....องศาเค} = \text{.....องศาซี} + 273.15$$

จากคุณสมบัติการเปลี่ยนแปลง 10 mV/องศาเซลเซียส

ถ้า 0 องศาซี มีค่า = 273.15 องศาเค

เทียบค่าเป็นแรงดัน = 273 x 10 (10:10 mV/องศาซี)

$$= 2730 \text{ mV}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทียบค่า 25 องศาเซลเซียส เป็นแรงดัน

$$= 25 \times 10 (10:10 \text{ mV/องศา})$$

$$= 250 \text{ mV}$$

$$= 0.25 \text{ V}$$

ทำการเปลี่ยน ค่าองศาเซลวิน เป็นองศาเซลเซียส

$$\text{จะได้ องศาเซลเซียส} = 273 \text{ องศาเซลวิน}$$

$$\text{ถ้า } 25 \text{ องศาซี} = 2.73 + 0.25$$

$$\text{ฉะนั้นที่ } 25 \text{ องศาซี} = 2.98 \text{ V}$$

และจากการเปลี่ยนที่ 10 mV ต่อ 1 องศาซี จะได้ค่าแรงดันดังในตาราง



องศา C	แรงดัน Vout (V)
18	2.91
19	2.92
20	2.93
21	2.94
22	2.95
23	2.96
24	2.97
25	2.98
26	2.99
27	3.00
28	3.01
29	3.02
30	3.03
31	3.04
32	3.05
33	3.06
34	3.07
35	3.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ความเป็นเชิงเส้น

จุดเด่นของตัววัดที่เป็น Semiconductor เช่นเบอร์ LM335 จะให้แรงดัน output ที่เป็นเชิงเส้นเมื่อเทียบกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงในย่านที่กำหนด ซึ่งไม่เหมือนกับ output ที่ได้จากตัวตรวจจับอุณหภูมิส่วนใหญ่ ซึ่ง output จะไม่เป็นเชิงเส้น ซึ่งถ้าเรานำเอาค่าแรงดัน output มาเขียนเป็นกราฟระหว่างค่าแรงดันกับอุณหภูมิตลอดย่านการทำงานของ LM335 เมื่อลากเส้นไปตัดแกนอุณหภูมิที่ 0 องศาสัมบูรณ์ ค่าแรงดัน output ที่อ่านได้จากกราฟจะเป็น 0 V จากความเป็นเชิงเส้นที่กล่าว จะต้องขึ้นอยู่กับ การปรับความถูกต้องของอุณหภูมิเพียงครั้งเดียว จะให้ความถูกต้องตลอดย่านอุณหภูมิที่ ใช้งานนั้นก็เนื่องมาจาก output จะแปรผันโดยตรงอย่างเที่ยงตรง กับอุณหภูมิสัมบูรณ์ โดย output จะลดลงเป็น 0 V ที่อุณหภูมิองศาสัมบูรณ์ ดังนั้น การปรับความลาดชันที่อุณหภูมิค่าหนึ่งให้ถูกต้องจะทำให้เกิดความถูกต้องตลอดย่านอุณหภูมิ

## ความร้อนที่เกิดขึ้นในตัว

เช่นเดียวกับตัวตรวจจับอุณหภูมิใด ๆ ก็ตาม ความร้อนใด ๆ ที่เกิดขึ้นจากกระแสผ่านอุปกรณ์ที่ตัวตรวจจับจะมีผลต่อค่าอุณหภูมิของตัวมันตลอดจนค่าแรงดัน Output ที่เกิดขึ้นสำหรับ LM 335 นั้น ควรจะให้ทำงานที่กระแสต่ำสุดซึ่งเพียงพอที่จะขับให้ วงจรภายใน IC ทำงานได้ โดยกระแสประมาณ 400 mA จะเป็นกระแสต่ำสุดที่ IC จะทำงานได้ตามปกติ (ค่ากระแสนี้จาก spece)

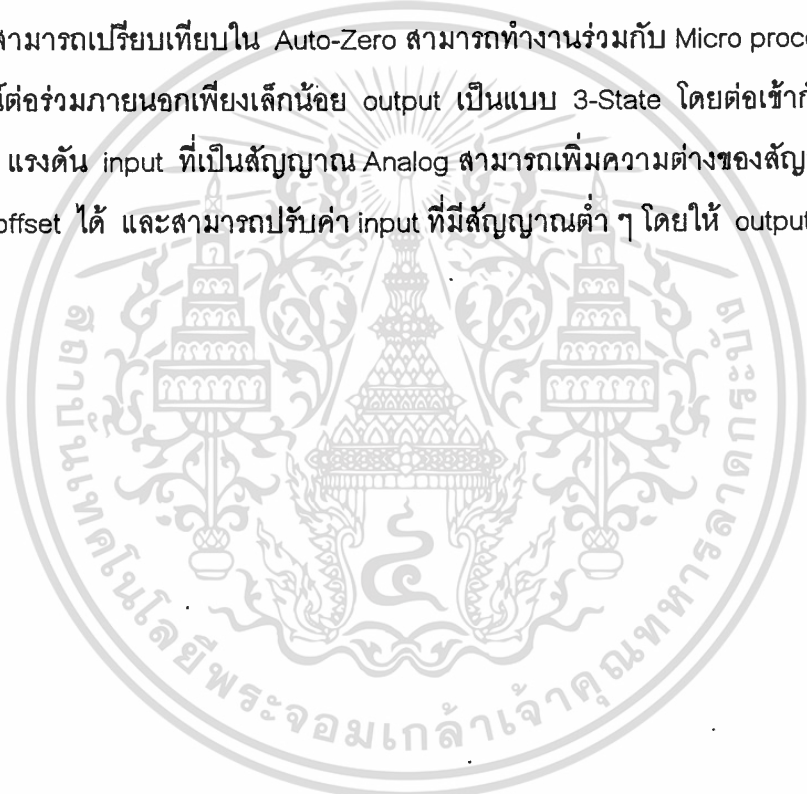
## 2 ตัวแปลงสัญญาณ

จากตัววัดอุณหภูมิ ซึ่งใช้ IC LM 335 ซึ่งให้ output เป็นแรงดันที่เปลี่ยนแปลงค่าตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป และแรงดันที่ได้นี้เป็นสัญญาณแบบ Analog ฉะนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการแปลงค่าแรงดันซึ่งเป็น Analog ให้เป็นแบบ Digital เพื่อให้ค่าที่เป็น binary เป็นค่า data ส่งค่าทาง Data Bus ให้กับ CPU เพื่อทำการ process และให้ output ไปควบคุมระบบเครื่องปรับอากาศ ในการแปลงสัญญาณ Analog เป็นสัญญาณ Digital นี้เราใช้ IC เบอร์ ADC 0804 เป็นตัวแปลงสัญญาณ ซึ่ง ADC 0804 จะมี 1

input ที่รับสัญญาณ Analog และ output เป็น Digital (เป็น ค่า binary) ขนาด 8 bit ซึ่งเหมาะสมกับวงจรที่ออกแบบไว้

#### คุณสมบัติ ADC 0804

เป็นตระกูล CMOS ขนาด 8 bit ใช้วิธีการแปลงค่า A/D แบบการประมาณค่า (Successive Approximation) ซึ่งการเปรียบเทียบภายในใช้ความต้านทานแบบ Ladder และสามารถเปรียบเทียบใน Auto-Zero สามารถทำงานร่วมกับ Micro processo ได้ โดยมีอุปกรณ์ต่อร่วมภายนอกเพียงเล็กน้อย output เป็นแบบ 3-State โดยต่อเข้ากับ Data Bus โดยตรง แรงดัน input ที่เป็นสัญญาณ Analog สามารถเพิ่มความต่างของสัญญาณได้ ทำการปรับ offset ได้ และสามารถปรับค่า input ที่มีสัญญาณต่ำ ๆ โดยให้ output เต็ม 8 bit ได้

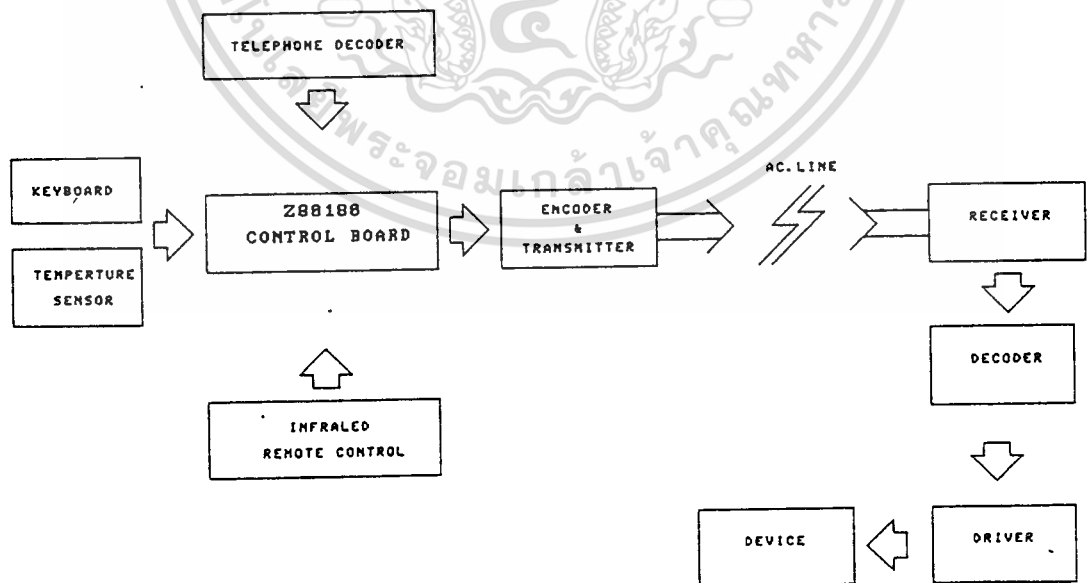


## บทที่ 3

### การออกแบบและการคำนวณ

#### 3.1 หลักการออกแบบระบบ

การออกแบบระบบเครือข่ายภายในบ้าน (HOME NETWORK) ซึ่งเป็นระบบที่ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านผ่านทางสายเคเบิล โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ Z80180 เป็นตัวควบคุมการทำงานของระบบนี้ เราได้ออกแบบให้ระบบมีความสามารถ และมีความคล่องตัวในการใช้งานสูง คือนอกจากที่เราต้องการให้สามารถควบคุมได้จากคีย์บอร์ด, รีโมทคอนโทรล หรือควบคุมผ่านทางโทรศัพท์แล้ว เรายังต้องการให้สามารถควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศได้ด้วย เราจึงได้ออกแบบการทำงานของระบบออกเป็นสัดส่วน แสดงได้ดังบล็อกไดอะแกรม ในรูปที่ 3.1 โดยจะประกอบไปด้วย



- ภาคส่งสัญญาณควบคุม
- ภาครับสัญญาณควบคุม
- ชุดเข้ารหัสสัญญาณ
- ชุดถอดรหัสสัญญาณ
- ชุดรีโมทคอนโทรล
- ชุดถอดรหัสสัญญาณโทรทัศน์
- ภาคตรวจสอบอุณหภูมิ
- ชุดควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า

บอร์ดควบคุม จะทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมด โดยบอร์ดควบคุมจะคอยติดต่อกับผู้ใช้ผ่านทางจอ LCD แบบตัวอักษร

ภาคส่งสัญญาณควบคุม จะทำหน้าที่รับสัญญาณควบคุมจากบอร์ดควบคุมและนำ สัญญาณควบคุมไปมอดูเลตเข้ากับสายไฟฟ้าเอซี

ภาครับสัญญาณควบคุม จะทำหน้าที่ แยกเอาสัญญาณควบคุมที่มอดูเลตอยู่กับ กระแสไฟฟ้าเอซีออกมา แล้วส่งสัญญาณที่ได้นี้ไปยัง'ชุดถอดรหัส' ต่อไป

ชุดเข้ารหัสสัญญาณ จะทำหน้าที่เข้ารหัสสัญญาณที่ส่งมาจากบอร์ดควบคุมก่อนแล้ว จึงส่งข้อมูลที่ผ่านการเข้ารหัสแล้วไปยังภาคส่งสัญญาณควบคุม

ชุดถอดรหัสสัญญาณ จะรับเอาสัญญาณควบคุมที่ผ่านการเข้ารหัสแล้ว มาทำการถอดรหัสสัญญาณ เพื่อที่จะควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าต่อไป โดยชุดถอดรหัสจะรับสัญญาณควบคุมที่ได้จากภาครับสัญญาณควบคุม

รีโมทคอนโทรล เป็นอินฟราเรด รีโมทคอนโทรล ซึ่งจะช่วยเพิ่มความสะดวกในการใช้งานโดยจะประกอบไปด้วยภาคส่ง และภาครับสัญญาณอินฟราเรด

ชุดถอดรหัสสัญญาณโทรศัพท์ จะทำหน้าที่ถอดรหัสความถี่ ซึ่งเกิดจากการกดปุ่มตัวเลขของ โทรศัพท์ชนิดกดปุ่ม (ชนิด TONE หรือ DTMF) ให้เป็นระบบตัวเลขทางดิจิทัลขนาด 4 บิต ก่อนที่จะส่งเข้าบอร์ดควบคุม

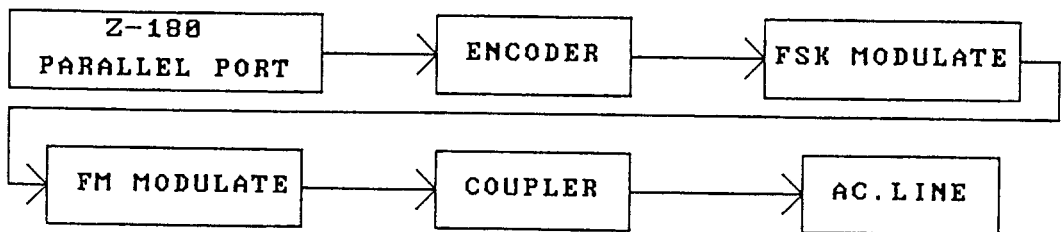
ภาคตรวจสอบอุณหภูมิ จะทำหน้าที่ตรวจวัดอุณหภูมิ โดยจะให้ OUTPUT เป็นแบบดิจิทัล บ้อนเข้าสู่ DATA BUS ของบอร์ดควบคุม ซึ่งสามารถควบคุม อุณหภูมิได้ตั้งแต่ 16 - 30 องศา เซนเซียส ซึ่งนับว่าเพียงพอแก่การใช้งานแล้ว

ชุดควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าให้ ปิด/เปิด ตาม สัญญาณควบคุมที่ได้รับโดยใช้โซลิตสเตทรีเลย์ในการควบคุม แทนการใช้รีเลย์ธรรมดา ทำให้อายุการใช้งานนานกว่าและตัดปัญหาเรื่องสัญญาณรบกวน

### 3.2 หลักการทำงาน

#### 1) ส่วนของภาคส่ง

ในส่วนของภาคส่ง จะรับสัญญาณมาจากบอร์ดควบคุม แล้วทำการมอดูเลตสัญญาณนี้เข้าสู่สายไฟฟ้าเอซี ซึ่งเราสามารถเขียนเป็น BLOCK DIAGRAM เพื่อแสดงการทำงานของระบบได้ดังรูป 3.2



รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของภาคส่งสัญญาณ

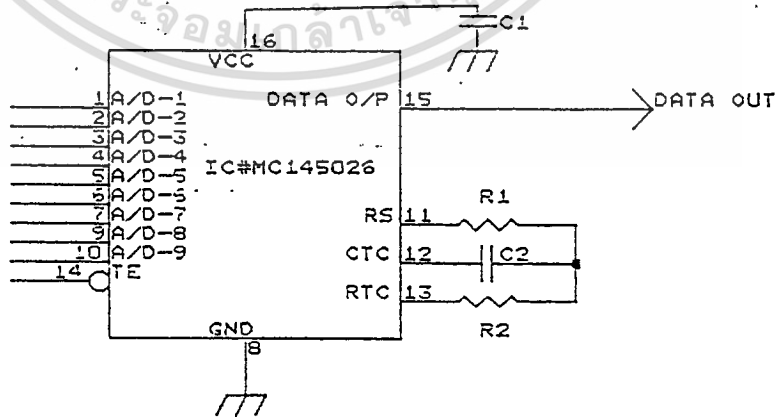
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 1.1 ชุดเข้ารหัส (ENCODER)

#### การทำงานของวงจรถ่ายรหัส

สัญญาณอินพุทของชุดตัวส่งสัญญาณควบคุมนี้ จะรับสัญญาณมาจากเอาต์พุตพอร์ตของบอร์ดควบคุม โดยสัญญาณควบคุมที่เข้ามาจะเป็นสัญญาณขนาด 9 บิต ซึ่งจะถูกต่อไปเข้ายังวงจรถ่ายรหัสซึ่งจะทำหน้าที่เข้ารหัส โดยใช้ไอซี เบอร์ MC145026 เป็นหัวใจในการทำงาน

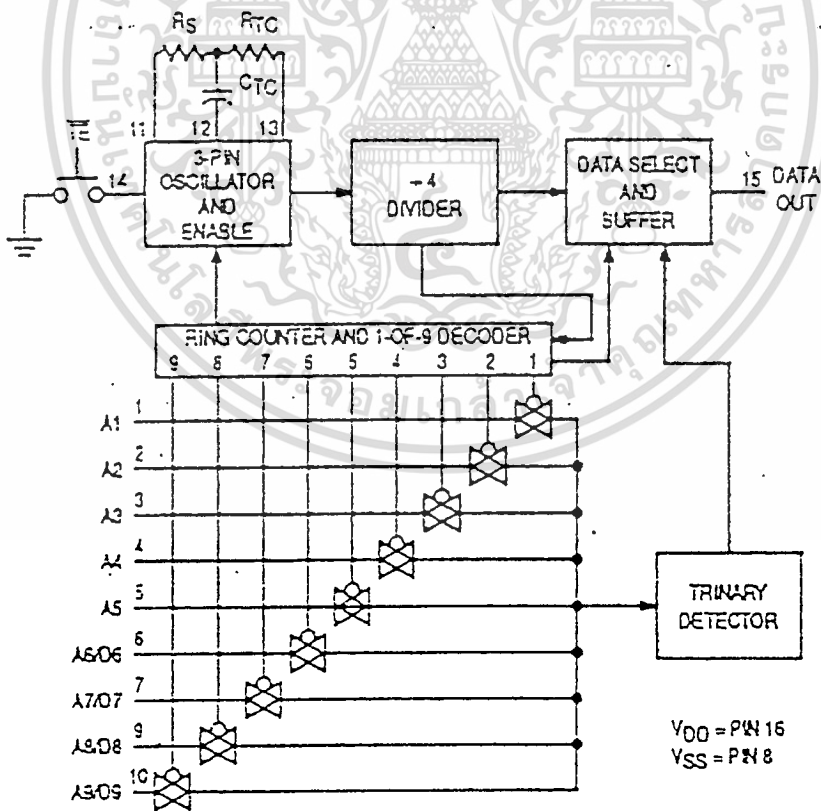
ไอซีเบอร์ MC145026 จะเข้ารหัสแบบ 9 บิต และจะส่งสัญญาณควบคุมที่ผ่านการเข้ารหัสแล้วนี้เป็นแบบอนุกรมโดยสัญญาณควบคุมจะถูกส่งออกไปทันทีที่ขา SWITCH TRANSMIT ENABLE (TE) เป็นลอจิก '0'



รูปที่ 3.3 วงจรถ่ายรหัส

### คุณสมบัติของไอซีเบอร์ MC145026

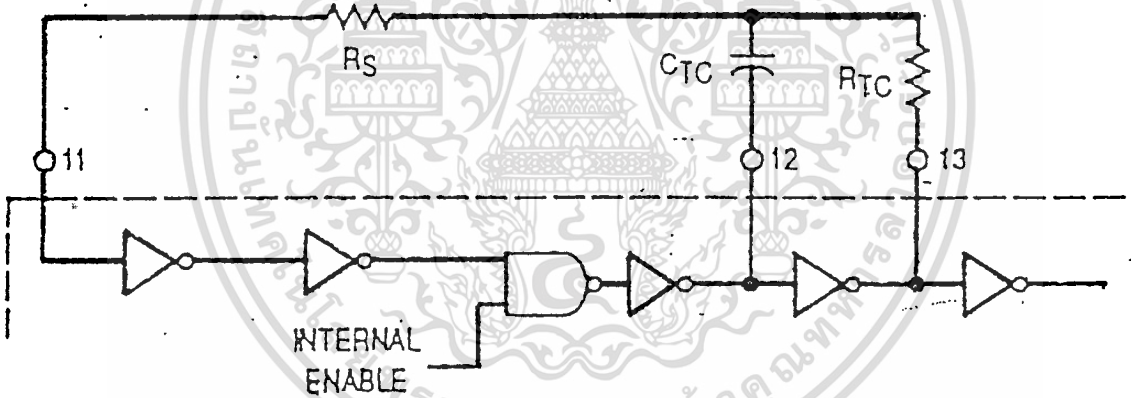
- แอดเดรส สามารถเป็นไปได้ทั้งสัญญาณไบนารี หรือ 3 สถานะ
- รหัสของแอดเดรส ที่สูงสุดคือ 3 สถานะ
- ใช้ในการอินเตอร์เฟสกับความถี่คลื่นวิทยุ, อนุตร้าโซนิก
- จะส่งข้อมูล 2 ชุด เพื่อสำหรับการตรวจสอบความผิดพลาด (error checking)
- ใช้ไฟตั้งแต่ 4.5 โวลท์ ถึง 18 โวลท์
- ภายในชิพ จะมีวงจรรีจิสเตอร์-ซี ออสซิลเลเตอร์ (RC OSCILLATOR)
- สัญญาณอินพุต-เอาต์พุต จะเป็นแบบอนุกรมมาตรฐาน



รูปที่ 3.4 บล็อกไดอะแกรมการเข้ารหัสของ MC145026

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรเข้ารหัสนี้สามารถทำการเข้ารหัสได้มาก โดยขึ้นอยู่กับขาอินพุตทั้ง 9 บิต ซึ่งเราจะกำหนดสถานะขาอินพุตของ A1/D1 - A9/D9 ให้ขาเหล่านี้เป็นไปได้อย่างทั้ง 3 สถานะ ซึ่งอาจเป็น 0, 1 หรือ OPEN สถานะหนึ่ง สถานะใดก็ได้ โดยที่รหัสที่สามารถทำการเข้ารหัสที่เป็นไปได้มีความแตกต่างกันสูงสุดถึง  $3 = 19,683$  รหัส สำหรับระดับในการส่งนั้น จะเริ่มต้นที่ 'ระดับต่ำ (low level)' ของขาอินพุต TE และ VDD ส่วนมากจะใช้เป็น 'POSITIVE SUPPLY' และ VSS ซึ่งส่วนมากจะใช้เป็น GROUND หรือ 'NEGATIVE SUPPLY' และวงจรเข้ารหัสนี้ยังมี  $R_s, R_{tc}, C_{tc}$  ซึ่งเป็นส่วนของ OSCILLATOR ของการเข้ารหัส ถ้าแหล่งจ่ายสัญญาณภายนอกใช้แทนออสซิลเลเตอร์ภายในมันจะต่อไปหา  $R_s, R_{tc}, C_{tc}$  และยกตัวมันเองออกจากระบบ (left open) ซึ่งจะเห็นได้ว่าวงจรออสซิลเลเตอร์นี้ทำงานที่ความถี่ซึ่งกำหนดโดยวงจร RC ภายนอก ดังรูปที่แสดงไว้



รูปที่ 3.5 วงจรออสซิลเลเตอร์ที่ใช้ในไอซีเข้ารหัส

วงจร RC ภายนอกสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$f = 1/(2.3 * R_{tc} * C_{tc}) \quad \text{Hz}$$

$$\text{FOR } 1 \text{ KHz} = f = 400 \text{ KHz}$$

$$\text{AT } C_{tc} = C_{tc} + C(\text{layout}) + 12\text{PF}$$

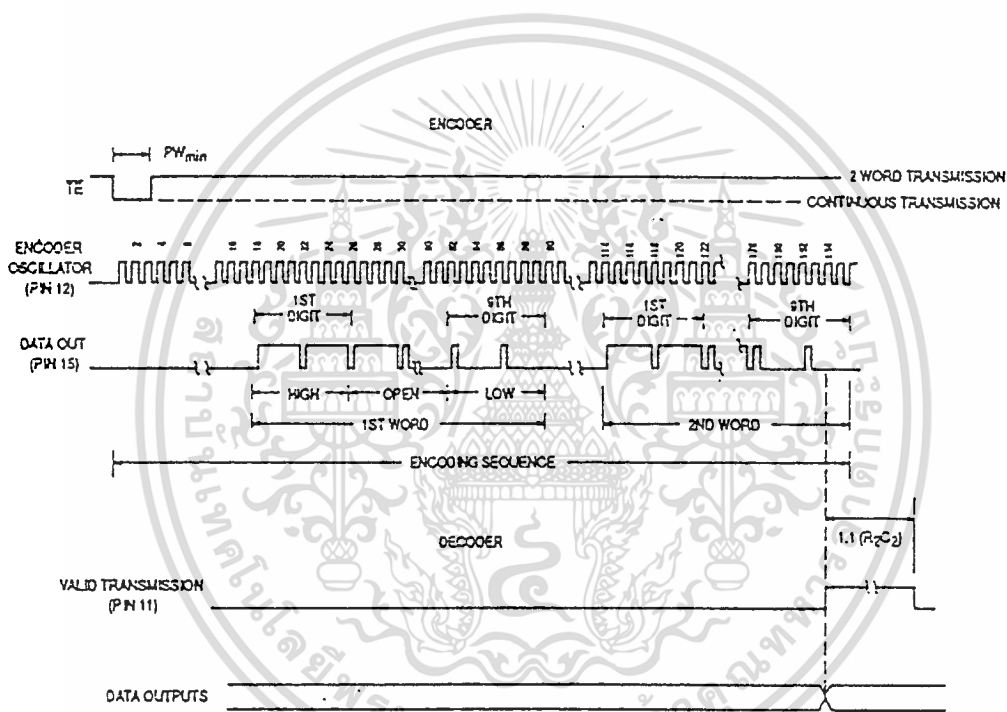
$$R_s = 2R_{tc}$$

$$R_s = 20 \text{ KOHMS}$$

$$R_{tc} = 10 \text{ KOHMS}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
400 PF  $C_{tc}$  15 uF  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นข้อมูลที่ออกทางขาที่ 15 ของไอซีเบอร์ MC145026 จะถูกส่งออกไปในลักษณะอนุกรมกันไปขนาด 9 บิต ซึ่งในแต่ละบิตของข้อมูลที่ส่งออกไปจะมีสถานะเป็น 0, 1 หรือ OPEN สถานะใดก็ได้ ซึ่งจะมีสัญญาณเป็น ลักษณะของพัลส์ที่ผ่านการเข้ารหัสเป็นแบบอนุกรมแล้วแสดงดังรูป

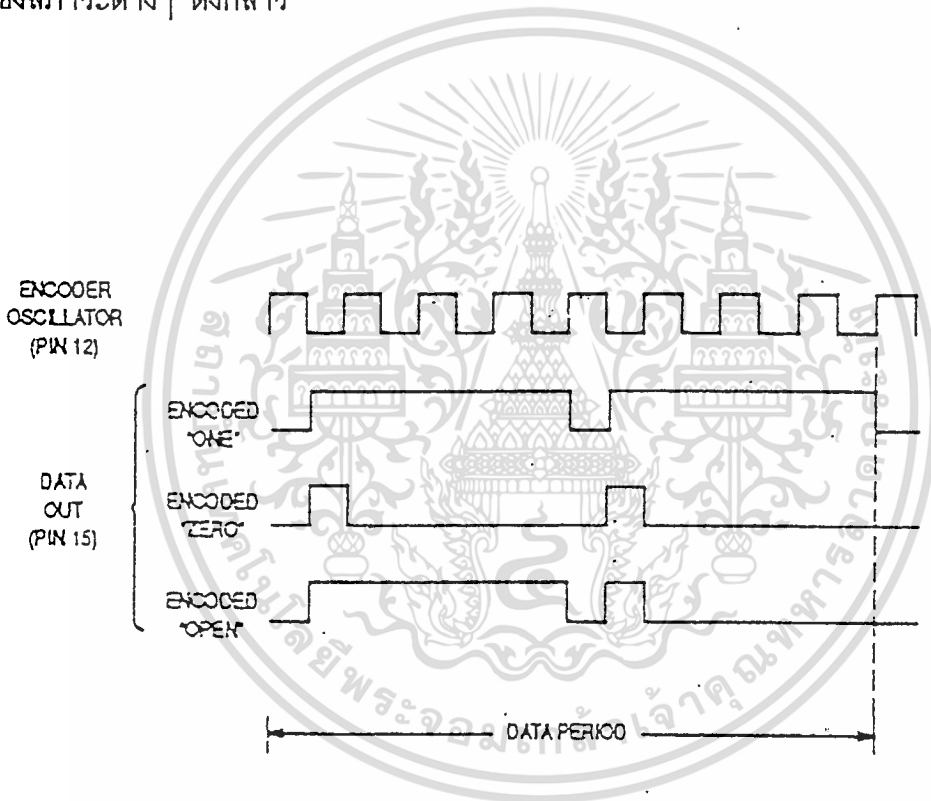


รูปที่ 3.6 สัญญาณไทม์มิ่งไดอะแกรมของ MC145026

สัญญาณข้อมูลต่างๆ จะเริ่มมีการส่งแบบอนุกรมต่อเนื่องกันไป ทันทีที่สวิทช์ TE ถูกกด (ที่ขา TE ได้รับสถานะการทำงานที่ระดับสัญญาณต่ำ) ซึ่งข้อมูลดังกล่าวที่ถูกส่งออกไปจะมีลักษณะเป็นชุดของข้อมูล (Word) โดยจะถูกส่งออกไปเป็นจำนวน 2 ชุดด้วยกัน ซึ่งถ้าหากทางภาครับสามารถรับข้อมูลทั้งสองนี้ได้เหมือนกัน แสดงว่าการส่งและการรับข้อมูล เป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปอย่างถูกต้องสมบูรณ์ที่สุด จะทำให้ภาครับทำการผลิตสัญญาณ VT (Valid Transmission) ออกมา

ในการส่งแต่ละครั้งข้อมูลบิตจะถูกเข้ารหัสแบบ 3 ข้อมูลพัลส์ โดยที่ลอจิก '0' จะมีลักษณะเป็นพัลส์สั้นๆ จำนวน 2 พัลส์ต่อเนื่องกันไป และ ลอจิก '1' จะมีลักษณะเป็นพัลส์ยาวๆ จำนวน 2 พัลส์ ต่อเนื่องกันไป ส่วน สำหรับสถานะ 'OPEN' จะมีลักษณะการเข้ารหัสเป็นแบบพัลส์ยาว 1 ครั้งแล้วตามด้วยพัลส์สั้นๆ อีก 1 ครั้ง ดังรูปที่ 3.7 แสดงการเข้ารหัสของสถานะต่างๆ ดังกล่าว

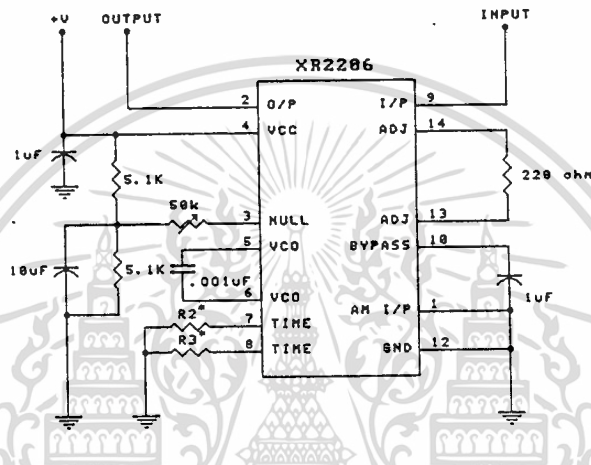


รูปที่ 3.7 ลักษณะการเข้ารหัสของบิตข้อมูล

### 1.3) FSK MODULATOR

สัญญาณควบคุมที่ผ่านวงจร INTERFACE มาแล้ว จะเป็นสัญญาณดิจิทัล คือมีค่าเพียงค่าลอจิก '0' และ '1' เท่านั้น แต่สัญญาณที่ต้องการใช้ในการผสมสัญญาณผ่านทางสายไฟฟ้าเอซี นั้นต้องเป็นสัญญาณความถี่ที่มีความแตกต่างกันอยู่ 2 ความถี่ ดังนั้นจะต้องทำการเปลี่ยนสัญญาณดิจิทัลให้เป็น ความถี่ก่อนโดยการนำสัญญาณดิจิทัลเข้ามาสูง ไม่ว่าจะวิธีใดทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จร เอฟ.เอส.เคมอดูเลเตอร์ เพื่อจะแปลงสัญญาณดิจิทัลให้เป็นรหัส FSK (FREQUENCY SHIFT KEYING) เพื่อความเหมาะสมที่จะผสมสัญญาณเข้าไปในสายไฟฟ้าเอซี ซึ่งมีสัญญาณรบกวนมา และเป็นสายธรรมดาๆ ที่มีแบนด์วิธแคบมาก ซึ่งหัวใจการทำงานภาคนี้อยู่ที่ไอเบอร์ XR-2206 โดยมีวงจรดังแสดงในรูป



รูปที่ 3.8 แสดงวงจร FSK MODULATOR

สูตรในการคำนวณค่า R และ C ของ XR-2206

$$f_1 = 1/(R_1 C)$$

และ  $f_2 = 1/(R_2 C)$

เมื่อ  $f_1$  คือ ความถี่เอชท์พุท เมื่ออินพุทเป็น '1' (MARK)

$f_2$  คือ ความถี่เอชท์พุท เมื่ออินพุทเป็น '0' (SPACE)

$R_1$  คือ ค่า R ที่ขา 7

$R_2$  คือ ค่า R ที่ขา 8

C คือ ค่า C ที่ต่ออยู่ระหว่างขา 5 และ 6

โดยกำหนดให้  $f_1 = 1200 \text{ Hz}$

$$f_2 = 2200 \text{ Hz}$$

$$C = 1 \text{ nF}$$

ดังนั้นจะได้  $R_1 = 833.33 \text{ Kohm}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

$$R_2 = 454.54 \text{ Kohm}$$

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 1.4) ส่วนของวงจร FM MODULATION

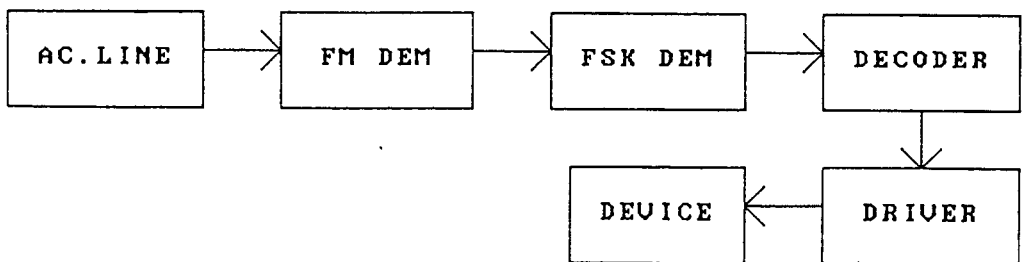
ในส่วนนี้จะรับสัญญาณ FSK ซึ่งกำหนดไว้ให้อยู่ในช่วงความถี่เสียง เข้ามาสู่ วงจร FM MODULATION ซึ่งมีแบนด์วิธกว้างตั้งแต่ 10Hz - 20KHz โดยจะรับสัญญาณอินพุตที่มีระดับสัญญาณประมาณ 0-5V p-p การปรับ อัตราขยายสามารถควบคุมได้โดย VR<sub>4</sub> เพื่อส่งให้ IC1 ซึ่งเป็นวงจรกำเนิดความถี่ควบคุมด้วยแรงดัน (VCO สามารถปรับความถี่เบี่ยงเบนได้สูงถึง 60 KHz โดยจะออกซิเลตคลื่นพาห้ที่ความถี่ประมาณ 280 KHz เป็นความถี่หลัก สัญญาณความถี่ที่ผ่านการ MODULATE แล้วนี้จะถูกขยายสัญญาณโดยทรานซิสเตอร์ Q<sub>2</sub> และ Q<sub>3</sub> ซึ่งเป็นตัวขยายสัญญาณภาคสุดท้าย วงจรคัปปลิ่ง L<sub>2</sub> และ L<sub>3</sub> จะปรับอิมพีแดนซ์ที่เอาต์พุตของ Q<sub>3</sub> ที่มีค่าประมาณ 45 OHM ให้มีอิมพีแดนซ์ประมาณ 10 OHM เพื่อให้แมตกับเฮซีไลน์

#### 2) ส่วนของภาครับ

ในส่วนของภาครับจะทำหน้าที่รับสัญญาณข้อมูลที่ส่งมาทางสายไฟฟ้าแล้วมาถอดรหัสสัญญาณก่อนที่จะส่งสัญญาณไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่อไป ซึ่งประกอบด้วย ส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

- ส่วนของวงจร FM DEMODULATION
- ส่วนของวงจร FSK DEMODULATION
- ส่วนของวงจร DECODER

สามารถแสดงส่วนต่างๆ ได้ดัง BLOCK DIAGRAM ดังรูป



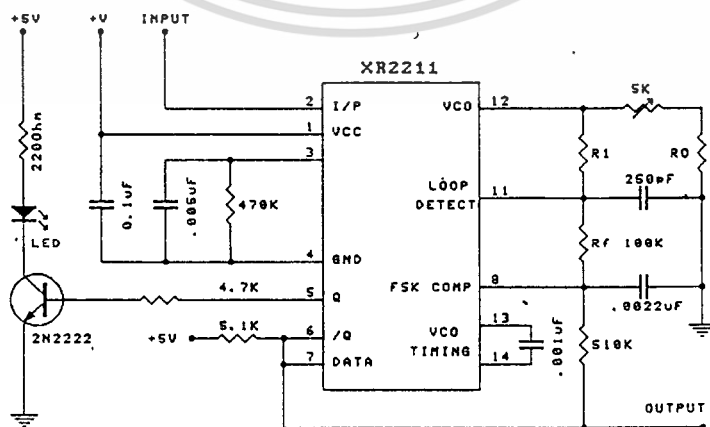
รูปที่ 3.9 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของภาครับสัญญาณ

## 2.1) FM DEMODULATION

ในส่วนนี้จะทำการรับสัญญาณข้อมูลที่มาด้วยสายไฟฟ้าที่ภาคส่งส่งมา โดยจะทำการจูนให้ความถี่พาหะที่ต้องการให้ผ่านได้เท่านั้น สำหรับวงจรจูนความถี่เป็นวงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์รูปตัวพาย ความถี่ที่ผ่านเข้าไปได้อยู่ในช่วงประมาณ 260 Khz - 300 KHz สัญญาณที่ผ่านวงจรจูนความถี่จะถูกขยายขนาดของสัญญาณให้แรงขึ้น แล้วจึงส่งผ่านเข้าสู่ วงจรถอดรหัสสัญญาณทางความถี่โดยอาศัยหลักการของเฟสล็อกคิรลูป สัญญาณที่ผ่านการ DEMODULATOR จะถูกส่งผ่านเข้าไปยังวงจรรองความถี่ต่ำผ่าน โดยจะบายพาสความถี่ 280 Khz ทิ้งไปอีกครั้งหนึ่งก่อนจะส่งสัญญาณผ่านเข้าสู่วงจร FSK DEMODULATOR ต่อไป

## 2.2) FSK DEMODULATOR

สัญญาณที่ออกมาจากภาค FM DEMODULATION นี้จะเป็นสัญญาณ FSK ที่มีลักษณะสัญญาณเหมือนกับสัญญาณที่ออกมาจากภาคส่ง ก่อนที่จะนำมาเข้าสู่วงจร FSK DEMODULATOR โดยใช้ไอซี XR-2211 เป็นหัวใจในการทำงาน สัญญาณ FSK ก็จะถูกเปลี่ยนกลับไปเป็นสัญญาณดิจิตอลอนุกรม ซึ่งก็คือข้อมูลที่ได้มาจากภาคเข้ารหัสนั่นเอง โดยจะนำสัญญาณดิจิตอลนี้ไปเข้าสู่วงจรถอดรหัส ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 แสดงวงจร FSK DEMODULATOR

## สูตรการคำนวณของ XR-2211

$$f_0 = (f_1 + f_2) / 2 \text{ Hz}$$

$$C_0 = 1 / (R_0 f_0) \text{ Hz}; (10K < R_0 < 100K)$$

$$C_f = 3 / (\text{Baud rate}) \text{ uF}$$

เมื่อ  $C_0$  คือ ค่า C ที่ต่อระหว่างขา 13 และ ขา 14

$R_0$  คือ ค่า R ที่ต่อกับขา 12 และลงกราวด์

$C_f$  คือ ค่า C ที่ต่อกับขา 8 และลงกราวด์

ดังนั้นสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$F_0 = (1200 + 2200) / 2 = 1700 \text{ Hz}$$

$$C_0 = 0.027 \text{ uF}$$

$$R_0 = 21786 \text{ ohm}$$

$$= 21.786 \text{ Kohm}$$

$$C_f = 3 / 1200$$

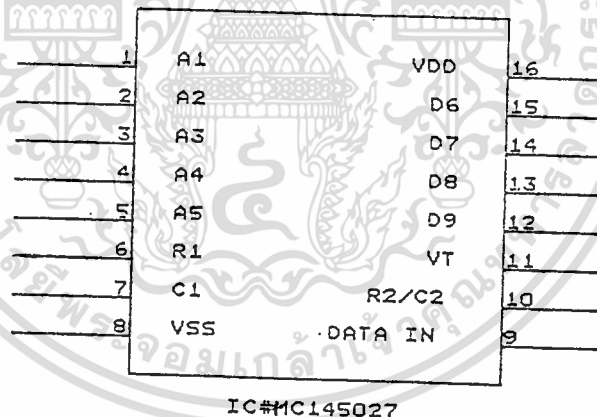
$$= 0.0025 \text{ uF}$$

สำหรับ  $R_0$  ใช้ค่า 18 Kohm ต่ออนุกรมกับ VR 5 Kohm

## 2.3 วงจรถอดรหัส (DECODER)

### หลักการทํางานของวงจรถอดรหัส

วงจรถอดรหัสนี้ จะทำหน้าที่รับสัญญาณควบคุม ที่ส่งมาจากวงจร FSK DEMODULATOR แล้วทำการถอดรหัสดูว่าตรงกับค่าแอดเดรสที่ตั้งไว้ หรือไม่ ถ้าตรงกันก็จะให้สัญญาณเอาต์พุตออกมาเพื่อนำไปควบคุมหลอดอีกทีหนึ่ง ในส่วนนี้จะมีไอซีเบอร์ MC145027 เป็นหัวใจสำคัญในการถอดรหัสสัญญาณ ซึ่งในรูปที่ 3.11 แสดงลักษณะขาของไอซีเบอร์ MC145027



รูปที่ 3.11 แสดงขาของไอซีเบอร์ MC145027

ขา A1 - A4

- ขาเหล่านี้เป็นแอดเดรสอินพุตที่เราได้ตั้งไว้ให้ตรงกับค่าแอดเดรสของตัวส่งเพื่อให้ได้เอาต์พุตออกมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา D6-D7

- ขาเหล่านี้เป็นข้อมูลอินพุท ซึ่งจะให้อาท์พุทก็ต่อเมื่อแอดเดรสตัวส่งและตัวรับตรงกัน

ขา R1,C1

- ขาทั้งสองนี้จะต่อกับความต้านทานและตัวเก็บประจุ เพื่อให้เป็นตัว กำหนดความแคบหรือกว้างของพัลส์ที่เป็นรหัส ค่าไทม์คอนสแตนต์ ( $R1 \cdot C1$ ) จะถูกตั้งไว้ 1.72 ของช่วงเวลาของสัญญาณนาฬิกาตัวส่ง (Transmit clock periode)

ขา R2,C2-

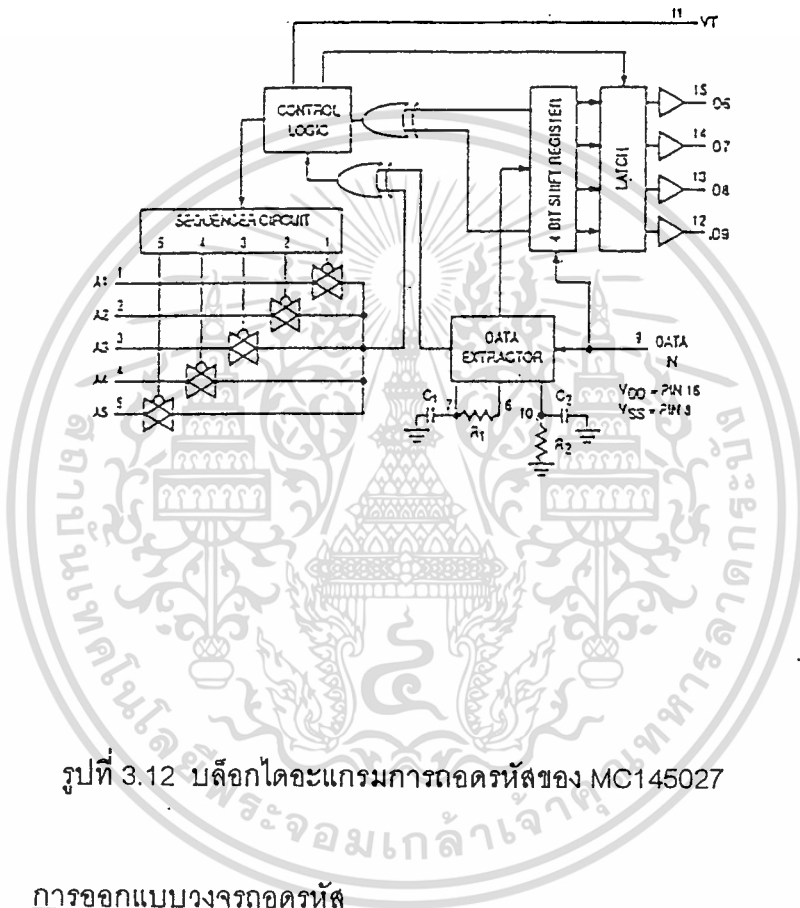
- ขานี้จะมีความต้านทานและคาปาซิเตอร์ต่อขานานขานี้กับขา VSS เป็นการแยกการส่งครั้งสุดท้ายกับครั้งใหม่ ซึ่งค่าไทม์คอนสแตนต์  $R2 \cdot C2$  จะเป็น 33.5 ของคาบเวลาการส่ง โดย  $R2 \cdot C2 = 77 R_{ic} \cdot C_{ic}$

ขา VALID TRANSMISSION (VT)

- เป็นขาเอาท์พุท จะเป็นระดับสูงเมื่อ
  1. การส่งแอดเดรสตรงกับแอดเดรสของตัวรับ
  2. การส่งชุดข้อมูลแรกและสอดคล้องเหมือนกัน
 \* ขา VT จะเป็นลอจิก 'สูง' จนกระทั่งการรับไม่ตรงตามเงื่อนไข หรือไม่มีสัญญาณ เข้ามาเป็นเวลา 4 ข้อมูลบิต

ขา VDD - เป็นขาแหล่งจ่ายไฟบวก

ขา VSS - เป็นขาแหล่งจ่ายไฟลบ



รูปที่ 3.12 บล็อกไดอะแกรมการถอดรหัสของ MC145027

### การออกแบบวงจรถอดรหัส

เราสามารถออกแบบวงจรถอดรหัสได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.13 โดยการคำนวณ

หาค่าของ  $R_1, C_1, R_2, C_2$  จากสูตร

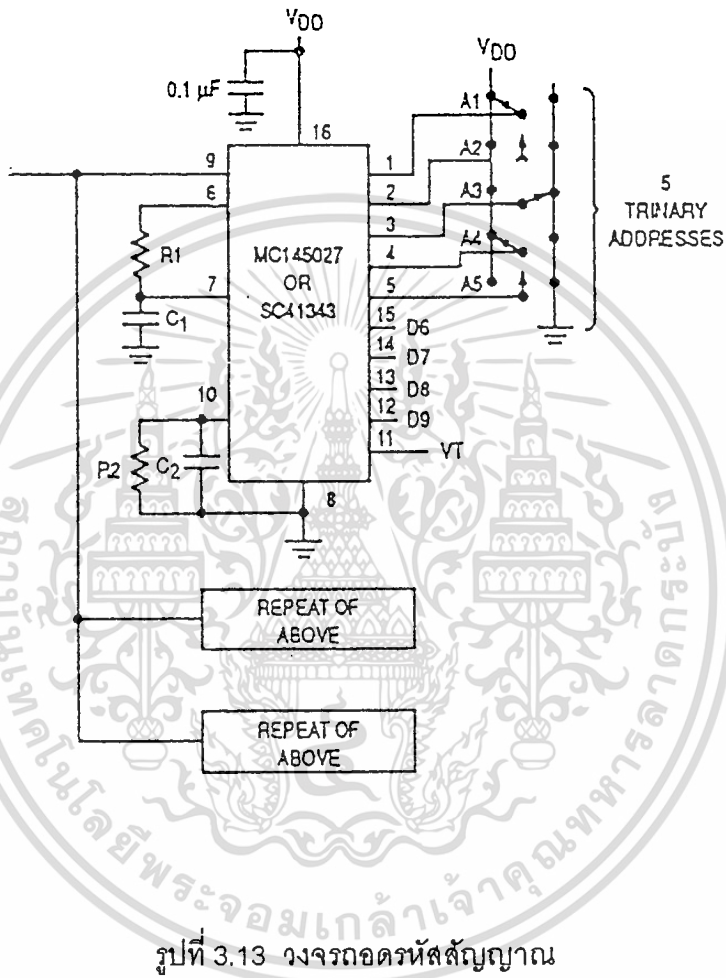
$$f(\text{osc}) = 1/(2.3 R_{1c} \cdot C_{1c})$$

$$R_1 C_1 = 3.95 R_{1c} \cdot C_{1c}$$

$$R_2 C_2 = 77 R_{1c} \cdot C_{1c}$$

เมื่อ  $R_{1c}$  และ  $C_{1c}$  คือค่าของตัวต้านทานและตัวเก็บประจุในวงจรออสซิลเล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 เดอร์  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ซึ่งค่า  $R_{ic}$  จะต้องมากกว่าหรือเท่ากับ 10 KOHMS

$$100 \text{ PF} = C_{ic} = 15 \text{ uF}$$

$$R_1 = 10 \text{ KOHMS}$$

$$C_1 = 400 \text{ PF}$$

$$R_2 = 100 \text{ KOHMS}$$

$$C_2 = 700 \text{ PF}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราใช้ความถี่ของสัญญาณ = 616 Hz และใช้  $C_{TC} = .047 \mu F$

$$\text{ดังนั้น } R_{TC} = 1 / (616 * 2.3 * .047 * 10)$$

$$= 15 \text{ KOHMS}$$

จาก  $R_1 C_1 = 3.95 R_{TC} \cdot C_{TC}$  ให้  $C_1 = 0.12 \mu F$

$$\text{ดังนั้น } R_1 = (3.95 * 15 * 10 * 0.047 * 10) / (0.12 * 10)$$

$$= 23.2 \text{ OHMS ใช้ } 24 \text{ OHMS}$$

จาก  $R_2 C_2 = 77 R_{TC} \cdot C_{TC}$  ให้  $C_2 = 0.12 \mu F$

$$\text{ดังนั้น } R_2 = (77 * 15 * 10 * 0.047 * 10) / (0.12 * 10)$$

$$= 452.4 \text{ OHMS ใช้ } 470 \text{ OHMS}$$

### 3.4 ส่วนของอินฟราเรด รีโมทคอนโทรล

ทรานซิสเตอร์ SL490B

ไอซี SL490B ผลิตขึ้นโดยบริษัท Plessey Semiconductors ซึ่งได้ทำการพัฒนาให้ไอซีเบอร์นี้สามารถใช้งานเป็น Remote Control Transmitter หรือเป็นตัวควบคุมการทำงานในภาคส่งของชุดรีโมทคอนโทรลชุดนี้ได้โดยสามารถใช้งานได้กว้างขวางมาก

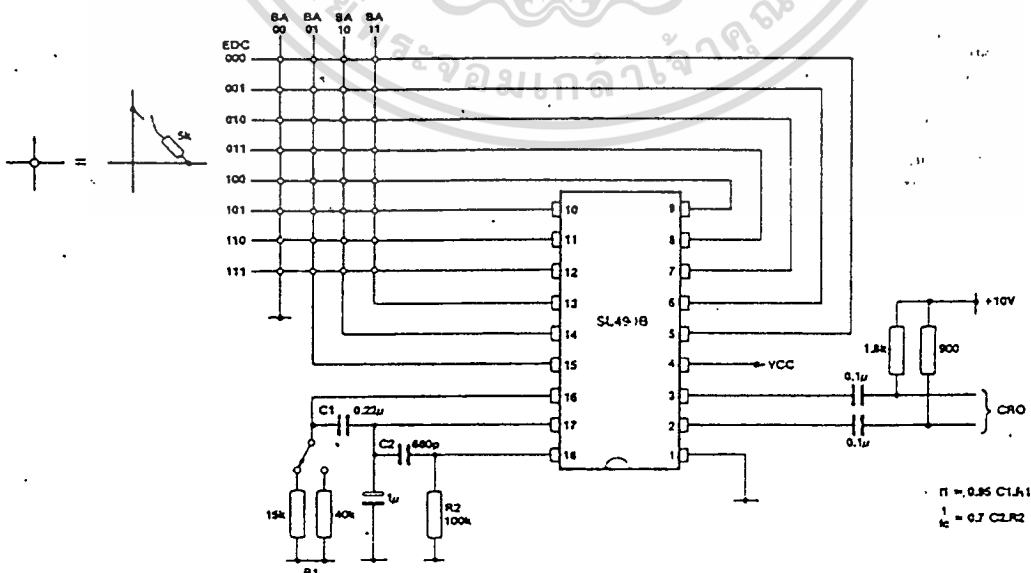
ภายในตัวไอซีใช้ระบบการผลิตสัญญาณส่งแบบ Pulse position modulation (PPM) ซึ่งสัญญาณที่ผลิตได้นี้ จะเป็นสัญญาณที่ไม่มีสัญญาณพาหะปนออกมา และก็มีระบบการตรวจจับค่าผิดพลาด (error) แบบอัตโนมัติอยู่รวมกันด้วย ให้ไอซีตัวนี้มีความสะดวกในการใช้งานมากตัวหนึ่ง ซึ่งถึงแม้ว่าจุดประสงค์แรก ไอซีเบอร์นี้จะถูกออกแบบมาให้ใช้ในการควบคุมการเปลี่ยนช่องและทำหน้าที่อื่นๆ ในการปรับแต่ง ทวี ก็ตาม แต่ก็สามารถนำไอซีเบอร์นี้ไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมการเล่นเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ ได้อีกมากมาย อาทิ เช่น ใช้กับวิทยุ, จูนเนอร์ (Tuner), เทปและเครื่องบันทึก เทป (tape and record decks), หลอดไฟ, ของเล่นไฟฟ้าต่างๆ ระบบการควบคุมในอุตสาหกรรมและส่วนแสดงผลอื่น ๆ อีกมากมาย

ไอซี SL490B นี้ สามารถต่อขยายเอาต์พุตได้ถึง 32 แชนแนล โดยจะมีระบบ Pulse Position modulation ทำการสำรองกระแสที่จะใช้งานไว้อย่างเพียงพอแล้ว ปกติแล้วไอซีเบอร์นี้จะใช้งานคู่กับไอซีที่ใช้ในการถอดรหัสตัวมันเอง เบอร์ ML920 ซึ่งจะอยู่ในภาครับของรีโมทคอนโทรลชุดนี้ โดยไอซี LM920 นี้จะเป็นตัวถอดรหัสไปควบคุมเอาต์พุตทั้ง 32 แชนแนล โดยตรง

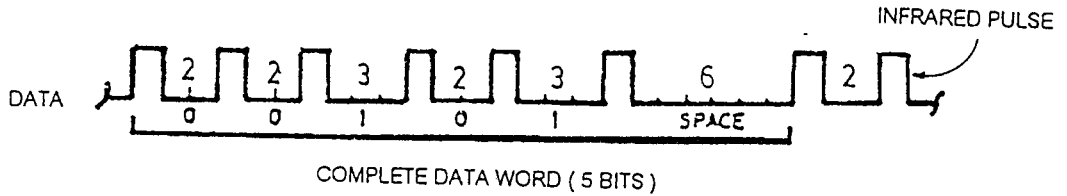
### หลักการทำงานและการต่อใช้งานของไอซี SL490B

จากที่ได้กล่าวในหัวข้อที่แล้วว่า ไอซี SL490 B นี้จะสามารถทำหน้าที่ส่งสัญญาณออกทางเอาต์พุตเพื่อไปควบคุมที่ภาครับได้ถึง 32 แชนแนลด้วยกัน ที่ไอซีเบอร์นี้สามารถควบคุมเอาต์พุตได้มากมายเช่นนี้ก็เพราะว่าในการ ผลิตสัญญาณควบคุมส่งออกนั้น ได้ใช้การเข้ารหัสของข้อมูลขนาด 5 บิต ด้วยกัน ซึ่งในการเข้ารหัสทางอินพุตของไอซีเบอร์นี้ จะใช้การวางรูปแบบของระบบ การเข้ารหัสเป็นแบบ Key แมตตริกซ์ ขนาด  $8 \times 4$  สาย โดยกลุ่มของสวิตช์ ด้านอินพุตนี้ จะมีการส่งข่าวสารในรูปแบบของรหัสเลขฐานสองขนาด 5 บิต ใน ขบวนการแบบ PPM (Pulse Position Modulation)

ในรูปที่ 3.14 แสดงวิธีการต่อสวิตช์ทั้ง 32 แบบ เข้าสู่ตัวไอซีเบอร์ SL490B นี้ตำแหน่งสวิตช์แต่ละอันตรงกับรหัสเลขฐานสองขนาด 5 บิต (EDCBA) โดย A เป็นหลักขาสุด ภาคส่งนี้จะส่งพัลส์ไปทั้งหมด 6 ลูก โดยมีการปรับค่าเวลาของแต่ละลูกให้เหมาะสมกับรหัสลอจิก 0 หรือ 1 ที่จะส่งไปทั้งหมด 5 บิตด้วยกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้รูปที่ 3.14 แสดงวิธีการต่อสวิตช์ทั้ง 32 แบบ ญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

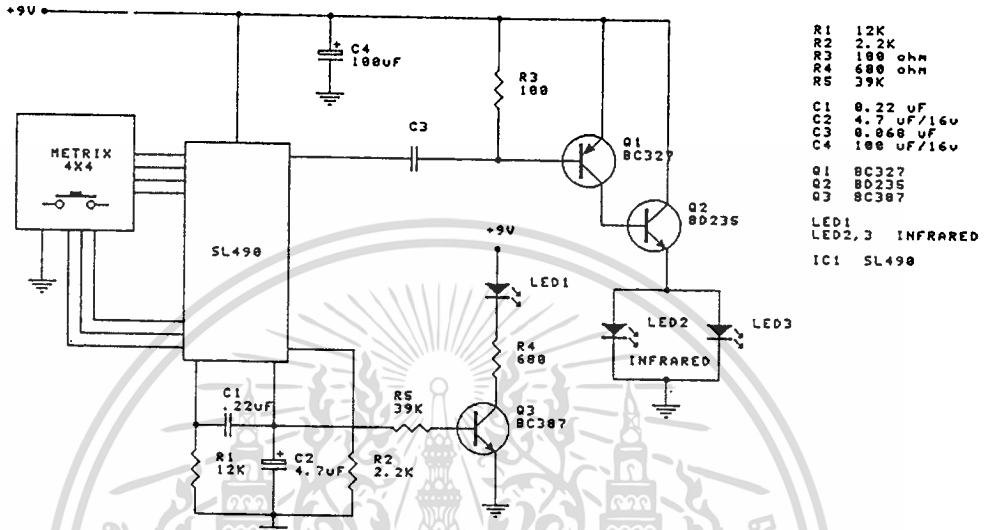


รูปที่ 3.15 แสดงข้อมูลพัลส์ 5 บิตที่ส่งไป

เราจะใช้ขาที่ 5-15 ต่อร่วมกันเป็นแมตริกซ์สวิตช์ ที่จะใช้ในการเข้ารหัสฐานสองขนาด 5 บิตป้อนเข้าตัวไอซี เพื่อนำไปทำขบวนการ PPM ภายในตัวไอซีเองออกมาเป็นรหัสตามสวิตช์ที่กดสั่งงาน

ในรูปที่ 3.15 แสดงข้อมูลพัลส์ 5 บิตที่ส่งไปโดยมีอัตราส่วนความกว้างพัลส์เป็น 2:3 หากเกิดลอจิก 1 หรือ 0 ขึ้นตามลำดับ ข้อมูล 5 บิตในแต่ละชุดที่ส่งไปจะแยกจากกันด้วยช่วงเวลา 1.6 (space) ภาคส่งจะส่งรหัส 5 บิตไปทุกครั้งที่เกิดสวิตช์ อาจใช้งานเครื่องส่งนี้ด้วยระบบเสียงอุลตราไวโอเลตก็ได้

ในรูปที่ 3.16 แสดงวงจรของภาคส่งระบบอินฟราเรด (Infrared transmitter) ซึ่งจะให้อาท์พุทเป็นสัญญาณแบบ PPM ออกที่ขา 2 ของไอซี SL490B โดยสัญญาณนี้จะถูกป้อนเข้าขาเบสของ TR1 ซึ่งเป็นแบบ PNP ให้ทำการขยายกระแสสัญญาณพัลส์ให้มีความกว้างของสัญญาณขนาด 15 sec ซึ่งพัลส์ที่ได้นี้ก็จะถูกขยายอีกต่อหนึ่ง โดย TR2 เพื่อใช้ในการขับไดโอดส่งแสงอินฟราเรด D1 และ D2 ให้ส่งแสงอินฟราเรดตามจังหวะของพัลส์ออกไปสู่ภาครับต่อไป



รูปที่ 3.16 แสดงวงจรของภาคส่งระบบอินฟราเรด

จะเห็นว่า การจัดให้วงจรทำการขยายสัญญาณในลักษณะนี้ จะทำให้ได้เกณฑ์ในการขยายสูงหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ วงจรขยายลักษณะนี้เป็นการต่อแบบดารลิงตันนั่นเอง ซึ่งการทำเช่นนี้จะทำให้ ระบบภาคส่งของรีโมทคอนโทรลชุดนี้สามารถที่จะส่งสัญญาณควบคุมไปถึงตัวรับได้ไกลมากขึ้น ประมาณว่าจะอยู่ในช่วง 10-15 เมตรได้ ซึ่งนับว่าเป็นระยะทางที่ไกลเพียงพอแล้ว

จริงๆ แล้วหากเราจะใช้ไดโอดอินฟราเรดแบบมี 2 ตัวในชิปเดียวกันก็ได้ แต่เนื่องจากไดโอดแบบนี้มีราคาแพงกว่า และจะทำให้ต้นทุนในการทำรีโมทคอนโทรลชุดนี้สูงขึ้นมากจึงไม่เลือกใช้ แต่หากจะต่อก็ทำได้โดยการต่อแทนไดโอดตัวเก่าในลักษณะอนุกรมแบบเดิมเลยได้

การปรับปรุงสัญญาณที่ได้ทางเอาต์พุต (ที่ไดโอดอินฟราเรด) ทำได้โดยการ  
ใช้ไดโอดอินฟราเรดเบอร์ CQY99 จำนวน 4 ตัว จัดการต่อ เป็นแบบขนานกัน 2 ชุด ๆ ละ 2 ตัว  
แล้วนำมาต่ออนุกรมกันก็จะได้ชุดไดรฟ์แสงอินฟราเรดที่แรงขึ้นกว่าเดิม แต่อาจจะใช้ไดโอดแบบ  
2 มัลติชิพ (2 Multichip diodes) เบอร์ CQX47 ต่อขนานกันหรือใช้เบอร์ CQX19 เพียงตัวเดียว  
ก็ได้ ซึ่งก็จะให้ผลในลักษณะที่คล้ายกัน

การเพิ่มประสิทธิภาพในย่านของแสงอินฟราเรด ให้มีความแน่นอนขึ้นในการ  
ส่งสัญญาณของภาคส่งนี้ทำได้ โดยใช้แผ่นพลาสติกที่สามารถกรองแสงได้มาครอบบังตัวไดโอด  
อินฟราเรดที่ใช้ในการส่งสัญญาณให้มีมิติ จะทำให้สามารถลดการรบกวนของแสงจากภายนอก  
ออกได้มาก

นอกจากนั้นารสร้างชุดส่งนี้ ควรจะมีความพิถีพิถันในการเลือกใช้คาปาซิเตอร์  
C4 ให้มากโดยเลือกชนิดที่มีคุณภาพดีหน่อย โดยเฉพาะหากตัวส่งไดโอดอินฟราเรด แบบ  
Multichip diodes ถูกนำมาใช้กับวงจรภาคส่งนี้ กระแสสัญญาณพัลส์ที่ส่งให้ตัวมันอาจจะมีค่า  
สูงถึง 6 - 8 แอมแปร์ได้

ทรานซิสเตอร์ที่จะเลือกใช้กับวงจรนี้ ก็มีความสำคัญเช่นกันโดยจะต้องเลือก  
ใช้ให้เหมาะสม ซึ่งก็ควรจะมีคุณลักษณะมีเกนที่สามารถไดรฟ์กระแสได้สูง และสวิตช์ความ  
เร็วได้ความถี่ที่มีค่าตามสเปคของไอซี-SL490B ด้วย นั่นคือ ประมาณ 40 KHz การเพิ่มกำลัง  
(Power) ทางเอาต์พุต ก็สามารถทำได้โดยการต่อ TR2 ให้อยู่ในลักษณะแบบ คอมมอนอีมิต  
เตอร์ (Common emitter configuration) แต่ควรระวังในเรื่องของไดโอดตัวส่งแบบอินฟราเรดที่  
ให้อยู่ว่าจะสามารถรับกำลังที่เพิ่มขึ้นนี้ได้หรือไม่ หากเราต่อวงจรขับกระแสพัลส์ให้ไดโอดอิน  
ฟราเรดนี้มากเกินไปแล้ว อาจจะทำให้เกิดความเสียหายกับชุดส่งนี้ได้

### การเลือกความถี่ของระบบ PPM

ถึงแม้ว่า ไอซี ML920 นี้ จะถูกนำไปใช้ในภาครับสัญญาณของชุดรีโมทคอน  
โทรลที่ถูกออกแบบขึ้นมาเพื่อให้ทำงานได้เหนียวของควมถี่แบบ PPM นี้ก็ตาม แต่ในความ  
จริงแล้ว ในย่านความถี่ดังกล่าวอาจจะถูกจำกัดได้โดยลักษณะของการนำไอซีนี้ไปประยุกต์ใช้  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานก็ได้ เอาท์พุทของไอซีนี้จะเป็นแบบ Step up หรือ Step down ก็ได้ โดยลักษณะสัญญาณ ใน Step หนึ่ง ๆ นั้นจะใช้แทนสำหรับสัญญาณแบบ PPM แต่ละคู่ที่รับได้ซึ่งในลักษณะนี้เอง ที่เป็นตัวเปลี่ยนอัตราการเพิ่มหรือลดของโวลุ่ม (Volume) หรือใช้ควบคุมสีของภายใน TV

เมื่อภาคส่งได้ใช้ LED แบบอินฟราเรดเป็นสื่อในการส่งสัญญาณแบบนี้แล้ว กระแสสัญญาณพัลส์ที่ป้อนให้กับไดโอดแบบนี้ก็ควรจะมีค่าสูงพอด้วย กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียไป จะเพิ่มขึ้นตามค่าของความถี่ ดังนั้น จึงควรใช้แบตเตอรี่ที่สามารถจ่าย power ได้เพียงพอ กับความต้องการของระบบ

อัตราของความถี่แบบ PPM ที่ช้าที่สุด ควรจะมีค่าตรงกับผลตอบสนองทางด้านเวลาที่เลือกไว้แล้วด้วย

#### การตั้งค่าความถี่และคาบเวลาของสัญญาณฐานเวลา

ในเมื่อการออกแบบระบบปริโมทคอนโทรลนี้ได้ใช้ไอซี SL490B ร่วมกับไอซี ML920 แล้ว ดังนั้นย่านความถี่ของวงจรในภาครับสัญญาณจึงมีความสำคัญมากทีเดียว ซึ่งจะต้องมีความสัมพันธ์กันเป็นอย่างดีกับภาคส่งสัญญาณ มิฉะนั้นแล้วก็จะทำให้การรับ - ส่ง แลกเปลี่ยนสัญญาณซึ่งกันและกันระหว่างภาครับกับภาคส่งเป็นอันต้องมีการผิดพลาดไป

การตั้งค่าเวลาของคาบความถี่ในที่นี้ ก็สามารถทำได้ โดยการเลือกใช้ค่าความต้านทานและคาปาซิเตอร์ที่เหมาะสม ค่าคาปาซิเตอร์ C1 ควรจะเลือกให้ได้ตามค่าของเวลา T1 ซึ่งค่าเวลา T1 นี้เราสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$T1 = 1.4 * C * R$$

$$\text{โดยให้ค่า } R = 33 \text{ k}$$

ค่า R นี้ควรจะใช้ความต้านทานแบบปรับค่าได้มาต่ออนุกรมรวมเข้าไปกับส่วนขดเคเบิลในการปรับค่านี เพื่อที่จะได้ตั้งค่าความถี่และคาบเวลาให้ส่วนออสซิลเลเตอร์ภายในตัวไอซีมีค่าเวลาและความถี่ตามที่เรากำลังต้องการได้

อุปกรณ์ที่จะใช้ในการต่อเพื่อตั้งค่าเวลา และ ความถี่ ของภาครับสัญญาณนั้นสามารถที่จะเลือกใช้ได้จากสูตร ดังนี้ :

$$f_{rx} = 1 / 0.15 CR + 20\% \text{ หรือ } f_{rx} = 40 / t_0$$

ถ้าเราใช้โพเทนชิโอมิเตอร์ปรับค่าได้ต่อ อนุกรมกับความต้านทานค่าหนึ่งเราก็ควรจะให้ค่าความต้านทานที่อยู่ในสูตรข้างบนนี้มีค่าประมาณ 84 K ซึ่งค่านี้จะทำให้ได้ย่านในการปรับค่าความถี่ได้สูงสุด

ต่อมาเป็นการปรับครั้งสุดท้าย โดยการตั้งค่าคาบเวลาคงที่ของวงจรส่วนออสซิลเลเตอร์ของภาครับเพื่อที่จะให้สัญญาณฐานเวลาของวงจรมีค่าคาบเวลาเป็น 1/40 ของสัญญาณ PPM ที่รับได้จากภาคส่งโดยปรับได้ที่โพเทนชิโอมิเตอร์ ที่ได้ต่อไว้ในวงจรแล้ว ในการต่อขา Time 8 ได้

#### ทฤษฎี ไอซี SL486 Infrared Remote Control Preamplifier

ไอซีเบอร์นี้ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ทำหน้าที่เป็น Preamplifier ซึ่งมีเกณฑ์ในการขยายสูงมากโดยจะถูกใช้เป็นตัว Interface ระหว่างตัวไดโอดอินฟราเรดที่ใช้รับแสงและอินพุทของวงจรทางภาครับสัญญาณ

ภายในตัวไอซีจะประกอบไปด้วยวงจร 2 ส่วนคือ

ส่วนที่ 1 : เป็นวงจรส่วนที่จัดในรูปแบบ Stretch เอาท์พุท pulse กล่าวคือ เอาท์พุทที่ได้จากวงจรนี้จะให้พัลส์ออกมาได้อย่างต่อเนื่องกันตลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 2 : เป็นวงจรควบคุมระดับแรงดัน ซึ่งสามารถทำงานได้ในย่านของแรงแดันที่กว้าง

### ลักษณะเด่นของไอซีเบอร์ SL486

- (1) สามารถปรับเกณฑ์ในการขยายได้อย่างรวดเร็ว โดยอัตโนมัติ (AGC : Automatic Gain Control) เมื่อมันทำงานในสภาวะแวดล้อมที่มีการรบกวนมาก ๆ
- (2) มีการลดทอนการรบกวนทางด้านอินพุทให้มีลักษณะแตกต่างน้อยลง ได้ด้วยตัวเอง และควบคุมเสถียรภาพได้ดี
- (3) มีวงจรใจเรเตอร์ไว้คอยควบคุมระดับกระแสที่ได้จากตัวรับ ไดโอดอินฟราเรด ในขณะที่มันทำงานอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่มีแสงรอบข้างสูง
- (4) พัลส์ที่ได้ทางเอาต์พุทที่มีลักษณะต่อเนื่องกันนั้นจะนำไปใช้กับการดีโค๊ดเตอร์ด้วยระบบไมโครโปรเซสเซอร์ได้
- (5) สามารถทำงานกับแหล่งจ่ายไฟได้ในย่านที่กว้าง
- (6) ใช้ในการอินเทอร์เฟสกับไอซีที่ใช้เป็นภาครับสัญญาณในระบบรีโมทคอนโทรล (Remote Control Receivers) ในตระกูล Plessey เบอร์ MV601 เบอร์ ML920 ได้โดยตรง
- (7) สัญญาณทางเอาต์พุทที่ได้จะมีสัญญาณรบกวนต่ำมาก ๆ หรือ อาจไม่มีเลยก็ได้

### อินพุทแบบ Stretch และ เอาต์พุทแบบ Stretch

ระบบการส่งสัญญาณอินฟราเรดแบบ PPM นี้จะให้พัลส์ที่แคบมาก ประมาณได้ว่าอยู่ราว ๆ 15 sec ดังนั้น เมื่อจะใช้ระบบไมโครโพรเซสเซอร์เป็นตัวดีโค๊ดเตอร์ก็จำเป็นจะต้องให้พัลส์นี้มีพัลส์ที่กว้างขึ้น

ความกว้างของพัลส์ จะถูกกำหนดโดยค่าของ คาปาซิเตอร์ ที่ต่อคัปปลิ่งอยู่

ระหว่างขา 9 และขา 10 ของตัวไอซี (ดังรูปที่ 2-4) และสามารถหาได้จากสูตรดังนี้ : โยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

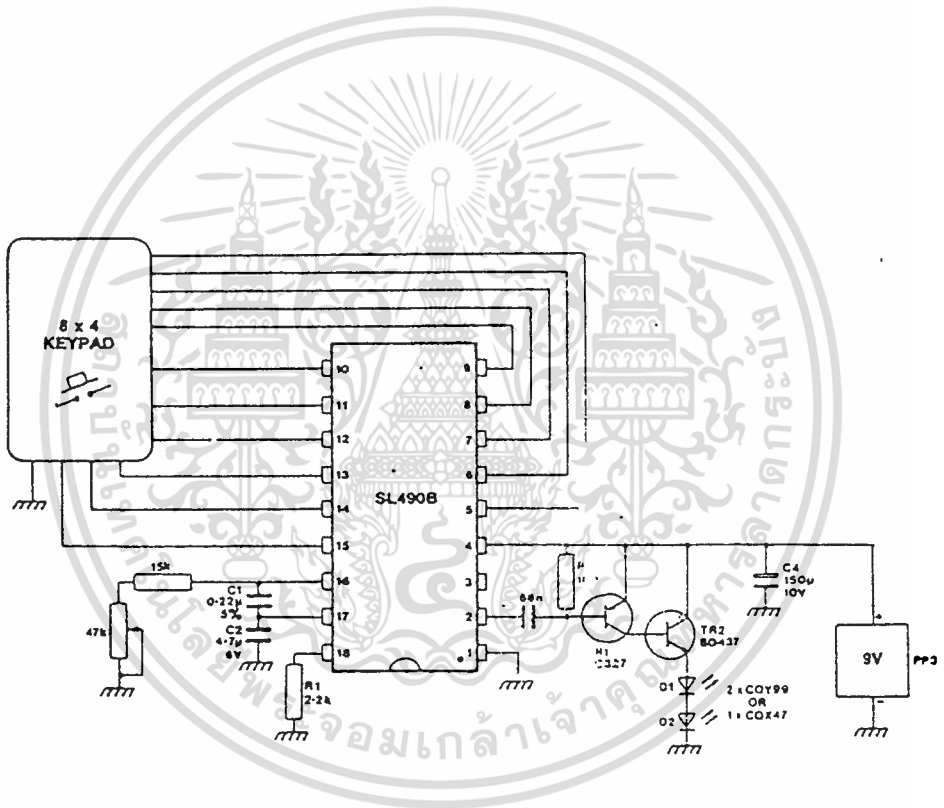
$$T_D = -R_x \cdot C_8 \ln(1.5V_{4-13} - V_{13})$$

เมื่อ  $T_D$  = ความกว้างพัลส์ (ms)

$$R_x = 800K$$

$$C_8 = \text{คาปาซิเตอร์คัปปลิ่ง}$$

และ (V4 - V13) = ความต่างศักย์ระหว่างโวลต์เดจ Vcc และกราวด์ (ขา 13 และขา 14 ของตัวไอซี)



รูปที่ 3.17 แสดงวงจรของไอซี SL486 แบบเต็มประสิทธิภาพ

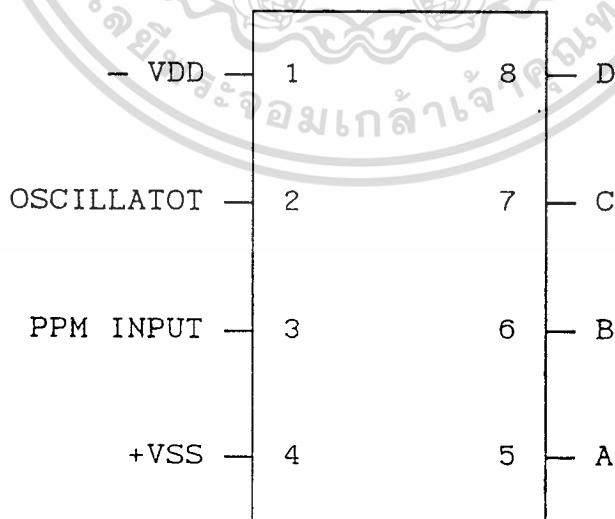
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ไอซี ML926 (REMOTE CONTROL RECEIVERS)

ไอซี ML926 นี้ เป็น MOS LS1 อยู่ในรูปของวงจรมอนอลิธิค (Monolithic circuit) ใช้เป็นตัวรับสัญญาณควบคุมระยะไกล สำหรับการควบคุมทีวีและการใช้งานควบคุมในด้านอื่น ๆ อุปกรณ์แต่ละตัวนั้นจะทำการ รับรหัส 16 รหัสจากทั้งหมด 32 รหัส ที่ถูกส่งมาโดย วงจรของไอซี SL490B ซึ่งเป็นแบบ Pulse position modulation (PPM)

### ลักษณะสำคัญ

1. ขนาดของแพ็คเกจเล็ก มีขาต่อใช้งาน 8 ขา
2. เอาต์พุตทั้ง 4 ขาแสดงรหัสที่กำลังรับอยู่ในรูปของเลขฐานสองและมีสภาพเหมือนการปิดสวิทช์ (low) เมื่อตรวจตรวจพบรหัสที่ไม่ถูกต้อง
3. มีออสซิลเลเตอร์บนชิพในตัว
4. กำลังสูงและมี Buffer ที่เอาต์พุต



ML 926

## การทำงาน

ตัวรับทำงานที่สัดส่วนของเวลาที่คงที่ โดยวงจรออสซิลเลเตอร์ที่อยู่ภายในและ ส่วนประกอบของวงจรทางด้านเวลาที่อยู่ภายนอก ออสซิลเลเตอร์สามารถปรับได้ ระหว่าง 15Hz ถึง 150 KHz

การตรวจสอบเป็นการกระทำที่แน่ใจว่าพัลส์ทั้ง 6 หรือ 5 บิตที่รับมานั้นถูกต้อง ไอซี ML926 จะตอบสนองที่รหัส 00001 ถึง 01111 จาก ไอซีภาคส่ง SL490 เช่นเดียวกับ ML927 ซึ่งจะตอบสนองต่อรหัส 10001 ถึง 11111

## หลักการทำงานและเทคนิคการสร้าง

โดยที่ในการทำงานของรีโมทคอนโทรลในแต่ละช่อง จะใช้ความถี่ในการควบคุมแตกต่างกันออกไป ในเครื่องส่งจะมีคริสตัล 15 ตัว เพื่อ เลือกความถี่ 15 ความถี่ให้กับวงจรผลิตความถี่ที่อยู่ภายในตัวไอซี SL490B ก่อนส่งให้ภาคเอาต์พุตเพื่อไปขับ LED อินฟราเรด เพื่อส่งความถี่ออกไป

ในเครื่องรับจะใช้โฟโตไดโอด เป็นตัวรับสัญญาณจากเครื่องส่ง จากนั้นก็จะได้รับการขยายสัญญาณให้แรงขึ้นด้วยปรีแอมป์ (โดยไอซี SL486) แล้วส่งให้ภาคถอดรหัสสัญญาณ (ไอซี ML920) เพื่อทำการถอดรหัสสัญญาณออกมาเป็นรหัสไบนารีให้ตรงกับหมายเลขช่องที่ทางภาคส่งส่งสัญญาณต่อจากนั้นก็จะนำรหัสไบนารีดังกล่าวนี้ ไปป้อนเป็นอินพุตให้กับบอร์ด ไมโครโปรเซสเซอร์ Z80180 เพื่อเพิ่มความสามารถ และให้ความยืดหยุ่นในการทำงานของรีโมทคอนโทรลชุดนี้มีมากขึ้น เช่น สามารถหน่วงเวลาก่อนออกเอาต์พุตได้ เพิ่มหรือลดค่าที่ออกทางเอาต์พุตได้ เป็นต้น เอาต์พุตที่ได้จากบอร์ด Z80180 นี้ก็จะไปส่งงานให้กับรีเลย์ทำงานได้ พร้อมกันนั้น ก็จะขับ LED แสดงให้สว่างด้วย ในขณะที่รับความถี่เข้ามา

### การทำงานของภาคส่ง

การทำงานของภาคส่ง ซึ่งมีคีย์สวิตช์แบบแมตริกซ์ขนาด 4x4 ขั้ว เพื่อใช้ในการเข้ารหัสเลือกของสัญญาณที่จะผลิตความถี่ เพื่อส่งไปให้ตรงช่องที่ภาครับโดยที่จะใช้ขา 5, 6, 7 และ 8 ของตัวไอซีเป็นแถว ROW และใช้ขา 1, 13, 14 และ 15 ในการเข้ารหัสเป็นแถว COLUMN เมื่อกดสวิตช์ตัวใดตัวหนึ่งก็จะเป็นการทำให้เกิดการเข้ารหัสขึ้นภายในตัวไอซี ซึ่งจะมีภาคเอ็นโค้ดเดอร์อยู่ภายใน และจากรหัสที่ได้จากภาคเอ็นโค้ดเดอร์นี้ ก็จะถูกนำไปทำขบวนการผลิตออกมา นี้ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปตามช่องของสวิตช์ที่กดแต่ละช่อง โดยมีความต้านทานค่า 12k, 22k และคาปาซิเตอร์ค่า 0.22uF, 4.7 uF ต่อร่วมกันเป็นวงจร Time Constant กำหนดเป็นค่าฐานเวลาให้กับตัวไอซี

เอาท์พุทที่ได้จากขา 2 ของตัวไอซีจะถูกส่งไปที่ภาคขยายสัญญาณ ซึ่งประกอบด้วยทรานซิสเตอร์เบอร์ 810C และเบอร์ BD235 ซึ่งจะทำการขยายสัญญาณให้มีกำลังแรงขึ้น เพื่อที่จะไดรวีให้กับ LED อินฟราเรดทั้งสองตัวมีกำลังแรงสูงสุด ภาคส่งจะได้มีกำลังในการส่งสัญญาณได้ระยะทางที่ไกลที่สุด

### การทำงานของภาครับ

การทำงานของภาครับ เริ่มต้นที่แหล่งจ่ายไฟเลี้ยงของวงจรจะใช้ไฟตรง 15 โวลท์ ที่ได้จากการรักษาระดับแรงดันของซีเนอร์ไดโอด บ้อนให้กับวงจรเครื่องรับนี้

ไฟโต้ไดโอดเบอร์ RS302 จะทำหน้าที่รับแสงอินฟราเรดที่ส่งมาจากเครื่องส่ง โดยจะถูกต่อคร่อมขึ้นขา 1 และขา 16 ของตัวไอซี SL486 ไว้ ซึ่งขา 1 และขา 16 ของตัวไอซีนี้จะ เป็นขาอินพุท คูดีฟเฟอเรนเชียลของ ภาค Differention อินพุท Stage ภายในตัวไอซี

เมื่อมีแสงมาตกกระทบไฟโต้ไดโอดก็จะทำงานได้ สัญญาณจาก ไฟโต้ไดโอดนี้ ก็จะได้รับขยายให้แรงขึ้น โดยภาคปริแอมป์ที่ประกอบด้วยไอซี SL486 (ซึ่งเป็นหัวใจของภาคนี้) และคาปาซิเตอร์ค่า 4.7nF, 4.7uF, 3.3nF, 150nF และ 330nF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VR 100K, C 10nF และ R 22K ต่อรวมกันเป็นวงจรปรับแต่งค่าจังหวะเวลาของสัญญาณที่รับมาจากภาคปริแอมป์ทางขา 3 ของไอซี ML926 ซึ่งเป็นไอซีภาคถอดรหัสสัญญาณที่รับมาจากภาคส่ง โดยตัวไอซีจะทำขบวนการตีมอดูเลชั่นระบบ PPM แล้วเปรียบเทียบกับสัญญาณที่ถูกผลิตขึ้นภายในตัวไอซีเอง จากนั้นก็จะทำการถอดรหัสออกมาเป็นรหัสไบนารีขนาด 4 บิต

เอาท์พุทที่ได้จากไอซี ML926 นี้ก็จะถูกส่งไปกระตุ้นและขับ LED ทั้ง 4 ตัวให้สว่างขึ้น เพื่อเป็นการบอกให้ทราบว่าขณะนี้เครื่องรับกำลังรับสัญญาณจากเครื่องส่งอยู่ และก็จะเป็นการบอกให้ทราบถึงรหัสไบนารี 4 บิต ที่ไอซีนี้แปลงค่าออกมาได้ด้วยรวมทั้งจะนำสัญญาณนี้ไปเป็นอินพุทของระบบไมโครโปรเซสเซอร์ Z80180 ด้วย เพื่อให้เกิดความยืดหยุ่นขึ้นในการทำงานได้ต่อไป

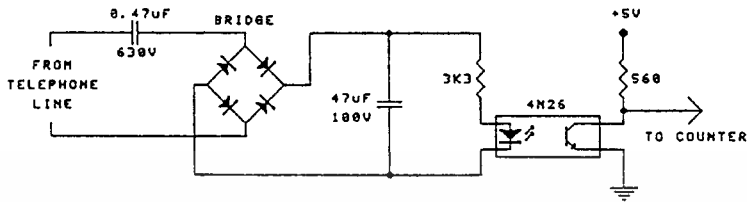
### 3.5 ส่วนของวงจรถอดรหัสความถี่ของโทรศัพท์

ประกอบด้วยส่วนสำคัญๆ 2 ส่วน คือ

#### ส่วนตรวจจับสัญญาณกริ่ง

ในการทำงานเมื่อมีสัญญาณกริ่งโทรศัพท์เข้ามา จะต้องมีการตรวจจับกริ่งที่เข้ามาว่ามีจำนวนครั้งเท่ากับค่าที่กำหนดไว้หรือไม่ ซึ่งเป็นการตรวจสอบว่ามีผู้รับอยู่หรือไม่ ซึ่งถ้าหากเท่ากับจำนวนที่กำหนดไว้แล้วก็ทำการต่อ วงจรซึ่งเปรียบเสมือนการยกหูโทรศัพท์เพื่อให้สามารถส่งงานต่อไปได้

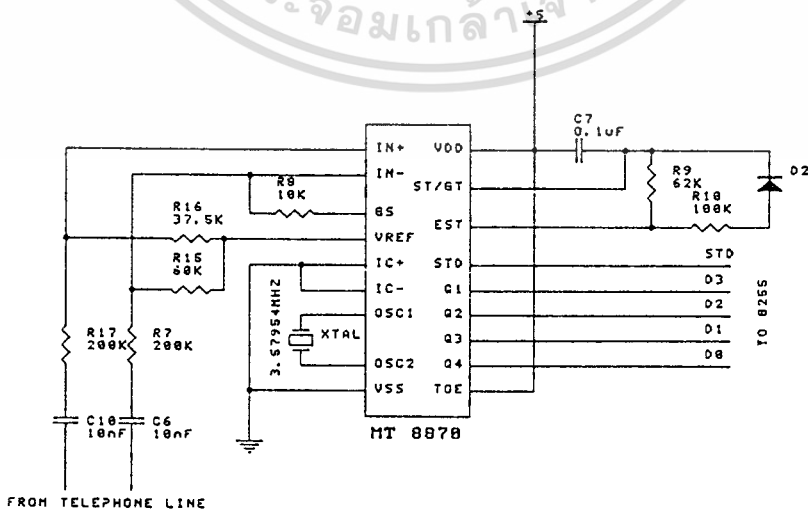
การทำงานของวงจรส่วนนี้จะมีตัวเก็บประจุ (Capacitor) และมีวงจรบริดจ์เรกติไฟร์ (Bridge rectifier) ทำการกรองสัญญาณไฟกระแสสลับและจะแปลงสัญญาณที่เข้ามาให้เป็นสัญญาณไฟกระแสตรง โดยส่งผ่านทางออปโตคัปเปิลเลอร์ (Opto coupler) ซึ่งจะให้พัลส์ไปยังวงจรเคาน์เตอร์ (COUNTER) ซึ่งจะนับสัญญาณกริ่งที่เข้ามา เมื่อสัญญาณกริ่งที่เข้ามา มีค่าเท่ากับค่าที่กำหนดไว้วงจรเคาน์เตอร์ก็จะส่งสัญญาณโวลต์เตจ 5 โวลต์ออกไป ซึ่งจะทำให้



รูปที่ 3.19 แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณกริ่ง

วงจรถอดรหัสสัญญาณ DTMF

เมื่อรีเลย์ต่อวงจรแล้ว วงจรจะคอยรับสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาทาง ขาอินพุท ของ MT8870 ซึ่งจะแปลงสัญญาณที่เข้ามาเป็นรหัสไบนารี ขนาด 4 บิต ส่งเข้าบอร์ดควบคุม Z80180 ซึ่งจะทำการอ่านค่าสัญญาณที่เข้ามาและนำไปประมวลผลต่อไป



## บทที่ 4

### การทดลองและผลการทดลอง

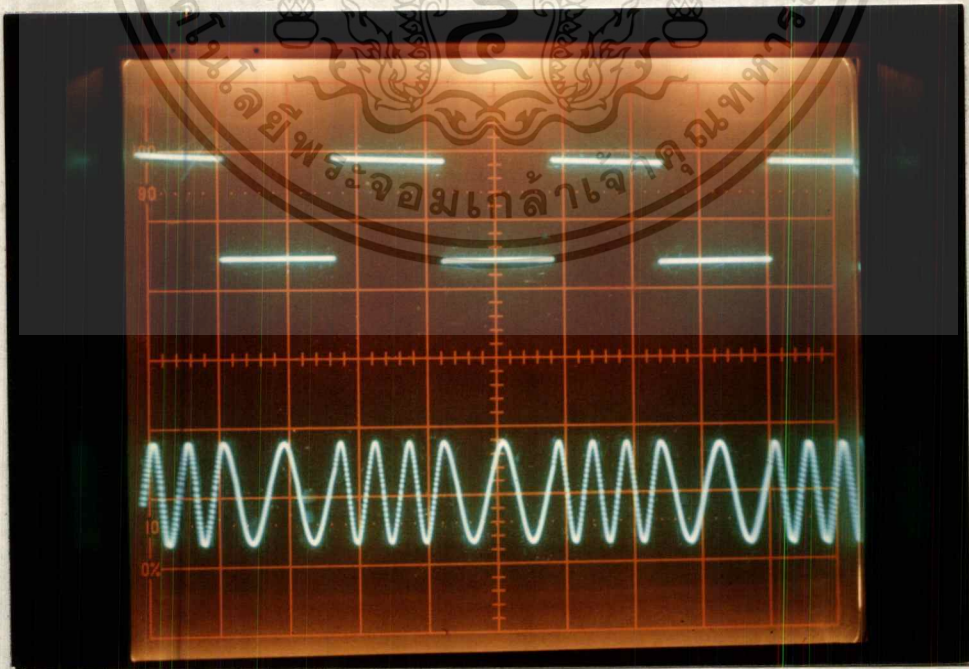
เนื่องจากระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน ผ่านทางสายไฟฟ้าเอซี จะประกอบไปด้วยวงจรต่างๆ หลายวงจรดังได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ดังนั้น ในการทดสอบการทำงาน เราจะแบ่งการทดสอบและการปรับแต่งวงจรในแต่ละส่วนดังนี้

#### 4.1) ภาคส่งสัญญาณ

การปรับแต่งวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลไปเป็นสัญญาณความถี่ เมื่อทำการต่อวงจรเสร็จแล้วทำการป้อนสัญญาณลอจิก '1' ขนาด 5 โวลต์และสัญญาณลอจิก '0' เข้าที่ขา 9 ของ IC XR 2206 แล้วจะได้สัญญาณเอาต์พุตที่ขา 2 เป็นรูปคลื่น SINE ที่มีความถี่ที่แตกต่างกัน 2 ความถี่ โดยที่

ลอจิก '1' จะได้สัญญาณรูป SINE ที่มีความถี่ 1200 Hz

ลอจิก '0' จะได้สัญญาณรูป SINE ที่มีความถี่ 2200 Hz

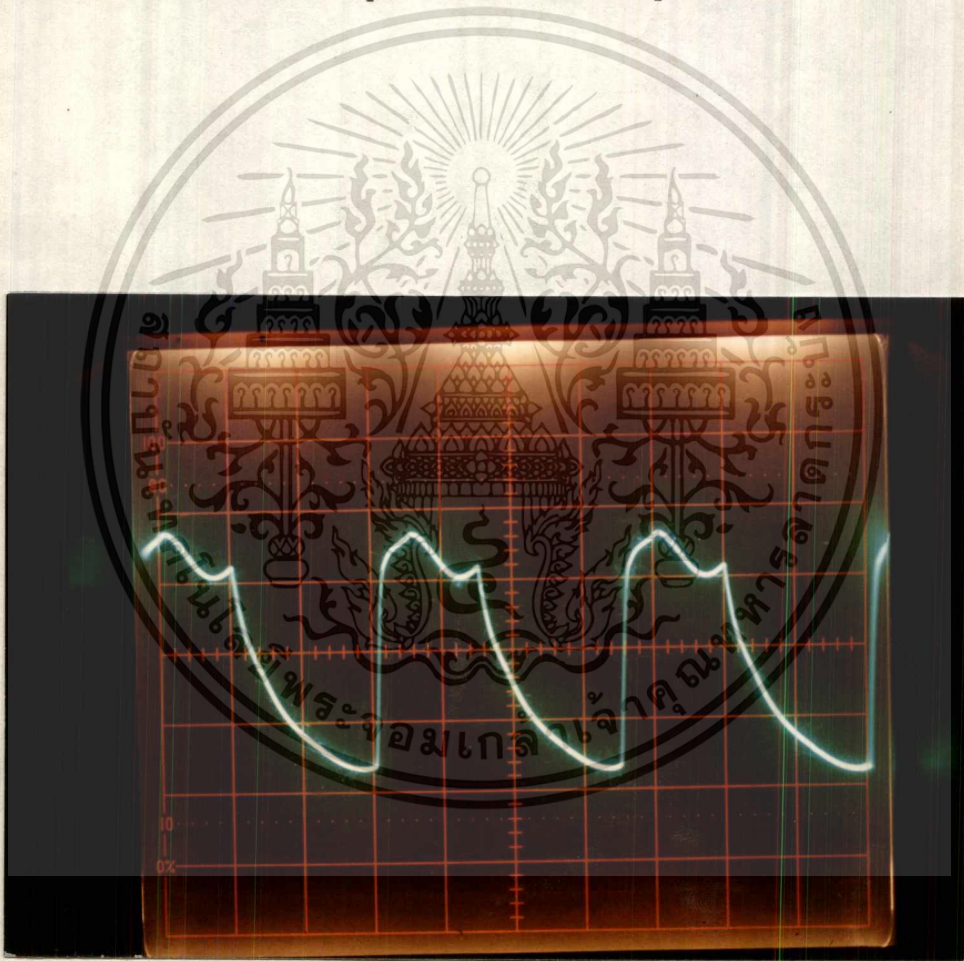


รูปที่ 4.1 แสดงสัญญาณที่ได้จากวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลไปเป็นความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การปรับแต่งวงจรผสมสัญญาณทางความถี่

จากวงจร จะเห็นว่าสัญญาณความถี่ที่ผ่านการปรับแต่งมาแล้วจะถูกป้อนเข้าที่ขา 5 ของ IC NE566V ซึ่งเป็นไอซีที่ทำหน้าที่เป็นวงจรถ่ายความถี่ควบคุมด้วยแรงดัน (VCO) ซึ่งจะออสซิลเลต ความถี่ในช่วง 200 - 350 KHz ทำการปรับ VR5 ให้ได้ความถี่ 280 KHz หรือวัดคาบเวลาได้ 2.57  $\mu$ S สัญญาณที่ผ่านการมอดูเลตกับคลื่นพาร์แล้ว จะออกมาทางขา 3 ซึ่งลักษณะของสัญญาณที่ผ่านการมอดูเลตแล้วจะมีลักษณะดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ลักษณะสัญญาณที่ผ่านการมอดูเลตกับคลื่นพาร์แล้ว

### การทดสอบวงจรมอดูเลชันสัญญาณทั้งหมด

หลังการทำการต่อส่วนต่าง ๆ ของวงจรมอดูเลชันเข้าด้วยกันแล้ว และต่อเข้ากับ PARALLEL PORT ของบอร์ดควบคุม จากนั้นทำการทดลองส่งข้อมูลจากบอร์ดควบคุม ก็จะได้สัญญาณเอาต์พุตที่หม้อแปลง IF ทางด้านทุติยภูมิ เป็นสัญญาณรูป SINE ขนาดประมาณ 2 Vp-p ดังแสดงในรูปที่ 4.3

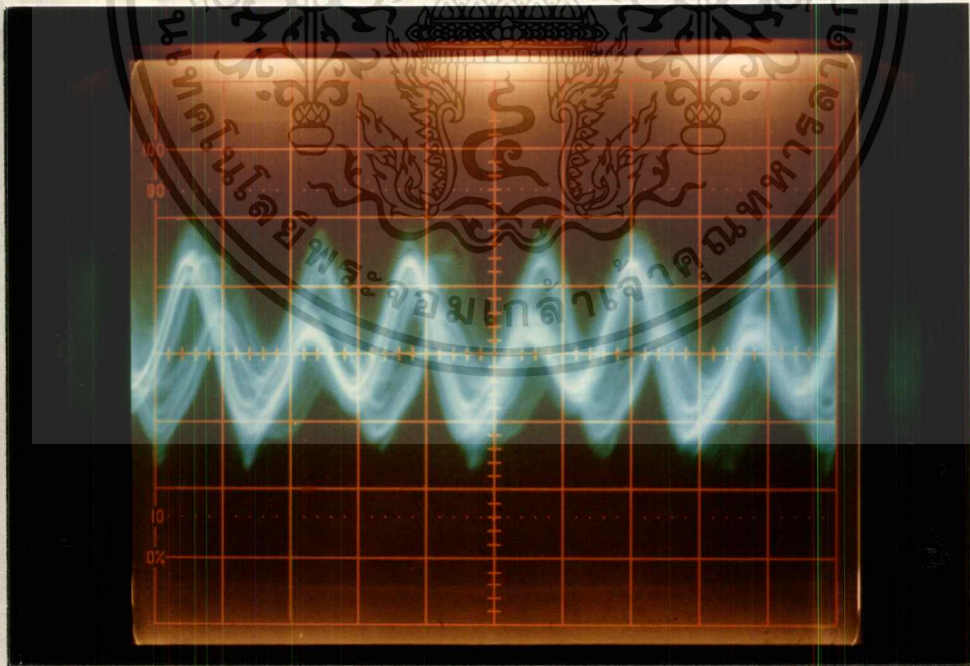


รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณที่ได้จากภาคส่งหลังจากคัปปลิ่งผ่านหม้อแปลง IF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

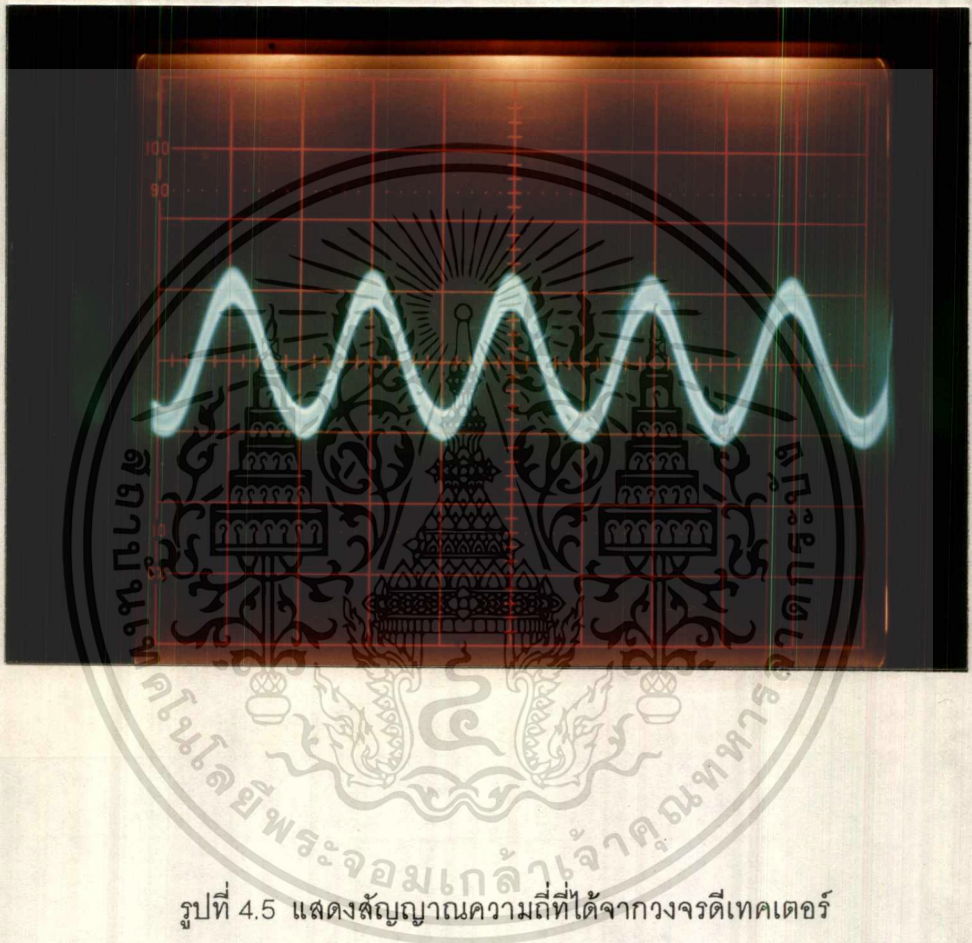
#### 4.2) ภาครับสัญญาณควบคุม

การทดสอบวงจรถอดรหัสสัญญาณทางความถี่ เนื่องจากสัญญาณที่ได้จากภาคส่งหลังจากการมอดูเลตผ่าน สายไฟฟ้าแล้วมีขนาดแอมพลิจูดค่อนข้างต่ำ เพราะถูกลดทอนลงไปในสายไฟฟ้านั้นเอง หลังจากผ่านวงจรจูนความถี่ซึ่งเป็นวงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์รูปตัวพาย มาแล้วจะถูกส่งเข้าที่ขา 4 ของ IC MC1350P ซึ่งจะขยายสัญญาณให้แรงขึ้น แต่สัญญาณที่ได้นี้ยังมีสัญญาณพาหะปะปนอยู่ ดังนั้นเราจะต้องกำจัดสัญญาณพาหะ นี้ออกไปโดยนำไปเข้าที่ขา 2 ของ IC LM565 ซึ่งเป็นเฟสล็อกกลู๊ปใช้ในการดีเทคสัญญาณแบบเอฟเอ็ม โดยที่ขา 8 และขา 9 ของไอซี ต่ออยู่กับวงจรกำเนิดความถี่ด้วยแรงดัน (VCO) ซึ่งเราสามารถที่จะปรับตั้งค่าวงจรเฟสล็อกกลู๊ป ที่ความถี่ 280 KHZ ซึ่งเป็นจุดทำงาน



รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณที่วัดได้จากวงจรขยายสัญญาณ

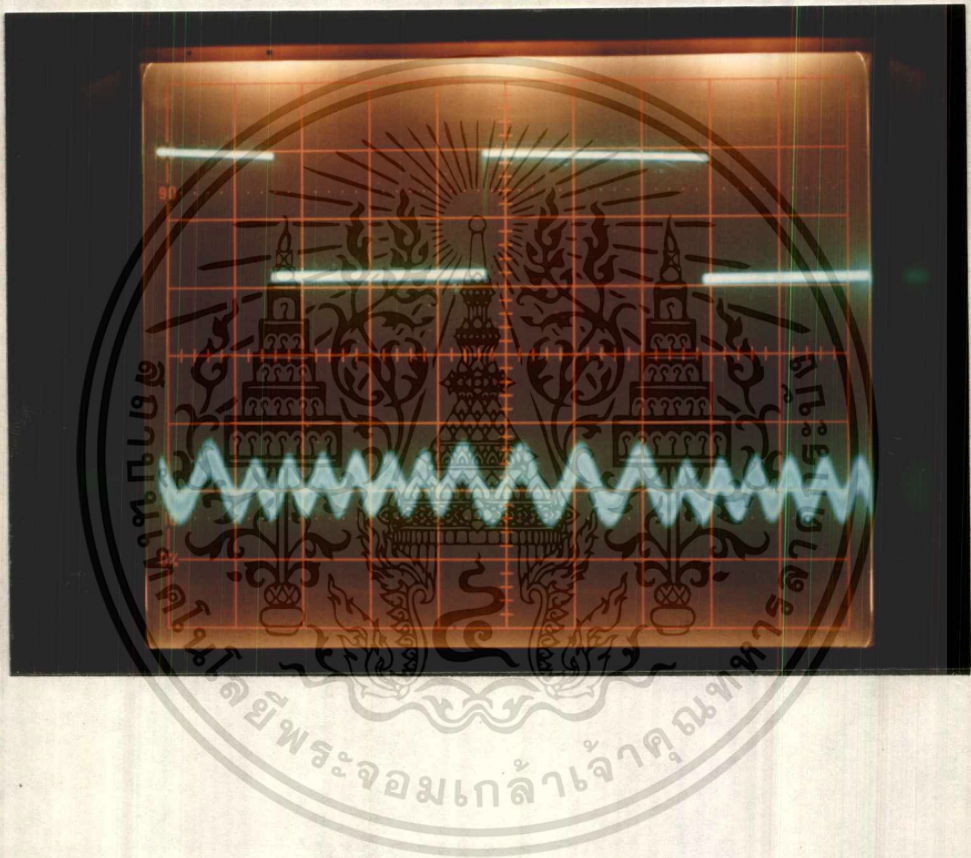
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงสัญญาณความถี่ที่ได้จากวงจรดีเทคเตอร์

การทดสอบวงจรแปลงสัญญาณความถี่เป็นสัญญาณดิจิตอล~ สัญญาณที่ได้จากวงจรถอดรหัสสัญญาณทางความถี่ยังเป็นสัญญาณที่เป็นรูป SINE อยู่ เราต้องทำการแปลงสัญญาณทางความถี่นี้ให้อยู่ในรูป ของสัญญาณดิจิตอลก่อน โดยการนำสัญญาณความถี่มาเข้าที่ขา 2 ของ ไอซี XR2211 ซึ่งทำหน้าที่เป็นวงจรเปลี่ยนจากสัญญาณความถี่เป็นสัญญาณดิจิตอล (FSK DEMODULATOR) เอาท์พุทที่ได้ก็จะเหมือนกันกับสัญญาณข้อมูลที่ออกมาจากบอร์ดควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แสดงสัญญาณที่ได้จากการแปลงสัญญาณความถี่เป็นสัญญาณดิจิทัล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.3 ผลการทดลองส่วนของวงจรวัดอุณหภูมิ

การทำงานของวงจร--

การนำ ADC 0804 ต่อร่วมใช้งานดังรูป 4.7 การใช้งานร่วมกับตัววัดอุณหภูมิ LM335 ซึ่ง LM335 จะให้แรงดันที่เปลี่ยนไปตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปจากการวัดให้ค่าแรงดันที่ขา  $V_i + \text{ADC 0804}$  ก่อนการใช้งานเราจำเป็นต้องทำการปรับค่าของย่านการวัดเสียก่อน ซึ่งการปรับมี 2 ขั้นตอนด้วยกัน

ขั้นตอนที่ 1 ปรับที่ Variable Register T<sub>max</sub> ซึ่งจะต่อกับขา V<sub>ref</sub> ของ ADC 0804 (ขา 9) โดยผ่าน Buffer Lm 358 การปรับ T<sub>max</sub> เพื่อกำหนดว่าแรงดัน V ที่รับเข้ามาจะมีการเปลี่ยนแปลงเท่าไร ทำให้ค่า binary ที่ output เปลี่ยนแปลงกี่ bit โดยใช้สมการในการหาค่าที่ V<sub>ref</sub> ดังนี้

$$V_{ref} = (I/P \text{ ที่เปลี่ยนแปลง 1 บิต} \times \text{บิต full scal})$$

- ฉะนั้นต้องการค่าที่ I/P เปลี่ยนแปลง 10 mV ทำให้ O/P เปลี่ยนไป 1bit

- O/P ขนาด 8 bit ที่ full scal จะได้  $2^8 = 256$  ค่า  
จาก 00000000(B) ถึง 11111111(B) ได้

- V<sub>ref</sub> ที่ 5 V (V<sub>cc</sub>) จะได้

$$V_{ref} = 10 \text{ mV} \cdot x \ 256$$

$$= 2.56 \text{ V}$$

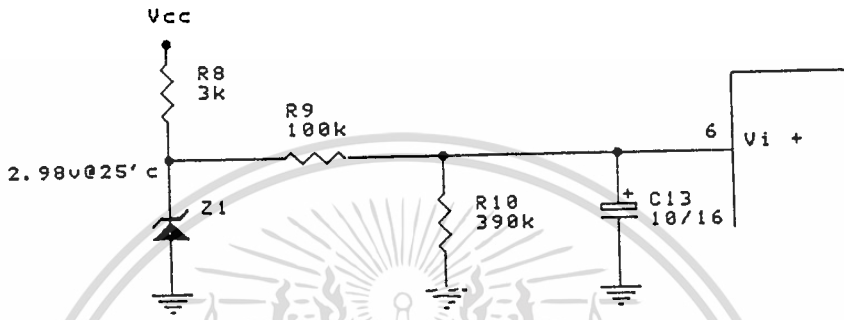
$$V_{ref}/2 = (10 \text{ mV} \times 256) / 2$$

$$= 1.28 \text{ V}$$

ฉะนั้นทำการปรับค่า T<sub>max</sub> ให้ได้ 1.28 Volt ADC 0804 จะทำการแปลงค่า

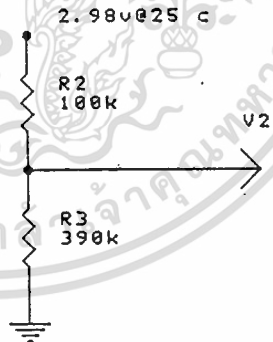
เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 2 ปรับที่ Variable Resistor Tmin ซึ่งจะต่อเข้ากับขา  $V_{I-}$  ของ ADC 0804 (ขา 7) การปรับ Tmin เพื่อกำหนดค่าของ output ที่เริ่มต้น (00000000) ว่าเป็น อุณหภูมิต่ำสุดที่เท่าไรของการวัด วิธีการหาค่าในการปรับ Tmin จากคุณสมบัติของตัววัด LM335 จะให้ แรงแดัน 2.98 V จากรูปที่ 4.12 เขียนวงจรตัววัดได้ใหม่ ดังรูป 4.13



รูปที่ 4.13

ซึ่งจากวงจร เป็นลักษณะของวงจร Voltage divider ต้องทำการหาค่าแรงดัน ที่  $V_{I-}$  โดยใช้สมการของ Voltage divider เขียนรูปได้ใหม่ ดังรูป 4.14



รูปที่ 4.14

$$V/V_T = R_{10}/R_T$$

$$V_{I-} = (R_{10}/R_T) V_T$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเฉพาะที่เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned} V_1 \text{ ที่ } 25 \text{ องศาเซลเซียส} &= 2.372 \text{ V} \\ \text{จาก } V_T \text{ ที่ } 0 \text{ องศาเซลเซียส จะได้} &= 2.73 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_1 &= (R_{10} / R_T) V_i \\ &= (390\text{K} / 490\text{K}) 2.73 \end{aligned}$$

$$V_1 \text{ ที่ } 0 \text{ องศาเซลเซียส} = 2.173 \text{ V} (V_1 \text{ คือ } V_{i+})$$

เมื่อ  $V_{i+}$  ที่ 0 องศาเซลเซียส = 2.17 V จากนั้นเราจึงทำการปรับที่  $T_{min}$  ให้ได้ 2.17 V ที่ output (ทั้ง 8 bit) จะเป็น 0 ทั้งหมด และเมื่อที่ตัววัดให้แรงดันที่เปลี่ยนแปลงเป็นแบบ BCD จากเลขนับสำคัญต่ำสุด (DB0) ไปจนถึงเลขนับสำคัญสูงสุด (DB7) จะได้ค่าต่ำสุดคือ 00000000(B) จนถึง full scale จะเท่ากับ 11111111(B) แต่ในย่านของอุณหภูมิที่เลือกใช้งาน ตั้งแต่อุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส จนถึง 30 องศาเซลเซียส จะได้ค่าแรงดันที่ตัววัด, ค่าแรงดันที่  $V_{i+}$  (ขา 6) ของ ADC 0804 และค่า output ที่เป็นเลข Digital (BINARY ขนาด 4 บิต) ดังตารางข้างล่าง

อุณหภูมิ(องศาซี)	แรงดันที่ตัววัด (V)	แรงดันที่ VI+(V)	O/P Digital (HEX)
16	2.93	2.332	14
17	2.94	2.340	15
18	2.95	2.348	16
19	2.96	2.356	17
20	2.97	2.364	18
21	2.98	2.372	19
22	2.99	2.380	1A
23	3.00	2.388	1B
24	3.01	2.396	1C
25	3.02	2.404	1D
26	3.03	2.412	1E
27	3.04	2.420	1F
28	3.05	2.428	20
29	3.06	2.436	21
30	3.07	2.443	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ผลการทดลองส่งสัญญาณควบคุมทางสายไฟฟ้า AC.

จากการทดลองส่งสัญญาณควบคุมโดยผ่านทางสายไฟฟ้า AC. ซึ่งเป็นระบบไฟฟ้าในอาคาร ทดลองติดตั้ง HOME NETWORK ทั้ง 2 เครื่องด้วยระยะทางที่แตกต่างเรื่อยๆ ให้มากที่สุดจนเครื่องทั้ง 2 ไม่สามารถรับสัญญาณได้ จากการทดลองเครื่องสามารถรับสัญญาณได้ไกลมากที่สุดประมาณ 80 เมตร ระยะทางการรับสัญญาณได้ของเครื่องทั้ง 2 อาจลดลง ถ้าหากในระบบไฟฟ้ามีการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้ามากขึ้น เช่น คอมพิวเตอร์, เครื่องปรับอากาศ ฯลฯ ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้จะทำให้มีสัญญาณรบกวนในระบบไฟฟ้ามากขึ้น



รูปที่ 4.16 รูปของ HOME NETWORK2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 รูปของเครื่องรับที่ใช้ควบคุมเครื่องปรับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ผลการทดลองควบคุมทางโทรศัพท์

จากการทดลองควบคุมการทำงานทางโทรศัพท์ ให้อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและเครื่องปรับอากาศเปิดปิดได้ตามต้องการผลเป็นไปตามจุดประสงค์ โดยต่อเครื่อง HOME NETWORK เข้ากับหมายเลขโทรศัพท์ และสำหรับโครงการนี้จะมีรหัสผ่านของแต่ละเครื่อง เพื่อป้องกันผู้อื่นโทรเข้ามาสั่งควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า ดังรูป

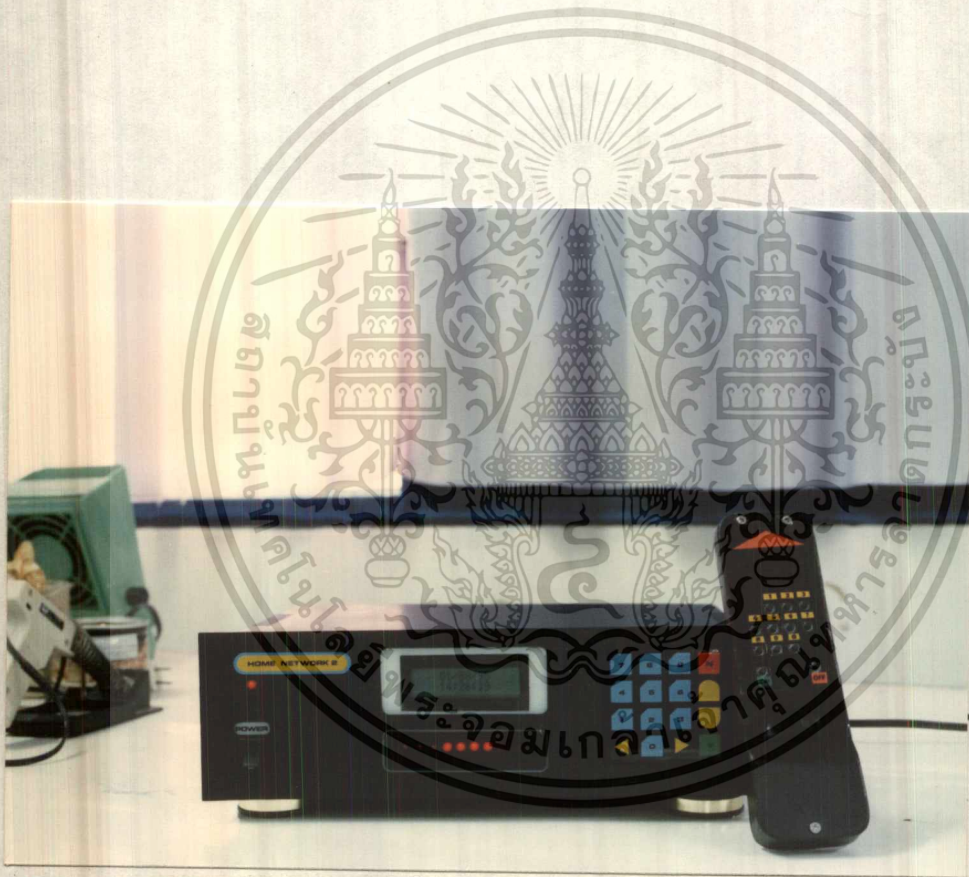


รูปที่ 4.18 รูปการทดลองสั่งควบคุมทางโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ผลการทดลองสั่งการควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรล

จากการทดลองสั่งการควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรล สามารถสั่งควบคุมการเปิดปิดของเครื่องใช้ไฟฟ้าและเครื่องปรับอากาศได้ตามต้องการด้วยระยะทาง 8-10 เมตรภายในห้อง ระยะทางนี้อาจเปลี่ยนแปลงขึ้นกับสิ่งแวดล้อมภายในห้องว่ามีการสะท้อนมากหรือไม่ ผลการทดลองสั่งการควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรล เป็นดังรูป



รูปที่ 4.19 รูปผลการทดลองสั่งการด้วยรีโมทคอนโทรล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### บทวิจารณ์ รูป และแนวทางในการพัฒนา

#### 5.1 บทสรุป

ระบบการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านทางสายเอซีในปริภูมิพาณิชย์ นี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาและสร้างระบบควบคุมไฟฟ้าที่ดี มีประสิทธิภาพ สะดวก ต่อการใช้งาน มีความปลอดภัยและประหยัด ซึ่งทางผู้จัดทำได้วางขอบเขต และคุณสมบัติของระบบไว้ดังนี้

- จะต้องเป็นระบบการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำให้เกิดการประหยัดสูงสุด จึงสร้างระบบที่ใช้การควบคุมผ่านทางสายไฟเอซี (AC.LINE) ที่เดินอยู่ภายในอาคาร เพื่อเป็นการประหยัดงบประมาณในการเดินสายควบคุม

- จะต้อง เป็นระบบการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่สามารถควบคุมได้ง่าย และสะดวก โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เป็นตัวควบคุมการทำงานของระบบ ให้สามารถสั่งการควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านได้ทั่วทุกจุด โดยการควบคุมจากไมโครโปรเซสเซอร์เพียงชุดเดียว

- จะต้อง เป็นระบบการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่สามารถรองรับกับจำนวนความต้องการได้อย่างเพียงพอ

- จะต้อง เป็นระบบการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่สามารถนำไปประยุกต์ ใช้ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า ได้หลากหลายชนิดตามความต้องการในการใช้งาน

จากการที่ได้ศึกษาและทดลองสร้างนั้น ระบบการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า ภายในบ้าน (HOME NETWORK 2) ปรากฏว่าให้ผลเป็นที่น่าพอใจอยู่ในระดับหนึ่ง เพราะระบบการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ได้สร้างเสร็จไปแล้วนั้น ผลที่ได้จากการทดลองใช้งานจริง ปรากฏว่าสามารถให้ผลการทำงานตามที่ได้กำหนดไว้ทุกประการ คือเป็นระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่สามารถใช้งานได้ง่ายและสะดวก สามารถที่จะควบคุมการทำงานของระบบได้ โดยการสั่งงานผ่านแป้นคีย์บอร์ดที่ติดอยู่ที่ตัวเครื่อง หรือการใช้รีโมทคอนโทรลควบคุมที่ให้ความสะดวกสบายในการใช้งาน และแม้แต่การสั่งงานผ่านทางโทรศัพท์ก็ให้ผลเป็นไปตามที่กำหนดไว้ทุกประการ นอกจากนี้ ยังได้ออกแบบไว้ให้สามารถที่จะขยายระบบเพิ่มเติม เพื่อรองรับกับปริมาณของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่จะเพิ่มขึ้นในภายหลัง โดยสามารถที่จะควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้มากถึง  $2^5$  จุด โดยที่แต่ละจุดยังสามารถต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าได้อีก 7 ตัว ซึ่งนับว่าเพียงพอกับความต้องการในปัจจุบัน

ในส่วนของระบบการควบคุมเครื่องปรับอากาศ ก็สามารถที่จะควบคุม อุณหภูมิได้ในช่วงตั้งแต่ 16 - 30 องศาเซลเซียส โดยเป็นการควบคุมแบบ อัตโนมัติ นอกจากนี้ยังมีการหนดเวลาในการเปิดเพื่อป้องกันอันตรายจาก การเปิดปิดอย่างทันทีทันใดอีกด้วย

### เปรียบเทียบระหว่างระบบเก่าและระบบใหม่

#### ระบบเก่า

#### ระบบใหม่

- |  |   |
|--|---|
| 1. ส่งสัญญาณควบคุมผ่านทางสายโทรศัพท์   | ส่งสัญญาณควบคุมผ่านทางสายไฟฟ้า AC. ซึ่งมีอยู่แล้วในอาคารทำให้สะดวกและประหยัดในการติดตั้ง                        |
| 2. ภายในเครื่องต้องมีทั้งภาคส่งและภาครับ ซึ่งในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าบางครั้งไม่จำเป็นต้องมีภาคส่ง มีแต่ภาครับอย่างเดียวก็เพียงพอแล้ว | ในเครื่อง MASTER มีทั้งภาครับและภาคส่ง และยังสามารถต่อขยายเฉพาะภาครับได้ถึง 256 เครื่อง ซึ่งประหยัดและสะดวกกว่า |
| 3. เครื่อง 1 เครื่อง สามารถต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าได้ 16 ช่อง  | เครื่อง 1 เครื่องสามารถต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าได้ 42 ช่อง เครื่อง MASTER สามารถควบคุม                                   |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษา เครื่องรับได้สูงสุด 256 เครื่อง และเครื่องการคำนวณว่ากรณีใดทั้งหมด อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- |                              |  |
|------------------------------|--|
|                              | รับ 1 เครื่อง สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า |
|                              | ได้ 7 ช่อง                             |
| 4. หน้าจอแสดงผลแบบธรรมดา     | หน้าจอแสดงผลใช้จอ LCD                  |
| 5. ขยายระบบต้องใช้ทุนสูงกว่า | ขยายระบบใช้ทุนน้อยกว่าและง่ายกว่า      |

\* เครื่อง MASTER สามารถควบคุมเครื่องรับได้ 256 เครื่อง และเครื่อง MASTER แต่ละเครื่องสามารถสั่งการกันได้ตามรหัสหมายเลขเครื่อง

## 5.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไข

ในระหว่างการทดลองปริิณญาณิพนธ์ก็ได้เกิดปัญหาและอุปสรรคขึ้น ซึ่งทางคณะผู้จัดทำก็ได้รวบรวมปัญหา และแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นเอาไว้พอสังเขป ดังต่อไปนี้

### ปัญหา

- ปัญหาที่เกิดจากสัญญาณรบกวน (Noise) ที่เกิดขึ้นโดยเครื่องใช้ ไฟฟ้าต่างๆ ที่ ต่ออยู่กับเอซีไลน์ เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ หลอด นีออน หน้าสัมผัสของรีเลย์

### แนวทางการแก้ไข

- ปัญหาที่เกิดจากสัญญาณรบกวนนี้ จะทำให้เกิดความไม่เสถียรภาพ ของระบบ ซึ่งทำให้ระบบทำงานผิดพลาดได้ในทางแก้ไข จึงต้องพยายามที่จะขจัดสัญญาณ รบกวนเหล่านี้ออกไปให้มากที่สุด ซึ่ง ในปริิณญาณิพนธ์ได้ใช้วงจรกรองย่านความถี่ผ่าน (band pass filter) โดยจะยอมให้ความถี่ที่ต้องการใช้งานผ่านได้เท่านั้น ส่วนที่เป็นความถี่ที่ไม่ต้องการก็จะถูกกรองทิ้งไป ซึ่งก็ได้ช่วยแก้ไขปัญหา ที่เกิดขึ้นได้ในระดับหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหา

- ปัญหาที่เกิดจากมาตรฐานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

แนวทางการแก้ไข

- ปัญหานี้เกิดจากมาตรฐานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการประกอบวงจรต่างๆ ในปริยญาณิพนธ์มีความผิดพลาด ซึ่งจะทำให้ผลของวงจรที่ได้ในทางปฏิบัติไม่ตรงกับที่คำนวณได้ในทางทฤษฎี ซึ่งได้แก้ไขโดยพยายามเลือกใช้ อุปกรณ์ที่มีคุณภาพและมาตรฐานมากที่สุดที่จะหาได้ และดัดแปลงวงจรให้สามารถปรับแต่งแก้ไขค่าที่ผิดพลาดได้

ปัญหา

- ปัญหาที่เกิดจากการออกแบบลายวงจรผิดพลาด

แนวทางการแก้ไข

- เนื่องจากลายวงจรที่ทำการออกแบบมีจำนวนมาก อาจมีที่ผิดพลาด ขณะออกแบบได้ แก้ไขโดย ทำการตรวจสอบซ้ำหลายๆ ครั้งหากพบว่าจุดใดผิดพลาดก็แก้ไขใหม่ให้ถูกต้อง

### 5.3 แนวทางในการพัฒนา

ทางคณะผู้จัดทำได้พยายามที่จะจัดทำปฏิญานิพนธ์นี้ ให้เป็นระบบควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าทางสายเคซีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ แต่ก็ยังมีสิ่งที่ยังถือว่าเป็นข้อจำกัดบางประการที่ควรจะได้รับการปรับปรุงและพัฒนาให้ดีขึ้น บางประการ ดังนี้

1. ข้อจำกัดที่ควรได้รับการพัฒนา ของระบบการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายเคซี คือ สามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่ออยู่กับสายไฟฟ้าในเฟสเดียวกันเท่านั้น ยังไม่สามารถที่จะควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่ออยู่ต่างเฟสกันได้ ในกรณีใช้ไฟฟ้าระบบ 3 เฟส เช่น ในโรงงานอุตสาหกรรม

2. เนื่องจากในสายไฟฟ้ากระแสสลับเปรียบเสมือนเป็นวงจร Low pass filter ที่ความถี่ 50 Hz ดังนั้นจึงเป็นผลให้สัญญาณที่ถูกส่งเข้ามา ในสายไฟฟ้ากระแสสลับมีกำลังลดลง ผลที่ตามมาซึ่งเห็นได้จากการทดลองคือ ทำให้ส่งสัญญาณไปได้ไม่ไกล อาจจะแก้ไขได้โดยการหาช่วงความถี่ที่เหมาะสมกับการส่งสัญญาณเข้าไปในสายไฟฟ้ากระแสสลับ หรืออาจจะเปลี่ยนภาคขยายกำลังของภาคส่งให้มีกำลังสูงขึ้น

3. การขยายระบบให้มีประสิทธิภาพและให้การควบคุมได้ไกลยิ่งขึ้นอาจใช้ตัว BOSTER ซึ่งจะทำให้การควบคุมสามารถควบคุมได้ไกลยิ่งขึ้น ซึ่งต้องศึกษาและพัฒนาต่อไป

#### ส่วนของชุด อินฟราเรด รีโมทคอนโทรล

1) เราสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการรับโดยการตัดแสงรบกวน จากภายนอก โดยใช้ KODAK FILTER 87 C ติดกันด้านหน้าตัวรับ RS302

2) การเพิ่มกำลังส่งและระยะทางการส่งสามารถเพิ่มได้ โดยการเพิ่มตัวส่งจาก 2 ตัวเป็น 3 ตัว หรือ 4 ตัว แต่ต้องเพิ่มแรงดันของแหล่งจ่ายไฟด้วย

3) การเพิ่มระยะทางโดยการปรับปรุงทางภาครับ โดยการใช้ภาคขยายที่มีคุณสมบัติที่ดีและวงจรของความถี่ที่มีประสิทธิภาพโดยสามารถทำให้อัตราส่วน S/N (SIGNAL PER NOISE RATIO) มีค่ามากๆ และตัดสัญญาณที่มีความถี่สูงมาก ๆ ออกให้หมด

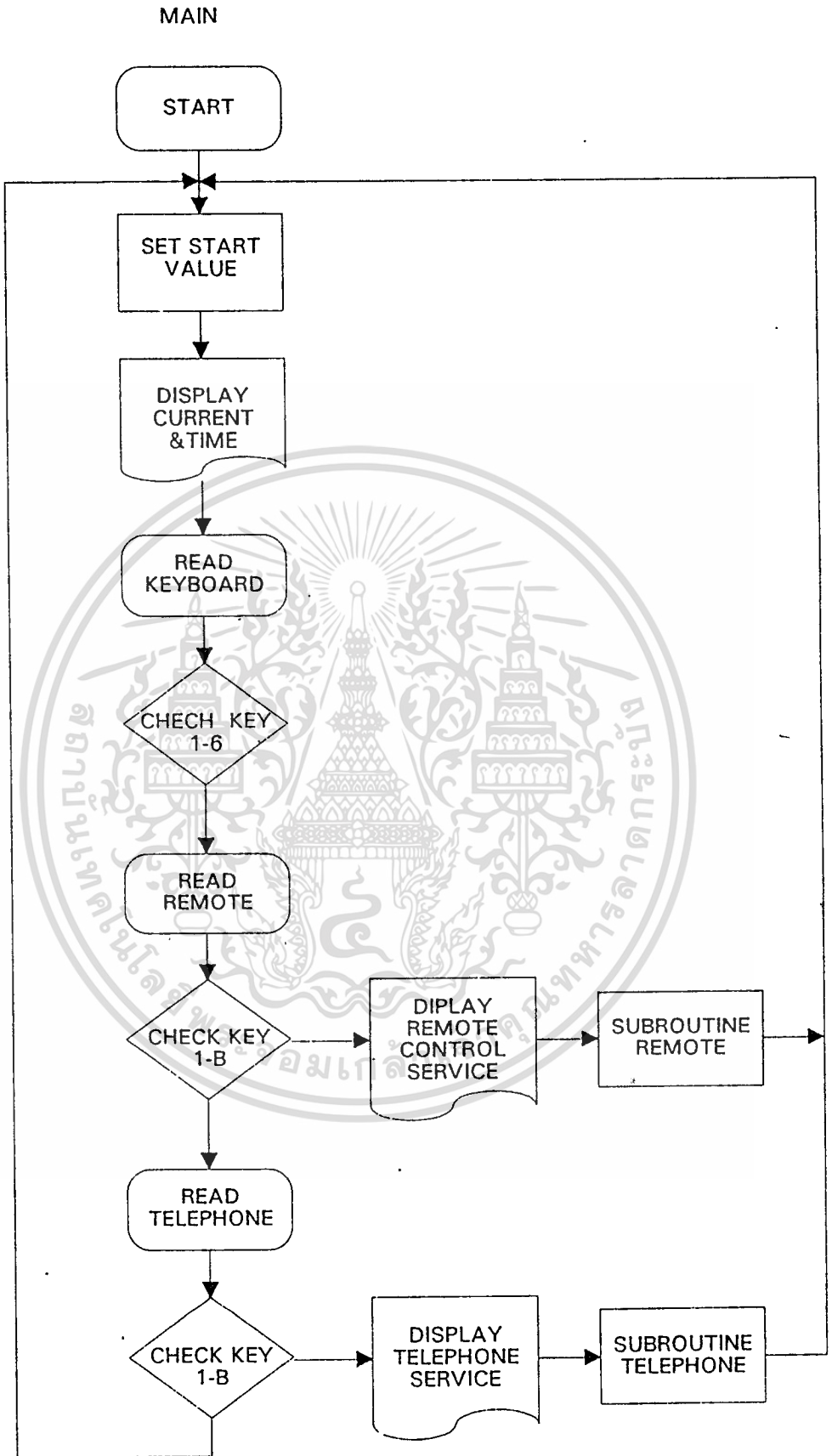


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# FLOW CHART แสดงการทำงานของระบบในส่วนของซอฟต์แวร์

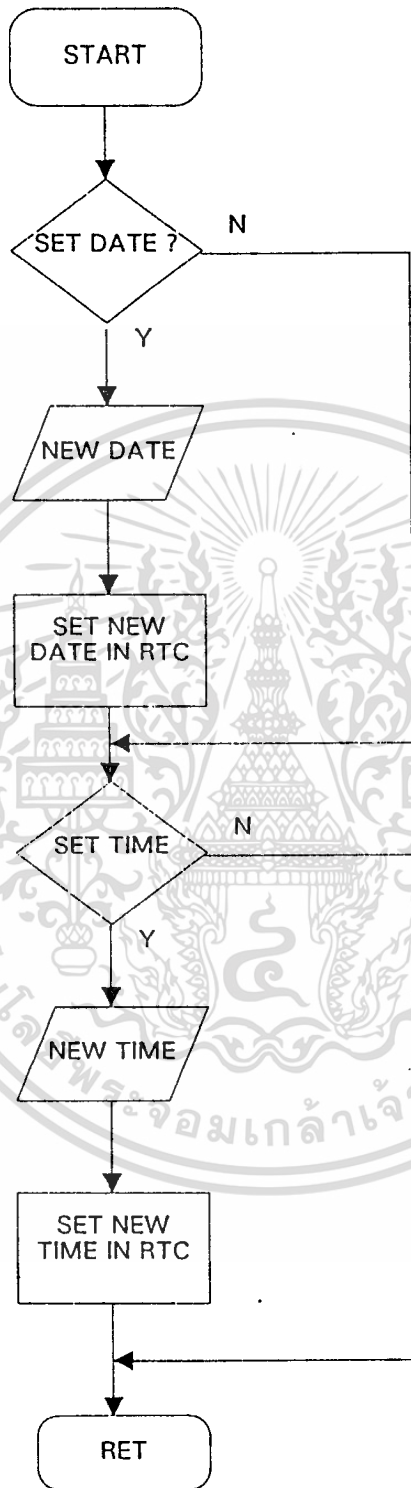


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



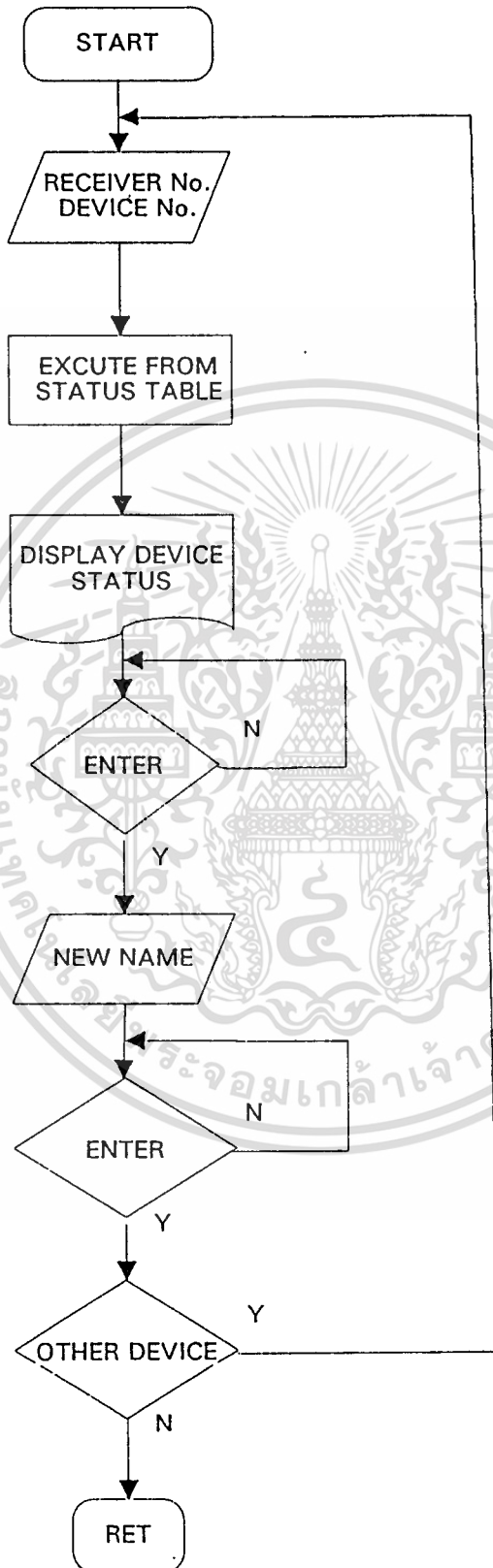
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MODE 1



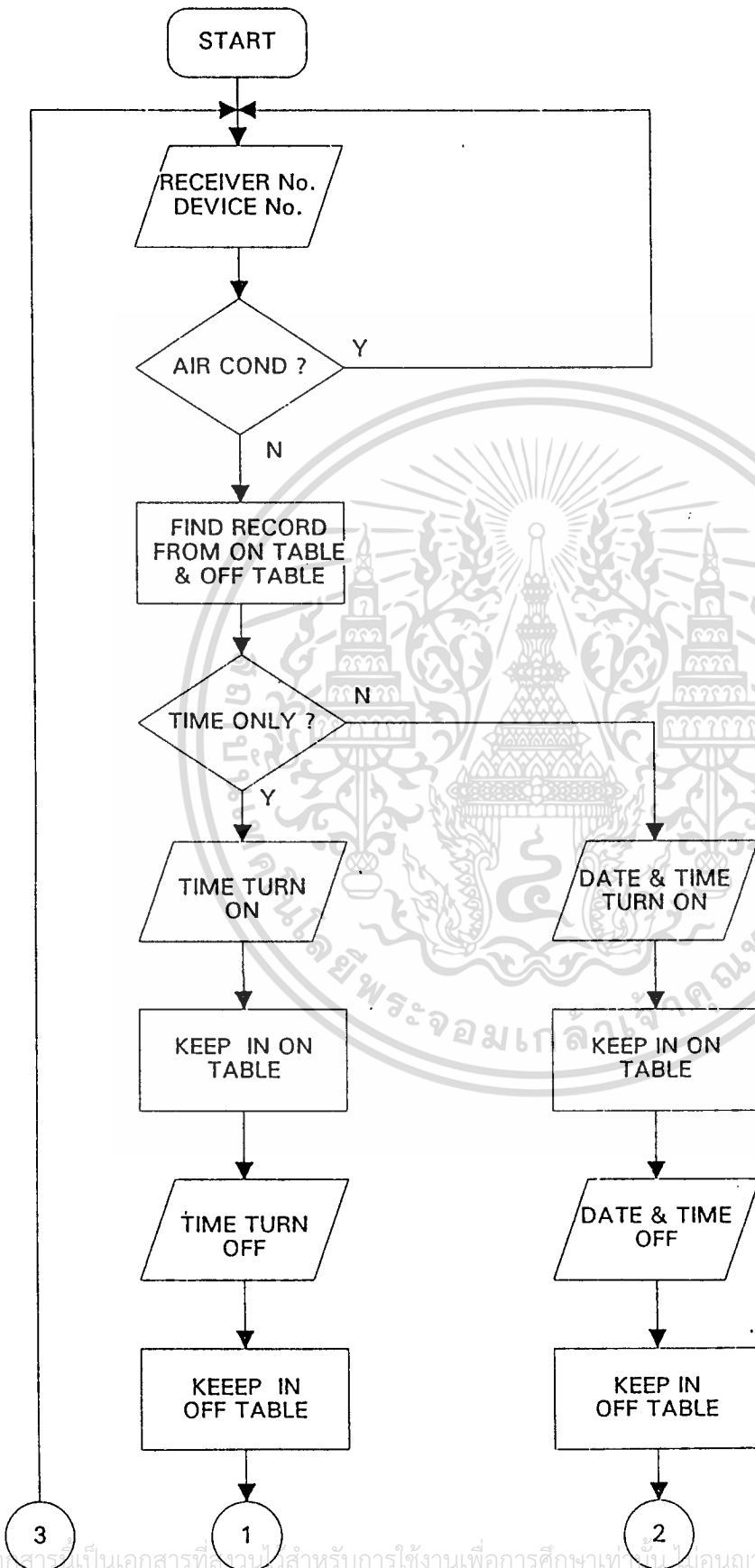
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

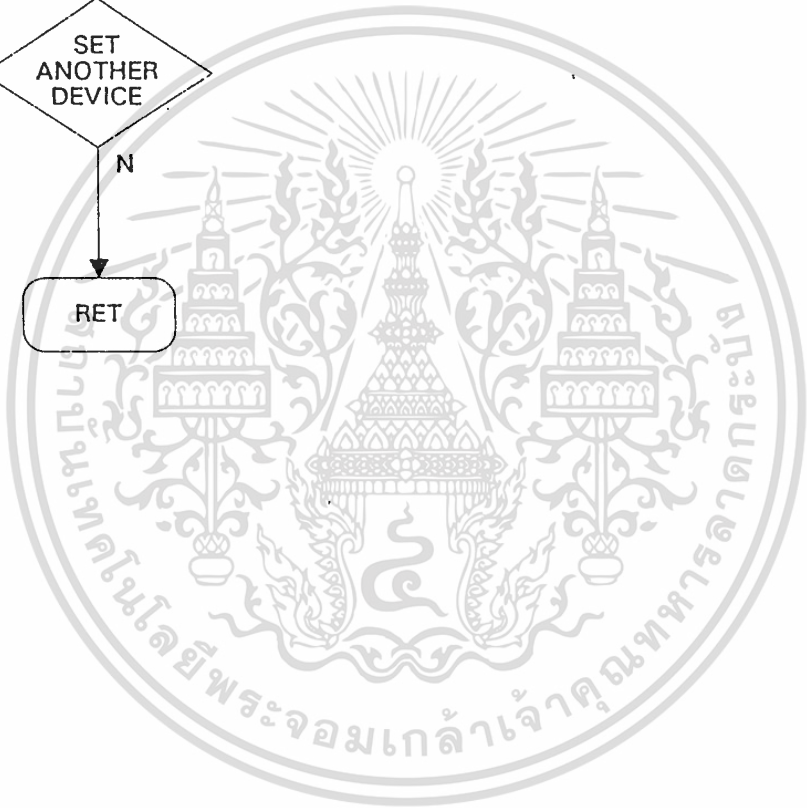
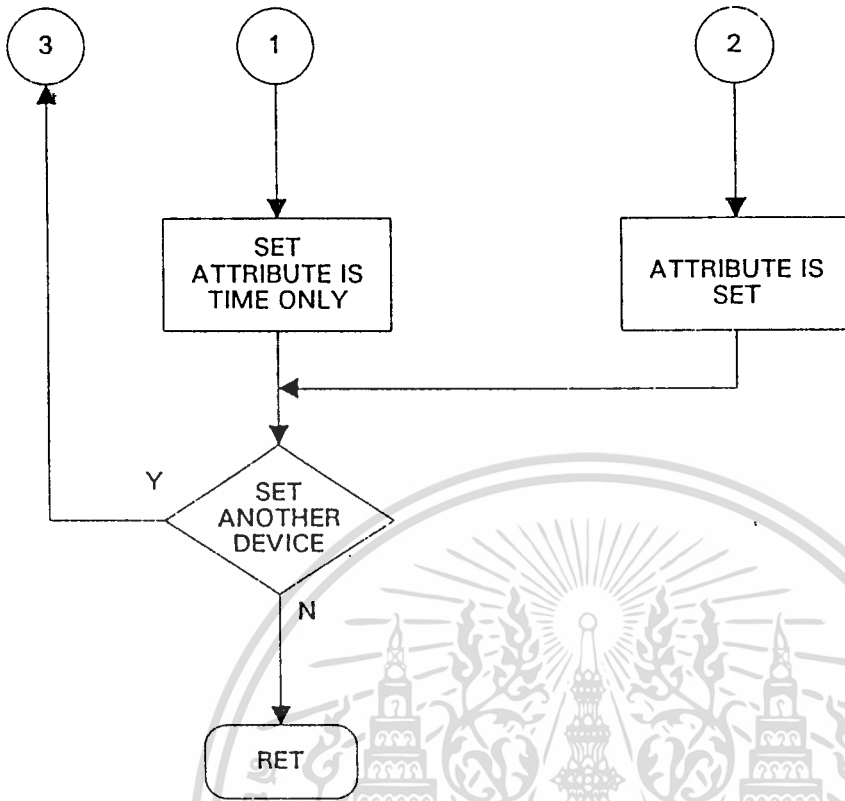
MODE 2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

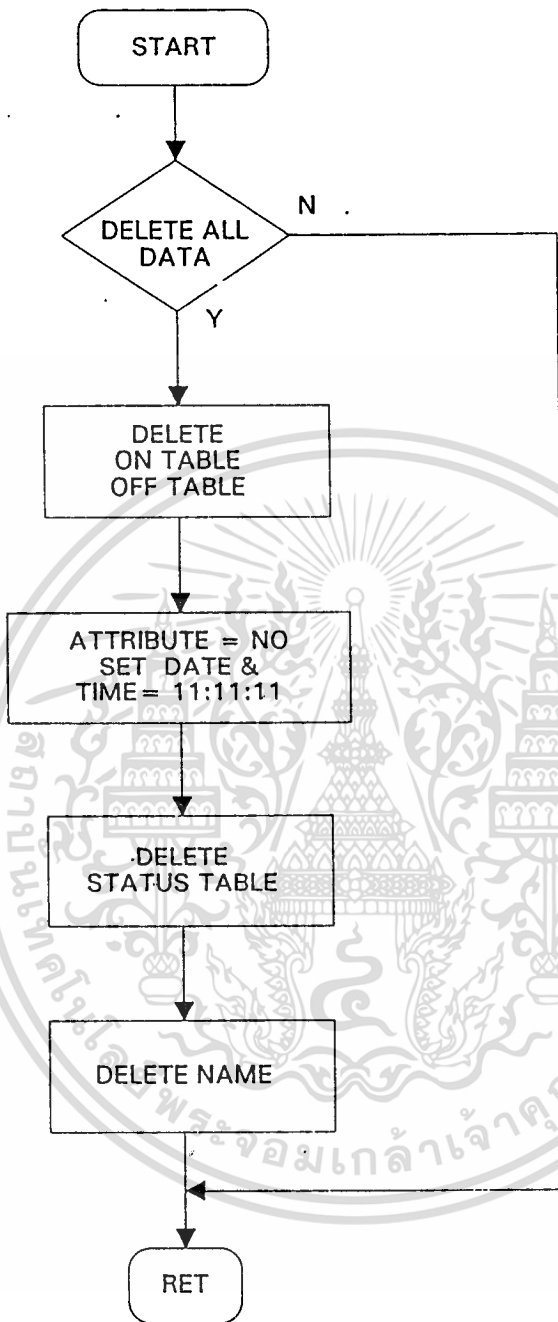
MODE 3





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

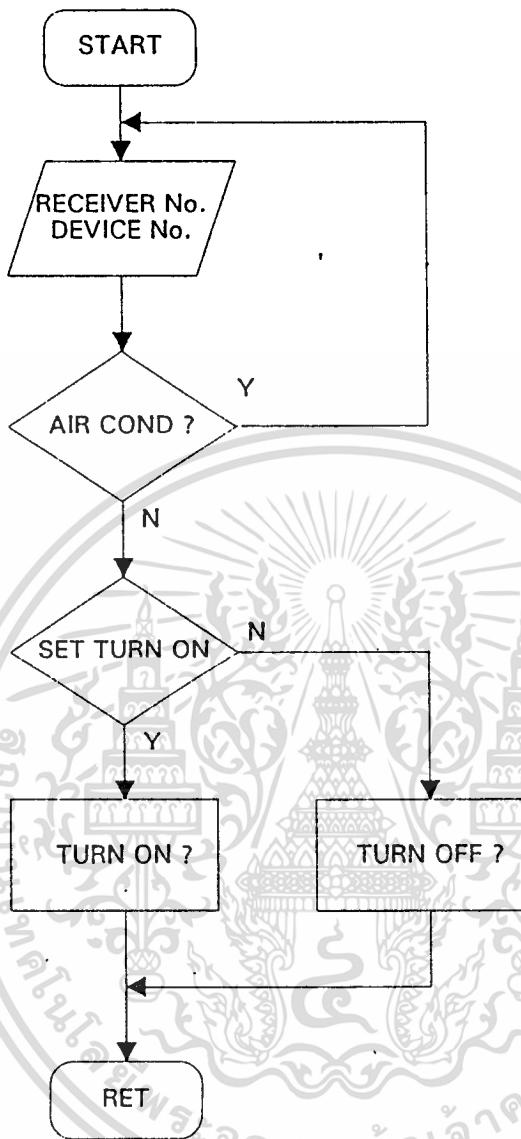
MODE 4



COMMENT : MODE 4 NOT DELETE VALUE OF AIR CONDITION

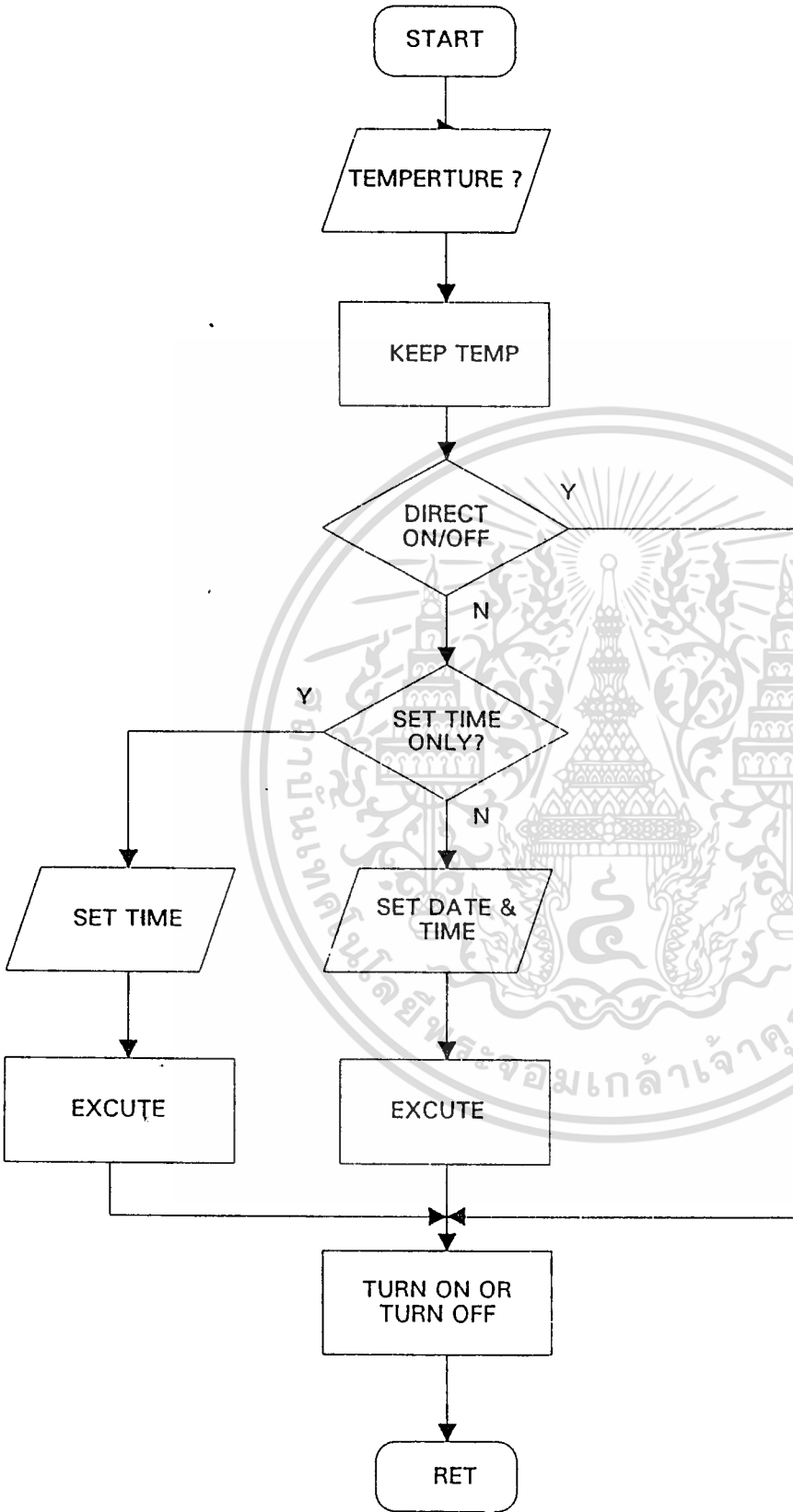
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MODE 5



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MODE 6



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# คู่มือการใช้งาน

(USER'MANUAL)

## แป้นคีย์ที่ใช้ในการควบคุม -

จากรูปที่ 6.1 ซึ่งเป็นรูปด้านหน้าของเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายเอซี ซึ่งมีจอแสดงสถานะการทำงานของเครื่องในขณะนั้น และมีคีย์บอร์ดขนาด 4x4 สำหรับให้ผู้  
ใช้ป้อนข้อมูล โดยคีย์บอร์ดจะแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ ตามลักษณะหน้าที่การใช้งาน คือ

- 1) กลุ่มแป้นคีย์ตัวเลข
- 2) กลุ่มแป้นคีย์หน้าที่พิเศษ

### กลุ่มแป้นคีย์ตัวเลข

จะประกอบไปด้วยตัวเลข '0' ถึง '9' ใช้สำหรับป้อนค่าตัวเลขใน  
โหมดต่างๆ

### กลุ่มแป้นคีย์หน้าที่พิเศษ

1. คีย์ 'Yes' ทำหน้าที่

- ออกจากหน้าจอปกติ เพื่อเข้าสู่การทำงานในโหมดต่างๆ
- แทนการตอบรับ 'Yes'

2. คีย์ 'No' ทำหน้าที่

- ออกจากการทำงานในโหมดต่างๆ (CANCLE)
- แทนการปฏิเสธ 'No'

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. คีย์ ◀ และ ▶ ทำหน้าที่

- ใช้ในการเลื่อนตำแหน่งเคอร์เซอร์ไปทางซ้ายหรือขวาเพื่อที่จะแก้ไขข้อมูลที่ป้อนไปแล้ว

4. คีย์ ◻ และ ◻

- ทำหน้าที่เป็นคีย์ตัวอักษรและเครื่องหมายสัญลักษณ์ในภาษาอังกฤษ ใช้ในการตั้งชื่ออุปกรณ์ไฟฟ้าในโหมด 3 โดยการกดคีย์ ◀ หรือ ▶ ในแต่ละครั้ง จะปรากฏตัวอักษรครั้งละ 1 ตัว ที่ตำแหน่งเดียวกับเคอร์เซอร์ แต่คีย์ ◻ และ ◻ จะต่างกันตรงที่จะทำการเพิ่มหรือลดค่าตัวอักษรที่กดครั้งละ 1 ตัว

หน้าที่ของ MODE ต่าง ๆ และการใช้งาน

ภายในเครื่องควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านนั้นจะมีโปรแกรมคอยบริการแก่ผู้ใช้ ซึ่งโปรแกรมจะแบ่งออกเป็นหลายส่วน และมีหน้าที่การทำงานต่างๆ กันไปให้ผู้ใช้ได้เลือกใช้ ซึ่งแบ่งออกเป็น MODE ต่าง ๆ ซึ่งการทำงานในโหมดต่างๆ จะเป็นไปดังรายละเอียดที่จะกล่าวต่อไป

## MODE 1

' ~ENTER NEW TIME ~'

หน้าที่ : เปลี่ยนเวลาจริงของเครื่องส่งใหม่ ซึ่งผู้ใช้สามารถเปลี่ยนแปลงเวลานี้ให้เท่ากับเวลาที่ผู้ใช้ต้องการได้

วิธีใช้ : จากหน้าจอปกติแสดงเวลาจริงของระบบ กดคีย์ '1' หนึ่งครั้ง หน้าจอ LCD ก็จะเป็นดังรูปที่ ก.1 จากนั้นหน้าจอจะเปลี่ยนไป ดังรูปที่ ก.2 เพื่อให้ผู้ใช้เลือกว่าต้องการจะตั้ง วัน เดือน ปี หรือไม่ ถ้ากด "YES" หน้าจอก็จะเปลี่ยนไป ดังรูป ที่ ก.3 เพื่อทำการกรอกรับข้อมูลตัวเลข วัน เดือน ปี โดยที่ M/DD/YY หมายถึง เดือน วัน และปี ตามลำดับ เมื่อป้อนข้อมูลเสร็จแล้ว หน้าจอจะเปลี่ยนไป ดังรูปที่ ก.4 เพื่อถามผู้ใช้ว่าต้องการทำการตั้ง เวลาใหม่หรือไม่ ถ้าต้องการก็กด "YES" หน้าจอเปลี่ยนไปดังรูป ก.5 เพื่อทำการกรอกรับข้อมูลตัวเลข ชั่วโมง นาที และวินาที โดยที่ HH:MM:SS หมายถึง ชั่วโมง นาที และวินาที ตามลำดับ เมื่อผู้ใช้ป้อนข้อมูลเสร็จแล้ว ก็จะเข้าสู่หน้าจอปกติเหมือนเดิม

MODE 1

"ENTER NEW TIME "

MODE 1  
ENTER NEW TIME

รูปที่ ก.1 แสดงหน้าจอ MODE 1

SET NEW DATE  
(Y/N) :

รูปที่ ก.2

ENTER NEW DATE  
MM:DD:YY

รูปที่ ก.3

SET NEW TIME

(Y/N) :

รูปที่ ก.4

ENTER NEW TIME

HH:MM:SS

รูปที่ ก.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการใช้งาน MODE 1

กดคีย์

การแสดงผลของหน้าจอ

1

MODE 1 ENTER NEW TIME

;เข้า MODE 1

Y

SET NEW DATE (Y/N) :

ENTER NEW DATE

MM:DD:YY

0 1 0 4 9 5

01: 04 : 95

;ตั้งวันที่ 4 เดือนมกราคม 1995

SET NEW TIME ( Y/N ) :

Y

ENTER NEW TIME

HH : MM : SS

0 9 3 0 0 0

09 : 30 : 00

;ตั้งเวลาที่ 9 : 30 น

## MODE 2

'~ DETAIL OF DEVICE ~'

หน้าที่ : แสดงสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้าในขณะนั้น ๆ ว่าอยู่ในสถานะ ON หรือ OFF นอกจากนี้ ผู้ใช้ยังสามารถเพิ่มเติมรายละเอียดสั้นๆ ที่เป็นตัวอักษรเกี่ยวกับอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นๆ เมื่ออยู่ใน MODE 2 นี้อีกด้วย

วิธีใช้ : จากหน้าจอปกติ กดคีย์ '2' หนึ่งครั้ง โดยหน้าจอจะแสดงดังรูปที่ ก.6 หลังจากนั้นก็จะเข้าสู่การทำงาน MODE 2 จากรูปที่ ก.7 เป็นการเลือกหมายเลขของเครื่องรับ (1 - 9) ซึ่งสามารถขีดหมายเลขของเครื่องรับได้ โดยการปรับที่ DIP SWITCH เมื่อเลือกเสร็จหน้าจอ LCD ก็จะเปลี่ยนเป็นดังรูป ก.8 ซึ่งเป็นการเลือกหมายเลขของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่ออยู่กับภาครับ (1 - 7) เมื่อผู้ใช้กดตัวเลขของอุปกรณ์ไฟฟ้าแล้ว จอ LCD ก็แสดงข้อมูลปิด/เปิด ดังรูปที่ ก.9 ซึ่งผู้ใช้สามารถเพิ่มตัวอักษร เป็นข้อความสั้นๆ เกี่ยวกับอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นๆ โดย สามารถเพิ่มเติมข้อความ ตัวอักษร สัญลักษณ์ต่าง ๆ ในรูปแบบภาษาอังกฤษ โดยใช้ร่วมกับคีย์ ' ' และ ' ' ตามรูปที่ ก.10 หลังจากนั้นกดคีย์ 'YES' หนึ่งครั้ง หน้าจอ LCD จะเปลี่ยนเป็นดังรูป ก.11 เพื่อให้ผู้ใช้เลือกดูรายละเอียดการ เปิด-ปิด ของอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆอีก หรือไม่ ถ้ากดคีย์ 'NO' ก็จะกลับ เข้าสู่หน้าจอปกติ

MODE 2

" *DETAIL OF DEVICE* "

MODE 2  
DEAIL OF DEVICE

รูปที่ ก.6 แสดงหน้าจอ MODE 2

RECEIVER NO.  
(1-9) :

รูปที่ ก.7

DEVICE NO.  
(1-7) :

รูปที่ ก.8

DEVICE 1.1      ON

รูปที่ ก.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NEW NAME OF 1.1

รูปที่ ก.10

LOOK ANOTHER  
DEVICE (Y/N)

รูปที่ ก.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตัวอย่างการใช้งานของ MODE 2

กตศัย์

การแสดงผลหน้าจอ

2.

MODE 2 DETAIL OF DEVICE

;ตรวจสอบการทำงาน

RECEIVER NO. ( 1-9 ) :

ของอุปกรณ์

1

DEVICE NO. ( 1-7 ) :

Y

DEVICE 1.2 ON

;แสดงว่าเครื่องหมายเลข 1  
อุปกรณ์ตัวที่ 2 กำลังทำงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## MODE 3

' ~SET ALARM ON / OFF ~'

หน้าที่ : ตั้งเวลาเปิด - ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า ตามที่ผู้ใช้ป้อนเข้ามา

วิธีใช้ : กดคีย์ '3' หน้าจอ LCD จะแสดงดังรูป ก.12 หลังจากนั้นเข้าสู่การทำงานของ โหมด 3 ซึ่งหน้าจอ LCD แสดงตามรูปที่ ก.13 เป็นการให้ผู้ใช้เลือกหมายเลขของเครื่องรับ และหมายเลขของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการจะควบคุม ตามรูปที่ ก.14 เมื่อผู้ใช้ป้อนหมายเลขของอุปกรณ์ไฟฟ้าเสร็จแล้ว หน้าจอก็จะเปลี่ยนไปดังรูปที่ ก.15 เพื่อถามผู้ใช้ว่าต้องการจะตั้งเวลาหรือไม่ ถ้าตอบ 'YES' หน้าจอก็จะเปลี่ยนเป็นดังรูปที่ ก.16 เพื่อให้ผู้ใช้ทำการตั้งวัน เดือน ปี และเวลาที่ต้องการจะ เปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าตามต้องการ หลังจากที่ใช้ ป้อนค่าเสร็จแล้ว หรือผู้ใช้ตอบ 'NO' หน้าจอ ก็จะเปลี่ยนเป็นดังรูปที่ ก.17 เพื่อทำการรอกการป้อน ชั่วโมง และนาที ที่ต้องการเปิด-ปิด เมื่อเสร็จแล้ว หน้า จอก็เปลี่ยนเป็นดังรูปที่ ก.18 เพื่อให้ผู้ใช้เลือกการตั้งเวลาเปิด-ปิด อุปกรณ์อื่นๆ หรือไม่ ถ้าตอบ 'NO' ก็จะเข้าสู่ หน้าจอปกติต่อไป

\* ขั้นตอนไหนที่ต้องการข้ามให้กดคีย์ 'YES'

MODE 3

" SET ALARM ON / OFF "

MODE 3  
SET ALARM ON-OFF

รูปที่ ก.12 แสดงหน้าจอ MODE 3

RECEIVER NO.  
(1-9) :

รูปที่ ก.13

DEVICE NO.  
(1-7) :

รูปที่ ก.14

SET TIME ONLY ?  
(Y/N) :

รูปที่ ก.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ON DATE OF 1.1  
MM:DD:YY

รูปที่ ก.16

ON TIME OF 1.1  
HH:MM:SS

รูปที่ ก.17

SET ANOTHER  
DEVICE ? (Y/N) :

รูปที่ ก.18

ตัวอย่างการใช้งานของ MODE 3

กดคีย์

การแสดงผลของหน้าจอ

MODE 3 SET ALARM ON/OFF

;ตั้งเวลาการเปิดปิดของ

RECEIVER NO. (1-9) :

อุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น

9

หมายเลขเครื่องที่ 9

DEVICE NO. (1-7)

อุปกรณ์ที่ 3

3

SET TIME ONLY ? (Y/N):

ON DATE OF 9.3

MM : DD : YY

01 : 11 : 95

;ตั้งวันที่เปิด 11 เดือน

มกราคม 1995

ON TIME OF 9.3

HH : MM : SS

05 : 45 : 00

;ตั้งเวลาเปิด 05 : 45 น.

SET ANOTHER

;ต้องการ SET ตัวอื่นๆ

DEVICE ? (Y/N)

อีกหรือไม่ ถ้าไม่ต้องการ

กด

## MODE 4

• DELETE ALL DATA & CLEAR ALL DEVICE •

หน้าที่ : ลบข้อมูลทั้งหมดในหน่วยความจำของเครื่องที่ผู้ใช้ป้อนเข้ามา ยกเว้นข้อมูลเวลาจริงของเครื่องพร้อมทั้งฟังก์ชันการ CLEAR DEVICE

วิธีใช้ : กดคีย์ '4' หน้าจอ LCD ก็จะแสดงดังรูปที่ ก.19 จากนั้นก็จะ เข้าสู่การทำงาน ของโหมด 4 โดยหน้าจอจะเปลี่ยนเป็นดังรูปที่ ก.20 หลังจากนั้นจะถามว่าต้องการลบค่าที่ตั้งไว้ทุกค่าหรือไม่ ถ้าตอบ "YES" หน้าจอก็แสดงดังรูปที่ ก.21 เพื่อถามว่าต้องการเคลียร์การทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกตัวหรือไม่ หลังจากนั้นก็จะกลับเข้าสู่หน้าจอปกติ



MODE 4

" DELETE ALL DATA "

MODE 4  
CLEAR SETTING

รูปที่ ก.19 แสดงหน้าจอ MODE 4

CLEAR EVERY DATA  
SETTING (Y/N) :

รูปที่ ก.20

CLEAR DEVICES AS  
WELL ? (Y/N) :

รูปที่ ก.21

OK

รูปที่ ก.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตัวอย่างการใช้งานของ MODE 4

กดคีย์

การแสดงผลของหน้าจอ

4

MODE 4 DELETE ALL DATA ;ลบข้อมูล

& CLEAR ALL DEVICE

CLEAR EVERY DATA

SETTING (Y/N) :

Y

CLEAR DEVICE AS WELL ? (Y/N) :

Y

OK



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## MODE 5

'~ DIRECT CONTROL ~'

หน้าที่ : ควบคุมให้อุปกรณ์ไฟฟ้า เปิด-ปิด โดยตรง

วิธีใช้ : กดคีย์ '5' หน้าจอ LCD ก็จะแสดงดังรูปที่ ก.23 จากนั้นก็จะเข้าสู่การทำงานในโหมด 5 โดยหน้าจอจะแสดงดังรูป ก.24 เพื่อให้ผู้ใช้เลือกหมายเลขของเครื่องรับ เมื่อป้อนเสร็จแล้วหน้าจอ LCD ก็จะเปลี่ยนเป็นดังรูปที่ ก. 25 เพื่อให้ผู้ใช้เลือกหมายเลขอุปกรณ์ไฟฟ้าที่จะควบคุม จากนั้นก็จะถามว่าต้องการให้ ON หรือ OFF ดังรูปที่ ก.26 หลังจากนั้นก็จะเข้าสู่หน้าจอปกติ

MODE 5

" DIRECT CONTROL "

MODE 5  
DIRECT ON-OFF

รูปที่ ก.23 แสดงหน้าจอ MODE 5

RECEIVER NO.  
(1-9) :

รูปที่ ก.24

DEVICE NO.  
(1-7) :

รูปที่ ก.25

DEVICE 1.1  
ON ? :

รูปที่ ก.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## MODE 6

' ~AIR CONDITION ~'

หน้าที่ : ควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศให้ทำงานตามอุณหภูมิที่ตั้งไว้

วิธีใช้ : กดคีย์ '6' หน้าจอ LCD ก็จะแสดงดังรูปที่ ก.27 แล้วก็จะเข้าสู่การทำงานของโหมด 6 โดยหน้าจอจะแสดงดังรูปที่ ก.28 เพื่อให้ผู้ใช้ป้อนค่าอุณหภูมิที่ต้องการจะควบคุม (16 - 30 องศาเซนเซียส) และหน้าจอจะเปลี่ยนเป็นดังรูปที่ ก.29 เพื่อให้ผู้ใช้เลือกว่าจะให้เครื่องปรับอากาศทำงาน โดยทันทีหรือจะตั้งเวลาเปิด-ปิด ถ้าตอบ 'YES' ก็จะเป็นการสั่งให้เปิด-ปิดการทำงานของเครื่องปรับอากาศโดยทันที โดยหน้าจอจะแสดงดังรูปที่ ก.30 แต่ถ้าตอบ 'NO' หน้าจอก็จะแสดงดังรูปที่ ก.31 เพื่อให้ผู้ใช้เลือกว่าจะตั้งวัน เดือน ปี หรือว่าจะตั้งเฉพาะเวลาอย่างเดียว เมื่อต้องการจะตั้งเฉพาะเวลาอย่างเดียวก็นกด 'YES' เครื่องก็จะทำการถาม ชั่วโมง นาที ที่ต้องการให้ เครื่องปรับอากาศเปิด และ ปิด ดังแสดงในรูปที่ ก.32 และ 33 ตามลำดับ เมื่อป้อนข้อมูล เสร็จแล้วก็จะกลับสู่หน้าจอปกติต่อไป

หมายเหตุ : การควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศนี้ ได้ถูกออกแบบให้เป็นการควบคุมแบบอัตโนมัติ เพื่อความสะดวกในการใช้งาน คือ เมื่ออุณหภูมิภายในห้อง สูงเกินกว่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ 4 องศาเซลเซียส ความเร็วของพัดลมจะถูกกำหนดให้ทำงานเป็นแบบ HIGH SPEED แต่ถ้าอุณหภูมิภายในห้อง มีค่ามากกว่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ แต่ไม่เกินสององศาเซนเซียส ความเร็วของพัดลมจะถูกกำหนดให้ทำงาน MEDIUM SPEED และถ้าอุณหภูมิภายในห้องมีค่าเท่ากับหรือต่ำกว่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ ความเร็วของพัดลมจะถูกกำหนดให้ทำงานแบบ LOW SPEED พร้อมกับหยุดการทำงานของคอมเพรสเซอร์ จนกว่า อุณหภูมิภายในห้องสูงกว่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ คอมเพรสเซอร์ก็จะทำงานอีกครั้ง นอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนี้ยังมีการหน่วงเวลา 3 นาที ก่อนที่จะให้เครื่องปรับอากาศทำงาน  
อีกครั้ง หลังจากการปิดในแต่ละครั้งด้วย เพื่อป้องกันการเสียหายของ  
คอมเพรสเซอร์อันเนื่องมาจากการ ปิด / เปิด โดยทันที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MODE 6

" AIR CONDITION "

MODE 6  
AIR CONDITION

รูปที่ ก.27 แสดงหน้าจอ MODE 6

TEMPERATURE ?  
(16-30) :

รูปที่ ก.28

DIRECT ON/OFF  
(Y/N) :

รูปที่ ก.29

AIR ON ?  
(Y/N) :

รูปที่ ก.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SET TIME ONLY ?

(Y/N) :

รูปที่ ก.31

ON TIME

HH:MM:SS

รูปที่ ก.32

OFF TIME

HH:MM:SS

รูปที่ ก.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการใช้งานของ MODE 6

กดคีย์

การแสดงผลหน้าจอ

6

MODE 6 AIR CONDITION

: เปิดปิด และตั้งอุณหภูมิของ

TEMPERATURE ? (16-30) :

เครื่องปรับอากาศ ตัวอย่าง

2  7

DIRECT ON/OFF (Y/N) :

ตั้งอุณหภูมิที่ 27 °C

Y

AIR ON (Y/N) ? :

Y

✍ การร้องขอทางโทรศัพท์ ที่มีถึงหมายเลข 3267313 ส่องโมบิลคอมไฟท์แห่ง  
ที่ ๑.๑ ๑.๒ ๑.๓ และ 1.1 ส่วน

วิธีการ. 1. ขนุนโทรศัพท์ ของหมายเลข  ๑  ๒  ๓  ๔  ๑  ๓ อร่อยสัก  
มากขอรับประมาณ 8 ครั้ง. แสดงภาพที่ สดขบวน 0. เอ็ม 9 นี  
กดคีย์  ๑  ๔ ซึ่งเมื่อจบแล้ว

๒. กดคีย์  ๕ ตามด้วย .

-  ๑  ๑  แสดงไฟตำแหน่งที่ ๑.๓ ส่วน.

-  ๑  ๒  \_\_\_\_\_ ๓ \_\_\_\_\_ ๑.๒ \_\_\_\_\_

-  ๑  ๓  \_\_\_\_\_ ๓ \_\_\_\_\_ ๑.๑ \_\_\_\_\_

-  ๑  ๑  \_\_\_\_\_ ๓ \_\_\_\_\_ 1.1 \_\_\_\_\_

๓. กดคีย์  ๑  ๔ ขนุนโทรศัพท์.

๑. กดคีย์ตามขั้นตอนของไฟ ตำแหน่งที่ ๑. ๓ ทำได้โดย.

1. กดคีย์ตามด้วย.

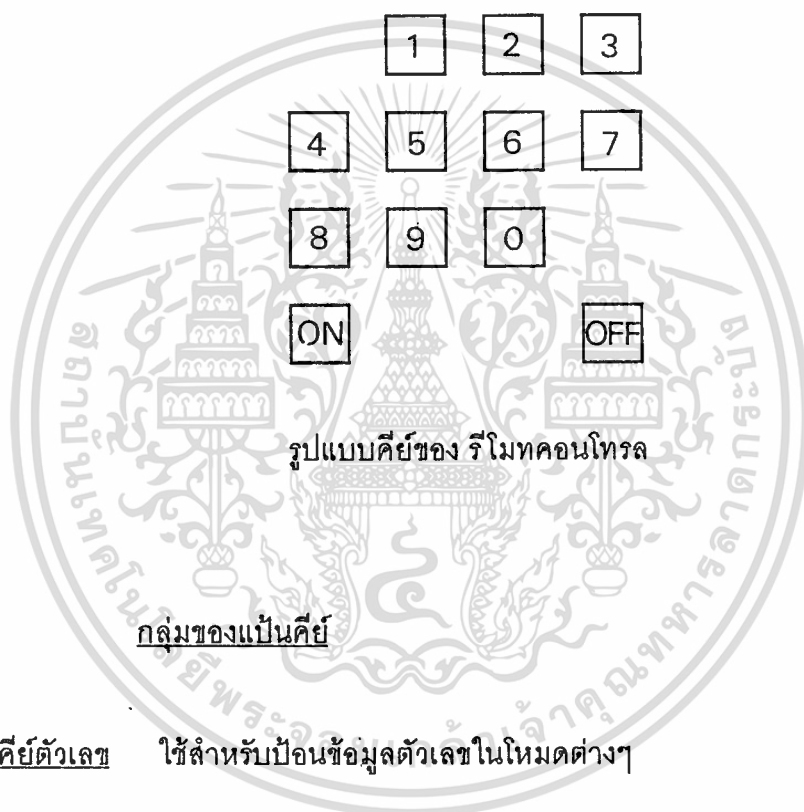
๒. กดคีย์  ๑ ตามด้วย.  ๑  ๑  ๑

๓. กดคีย์  ๑  ๔ ขนุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การใช้ REMOTE CONTROL ควบคุมการทำงาน

เครื่องควบคุมการทำงานระยะไกล ที่ใช้ ในการควบคุมระบบ ในปริญญา นิพนธ์ฉบับนี้ได้แก่ อินฟราเรด รีโมทคอนโทรล และ โทรคัพท์ ได้ออกแบบ ไว้ให้มีหน้าที่และ การใช้งานเพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้ง่าย โดยไม่ต้องจำกฎเกณฑ์ต่างๆ มากเกินไป โดยมี รายละเอียดและหน้าที่การใช้งาน ของแป้น คีย์ต่างๆ ของ อินฟราเรด รีโมทคอนโทรล ดังนี้



แป้นคีย์ตัวเลข ใช้สำหรับป้อนข้อมูลตัวเลขในโหมดต่างๆ

แป้นคีย์หน้าที่พิเศษ

1) คีย์ 'ON' มีหน้าที่

- เมื่อต้องการ SET DATE & TIME ในโหมด 3
- เมื่อต้องการให้อุปกรณ์ไฟฟ้าเปิด

2) คีย์ 'OFF' มีหน้าที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อต้องการ SET TIME ONLY ในโหมด 3
- เมื่อต้องการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าให้ปิด

### การใช้งานในโหมดต่างๆ

เนื่องจากการควบคุมระยะไกลผ่านเครื่องควบคุม ซึ่งได้แก่รีโมท คอนโทรล เราไม่สามารถมองเห็นหน้าจอ LCD ในขณะใช้งานได้ ดังนั้นเราจึงได้ออกแบบให้สามารถใช้งานได้ง่ายที่สุดและได้ตัดโหมดบางโหมด ออกไปตามความจำเป็น โดยโหมดต่างๆ ที่ได้ออกแบบให้ใช้ อินฟราเรด รีโมทคอนโทรล สั่งงานได้มีดังต่อไปนี้

- 1) MODE 3 \* SET ALARM ON/OFF \*
- 2) MODE 5 \* DIRECT CONTROL \*
- 3) MODE 6 \* AIR CONDITION \*

#### MODE 3

วิธีใช้งาน :

- กดคีย์ '3' หนึ่งครั้งจะเข้าสู่การทำงานในโหมด 3
- ป้อนค่าหมายเลขของเครื่องรับ
- ป้อนค่าหมายเลขของอุปกรณ์ไฟฟ้า
- กดคีย์ 'ON' หรือคีย์ 'OFF' หนึ่งครั้ง เพื่อเลือกหน้าที่การ  
ใช้งานโดยที่กดคีย์ 'ON' เมื่อต้องการเซท DATE & TIME  
และจะกดคีย์ 'OFF' เมื่อต้องการเซท TIME ONLY
- ป้อนค่าตัวเลข ตามคีย์ 'ON' หรือ 'OFF' ที่เลือก โดย  
ป้อนเวลาเปิดก่อน และตามด้วยเวลาปิด เช่น ถ้าหากต้อง  
การตั้ง DATE & TIME ก็ให้กดคีย์ตัวเลขที่ต้องการตั้งจน  
ครบทั้ง 20 หลัก (MM/DD/YY และ HH:MM) โดยตัว  
เลข 10 หลักแรกเป็น DATE & TIME ที่ต้องการให้ทำงาน  
และตัวเลข 10 หลักหลังจะเป็น DATE & TIME ที่ต้องการ  
ให้หยุดทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

\* ถ้าเห็น TIME ONLY ป้อนค่าตัวเลขแค่ 4 หลัก (HH:MM)

ตัวอย่างการใช้งานโหมด 3

ต้องการให้อุปกรณ์ไฟฟ้าตัวที่ 1 ของภาครับหมายเลข 3 ทำงานโดยให้

เปิดที่เวลา 08:00 น.

ปิดที่เวลา 08:30 น.

ให้กดคีย์ดังต่อไปนี้

- MODE NO. 3
- RECEIVER NO. 3
- DEVICE NO. 1
- "OFF" "OFF"
- HH 08 : ON HOUR
- MM 00 : ON MINUTE
- HH 08 : OFF HOUR
- MM 30 : OFF MINUTE

สรุป : ให้กดคีย์ 3 3 1 OFF 08 00 08 30

หมายเหตุ : ถ้าหากกดข้ามขั้นตอนนี้หรือกดผิด โปรแกรมจะหลุดออกจาก  
การทำงานทันที ต้องเริ่มป้อนใหม่อีกครั้ง

## MODE 5

- วิธีใช้งาน :
- กดคีย์ '5' หนึ่งครั้งจะเข้าสู่การทำงานในโหมด 5
  - ป้อนค่าหมายเลขเครื่องรับ
  - ป้อนค่าหมายเลขอุปกรณ์ไฟฟ้า
  - กดคีย์ 'ON' เมื่อต้องการให้อุปกรณ์ไฟฟ้าเปิด
  - กดคีย์ 'OFF' เมื่อต้องการให้อุปกรณ์ไฟฟ้าปิด

### ตัวอย่างการใช้งานโหมด 5

เมื่อต้องการให้อุปกรณ์ไฟฟ้าตัวที่ 3 ของภาครับตัวที่ 1 ทำงาน

- MODE NO. 5
- RECEIVER NO. 1
- DEVICE NO. 3
- 'ON' 'ON'

เมื่อต้องการให้อุปกรณ์ไฟฟ้าตัวที่ 3 ของภาครับตัวที่ 1 หยุดทำงาน

- MODE NO. 5
- RECEIVER NO. 1
- DEVICE NO. 3
- 'OFF' 'OFF'

## MODE 6

- วิธีใช้งาน
- กดคีย์ '6' หนึ่งครั้งจะเข้าสู่การทำงานในโหมด 6
  - กดคีย์ 'ON' 2 ครั้งเมื่อต้องการให้เครื่องปรับอากาศทำงาน
  - กดคีย์ 'ON' หนึ่งครั้งและคีย์ 'OFF' อีกหนึ่งครั้ง เมื่อต้องการให้เครื่องปรับอากาศหยุดทำงาน

### ตัวอย่างการทำงานโหมด 6

เมื่อต้องการเปิดเครื่องปรับอากาศให้กดคีย์ดังนี้

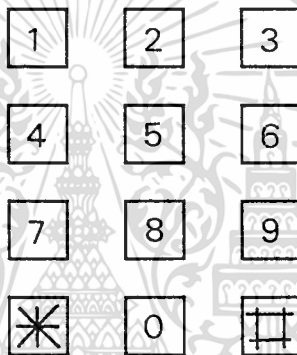
- MODE NO 6
- ON 'ON'
- ON 'ON'

เมื่อต้องการให้เครื่องปรับอากาศหยุดทำงานให้กดคีย์ดังนี้

- MODE NO 6
- OFF 'ON'
- OFF 'OFF'

## การใช้ TELEPHONE ความคมการทำงาน

เครื่องควบคุมการทำงานระยะไกล อีกชนิดหนึ่งที่ถูกออกแบบให้ใช้ใน การควบคุมระบบในปริณญาณิพนธ์ฉบับนี้คือ การสั่งงานทางระบบโทรศัพท์ ซึ่ง ได้ออกแบบไว้ให้มีหน้าที่และการใช้งานเพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้ง่าย โดย ไม่ต้องจำกฎเกณฑ์ต่างๆ มากเกินไป โดยมีรายละเอียดและหน้าที่การใช้งาน ของแป้นคีย์ต่างๆ คล้ายๆกับการสั่งงานทาง อินฟาเรท รีโมทคอนโทรล ดังนี้



รูปแบบแป้นคีย์ของโทรศัพท์

กลุ่มของแป้นคีย์ แบ่งออกเป็น

แป้นคีย์ตัวเลข ใช้สำหรับป้อนข้อมูลตัวเลขในโหมดต่างๆ

แป้นคีย์หน้าที่พิเศษ

1) คีย์ \* \*\* มีหน้าที่

- เมื่อต้องการ set DATE & TIME ในโหมด 3
- เมื่อต้องการให้อุปกรณ์ไฟฟ้าเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2) คีย์ '#' มีหน้าที่

- เมื่อต้องการ set TIME only ในโหมด 3
- เมื่อต้องการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าให้ปิด

### การใช้งานในโหมดต่างๆ

ฟังก์ชันในการทำงานก็มีลักษณะคล้ายๆ กับการควบคุมด้วยรีโมทคอนโทรล แตกต่างกันตรงที่การใช้โทรศัพท์ควบคุมการทำงานนั้นจะต้องใส่รหัสผ่านก่อนที่จะสั่งงาน และก่อนที่จะวางหูทุกครั้ง ทั้งนี้เพื่อป้องกันการใช้งานโดยไม่ได้ตั้งใจโดยโหมดต่างๆ ที่ได้ออกแบบให้ใช้งานได้มีดังต่อไปนี้

- 1) MODE 3 " SET ALARM ON/OFF "
- 2) MODE 5 " DIRECT CONTROL "
- 3) MODE 6 " AIR CONDITION "

\*\*\* ก่อนและหลังการสั่งงานทางโทรศัพท์ต้องกรอกรหัสผ่าน (pass word) หมายเลข 9 ตามด้วยหมายเลข 4 ทุกครั้ง

### MODE 3

- วิธีใช้งาน :
- กดรหัสผ่าน '9' ตามด้วย '4'
  - กดคีย์ '3' หนึ่งครั้งจะเข้าสู่การทำงานในโหมด 3
  - ป้อนค่าหมายเลขของเครื่องรับ
  - ป้อนค่าหมายเลขของอุปกรณ์ไฟฟ้า
  - กดคีย์ '\*' หรือคีย์ '#' หนึ่งครั้ง เพื่อเลือกหน้าที่การ  
ใช้งานโดยที่กดคีย์ '\*' เมื่อต้องการเซท DATE & TIME  
และจะกดคีย์ '#' เมื่อต้องการเซท TIME ONLY
  - ป้อนค่าตัวเลขจนครบทั้ง 20 หลัก ในกรณี que เลือก DATE &  
TIME โดย 10 หลักแรกจะเป็นเวลาเปิดและ 10 หลักหลัง  
จะเป็นเวลาปิด หรือถ้าเลือก TIME ONLY ก็จะมีป้อนตัว  
เลขเพียงแค่ 8 หลัก
  - ถ้าต้องการควบคุมการทำงานอื่นๆ อีกให้ทำซ้ำเหมือนเดิม
  - เมื่อเสร็จสิ้นการทำงาน ให้กดรหัสผ่าน '9' ตามด้วย '4'  
อีกครั้งหนึ่ง ก่อนการวางหู

### ตัวอย่างการใช้งานโหมด 3

ต้องการให้อุปกรณ์ไฟฟ้าตัวที่ 1 ของภาครับหมายเลข 7 ทำงาน โดยให้  
เปิดที่เวลา 08:00 น.  
ปิดที่เวลา 08:30 น.

ให้กดคีย์ดังต่อไปนี้

- |                |             |
|----------------|-------------|
| - PASS WORD    | 9 ตามด้วย 4 |
| - MODE NO.     | 3           |
| - RECEIVER NO. | 7           |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- set TIME ONLY            '#'
- HH                            08
- MM                            00
- HH                            08
- MM                            30
- PASS WORD                9 ตามด้วย 4

สรุป : ให้กดคีย์ 94 3 7 1 # 08 00 08 30 94

หมายเหตุ : ถ้าหากกดข้ามชั้นตอนหรือกดผิด โปรแกรมจะหลุดออกจากการทำงานทันที ต้องเริ่มป้อนใหม่อีกครั้ง

#### MODE 5

- วิธีใช้งาน :
- กดรหัสผ่าน 9 ตามด้วย 4
  - กดคีย์ '5' หนึ่งครั้งจะเข้าสู่การทำงานในโหมด 5
  - ป้อนค่าหมายเลขเครื่องรับ
  - ป้อนค่าหมายเลขอุปกรณ์ไฟฟ้า
  - กดคีย์ '\*' เมื่อต้องการให้อุปกรณ์ไฟฟ้าเปิด
  - กดคีย์ '#' เมื่อต้องการให้อุปกรณ์ไฟฟ้าปิด
  - กดรหัสผ่าน 9 ตามด้วย 4 เป็นการสิ้นสุดการสั่งงาน

#### ตัวอย่างการใช้งานโหมด 5

เมื่อต้องการให้อุปกรณ์ไฟฟ้าตัวที่ 2 ของภาครับตัวที่ 1 ทำงาน และต้องการให้อุปกรณ์ไฟฟ้าตัวที่ 3 ของภาครับตัวที่ 1 หยุดทำงาน

- PASS WORD                9 ตามด้วย 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- MODE NO. 5
- RECEIVER NO. 1
- DEVICE NO. 2
- "ON" \*\*\*
- PASS WORD 9 ตามด้วย 4

และ

- MODE NO. 5
- RECEIVER NO. 1
- DEVICE NO. 3
- "OFF" "#"
- PASS WORD 9 ตามด้วย 4
- วางหู

### MODE 6

- วิธีใช้งาน :
- กดรหัสผ่าน 9 ตามด้วย 4
  - กดคีย์ '6' หนึ่งครั้งจะเข้าสู่การทำงานในโหมด 6
  - กดคีย์ '\*' และ '\*' เมื่อต้องการให้เครื่องปรับอากาศทำงาน
  - กดคีย์ '\*' และ '#' เมื่อต้องการให้เครื่องปรับอากาศหยุดทำงาน
  - กดรหัสผ่าน 9 และ 4 อีกครั้ง ก่อนการวางหู

### ตัวอย่างการทำงานโหมด 6

**เมื่อต้องการเปิดเครื่องปรับอากาศให้กดคีย์ดังนี้**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- PASS WORD            9 ตามด้วย 4
- MODE NO                6
- ON                        \*\*\* และ \*\*
- PASS WORD            9 ตามด้วย 4
- วางหู

เมื่อต้องการให้เครื่องปรับอากาศหยุดทำงานให้กดคีย์ดังนี้

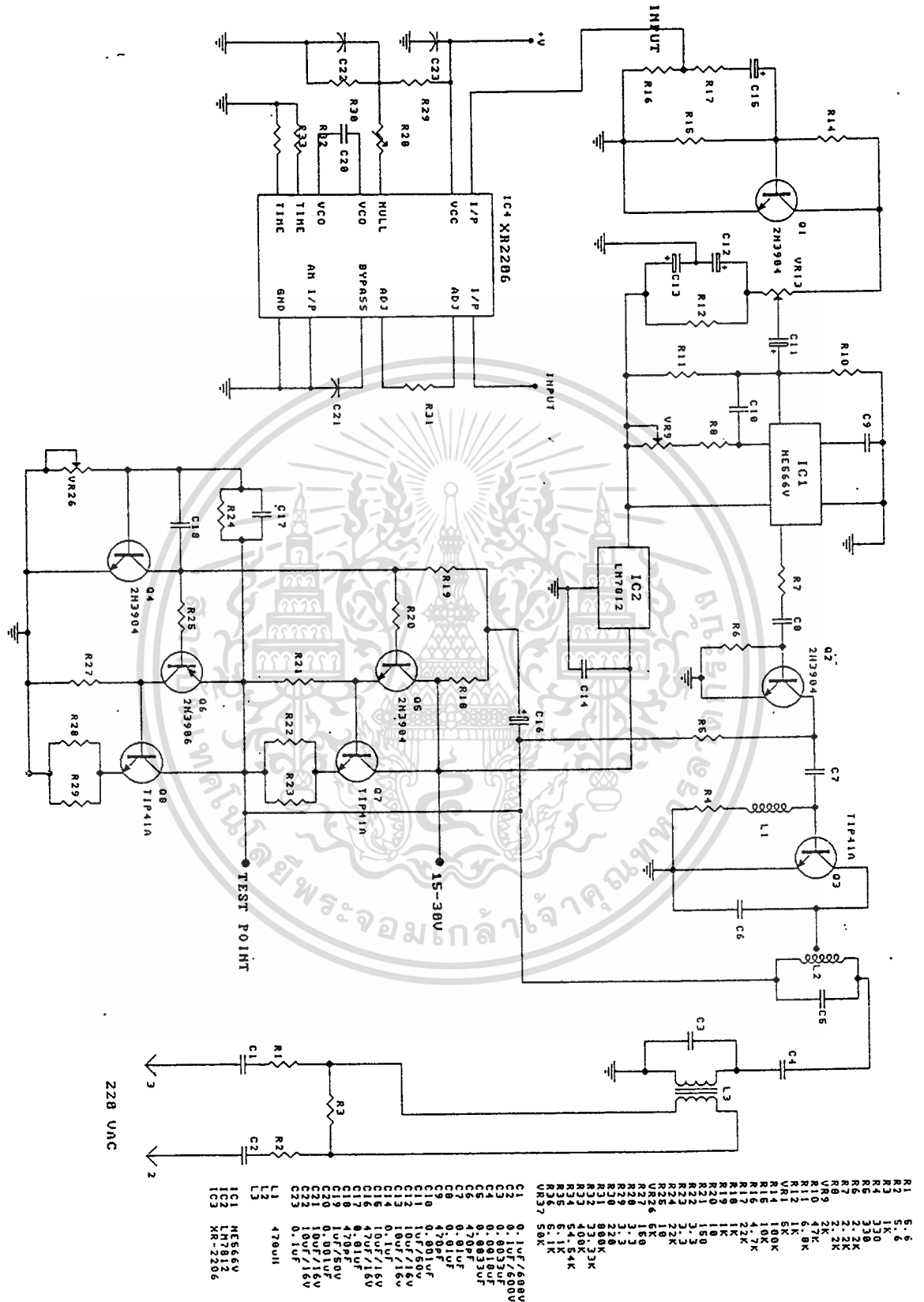
- PASS WORD            9 ตามด้วย 4
- MODE NO                6
- OFF                      \*\* และ #
- PASS WORD            9 ตามด้วย 4
- วางหู



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### รูป วงจรของภาคส่ง

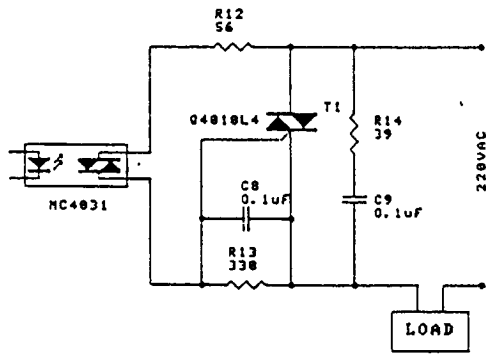
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

01	2N3904
02	7812
03	2N3904
04	2N3904
05	2N3904
06	2N3904
07	T1P41A
08	T1P41A

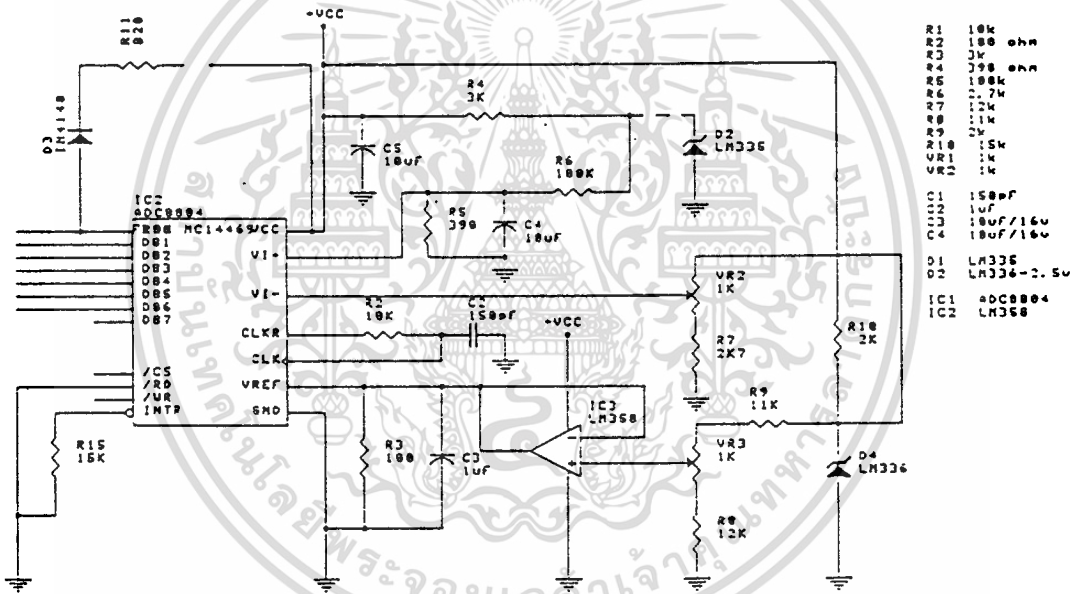
R1	5.6
R2	5.6
R3	1K
R4	330
R5	2.2K
R6	2.2K
R7	2.2K
R8	2.2K
R9	2.2K
R10	4.7K
R11	1K
R12	1.5K
R13	1.5K
R14	1.5K
R15	1.5K
R16	1.5K
R17	1.5K
R18	1.5K
R19	1.5K
R20	1.5K
R21	1.5K
R22	1.5K
R23	1.5K
R24	1.5K
R25	1.5K
R26	1.5K
R27	1.5K
R28	1.5K
R29	1.5K
C1	0.1uF/500V
C2	0.1uF/500V
C3	0.001uF
C4	0.001uF
C5	0.0033uF
C6	470uF
C7	0.01uF
C8	470uF
C9	0.001uF
C10	1uF/50V
C11	10uF/15V
C12	10uF/15V
C13	10uF/15V
C14	10uF/15V
C15	10uF/15V
C16	470uF
C17	1.2uF/50V
C18	0.001uF
C19	10uF/15V
C20	10uF/15V
C21	0.1uF
C22	0.1uF
C23	470uF
L1	470uH
L2	
L3	
IC1	NE555
IC2	7812
IC3	XR-2206

228 VAC



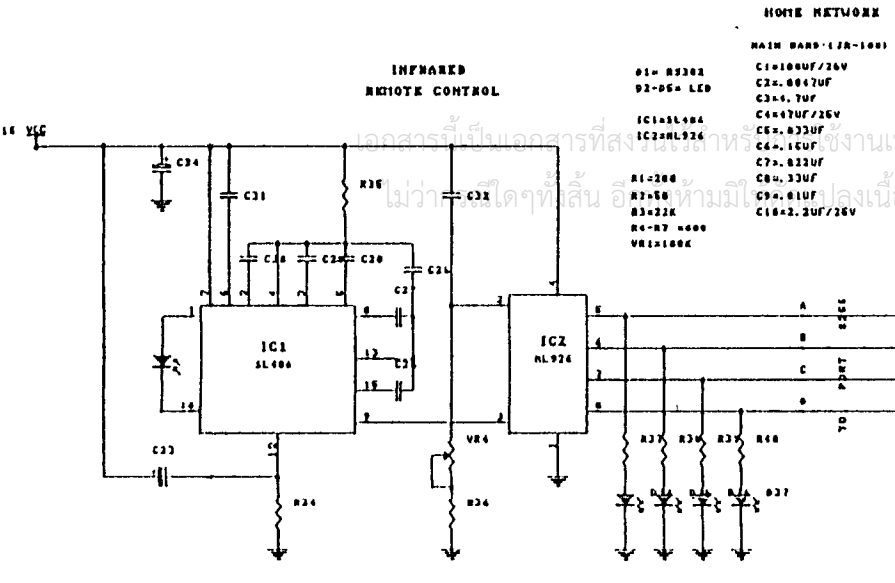
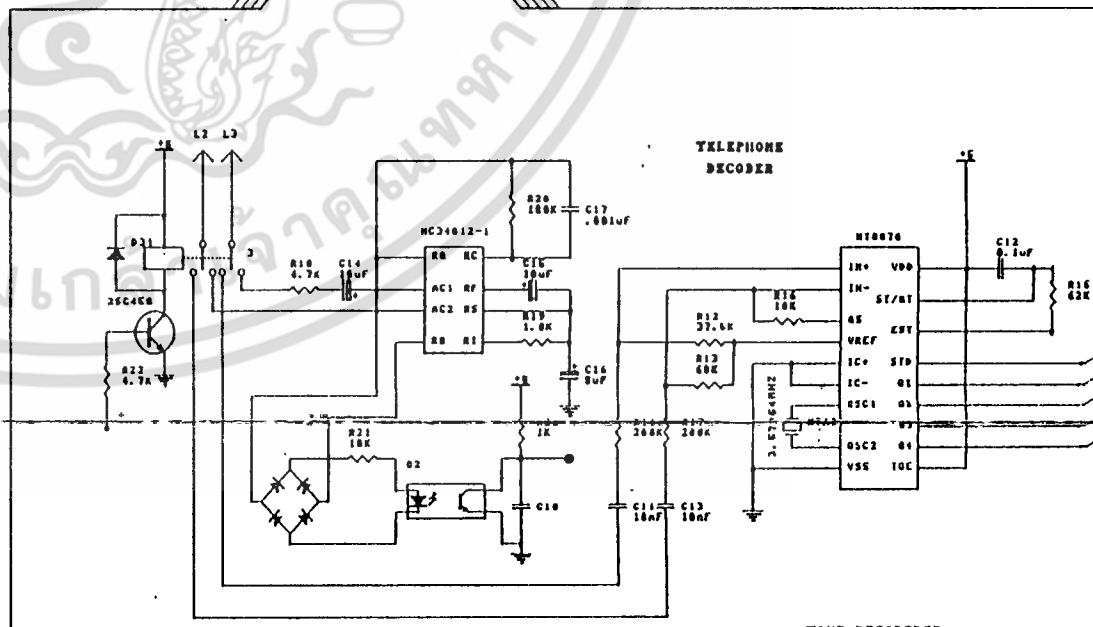
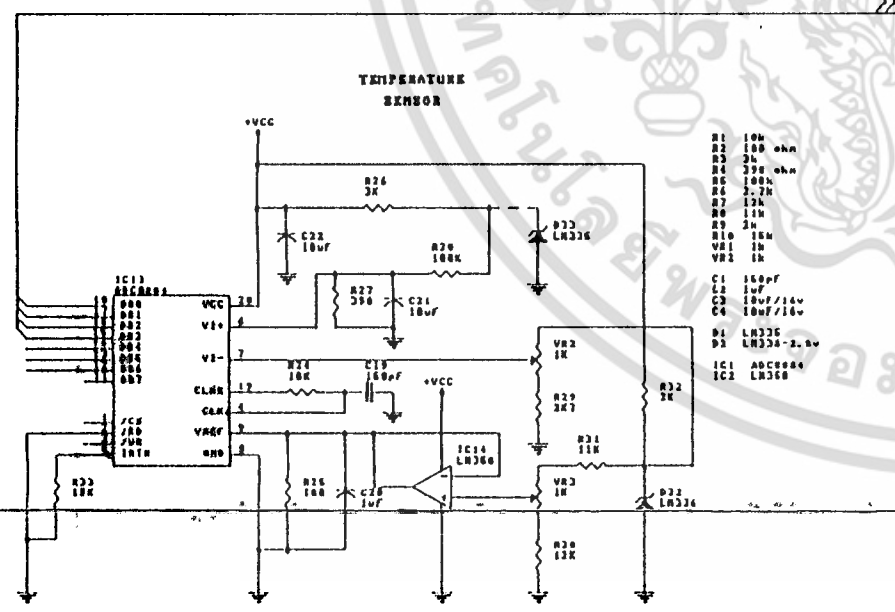
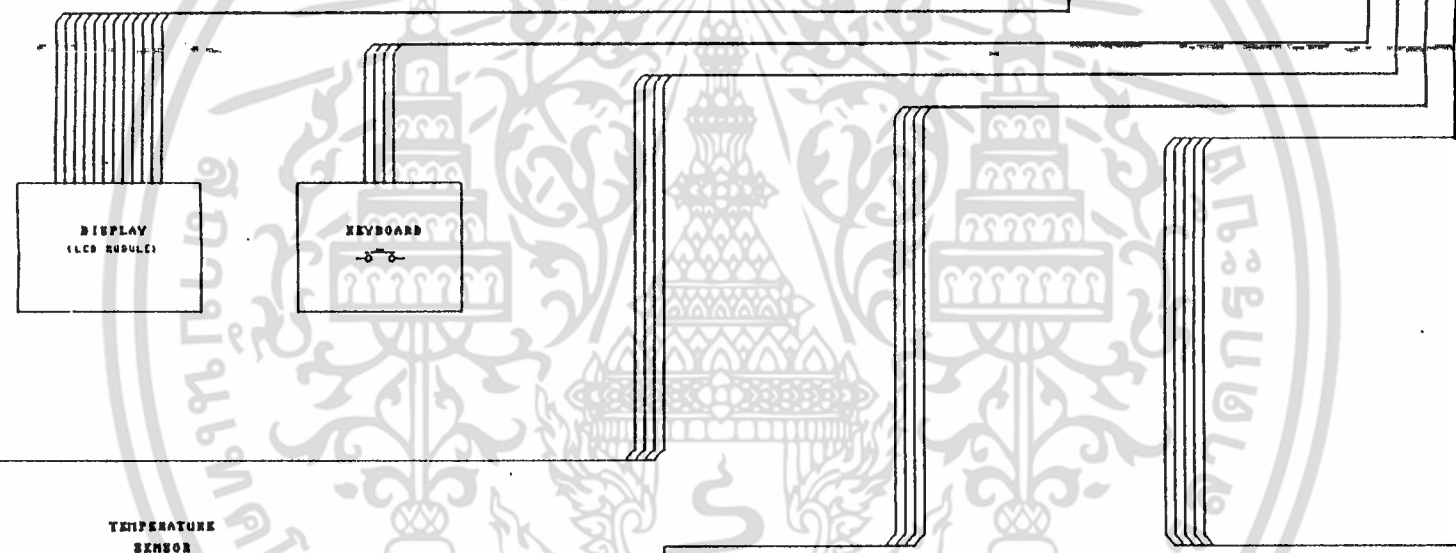
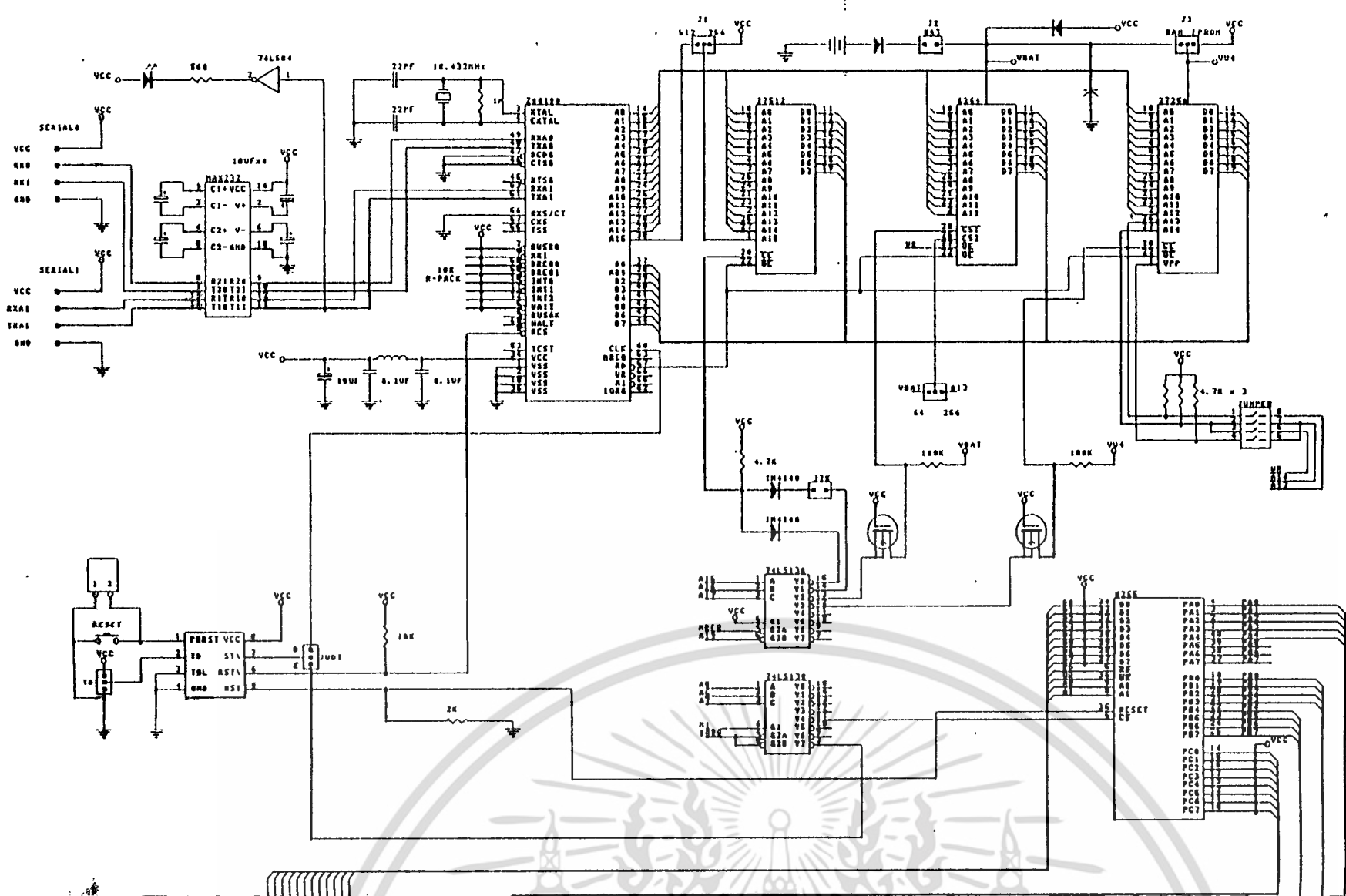


รูป วงจรของภาค OUTPUT (แสดงเพียง 1 ช่อง)



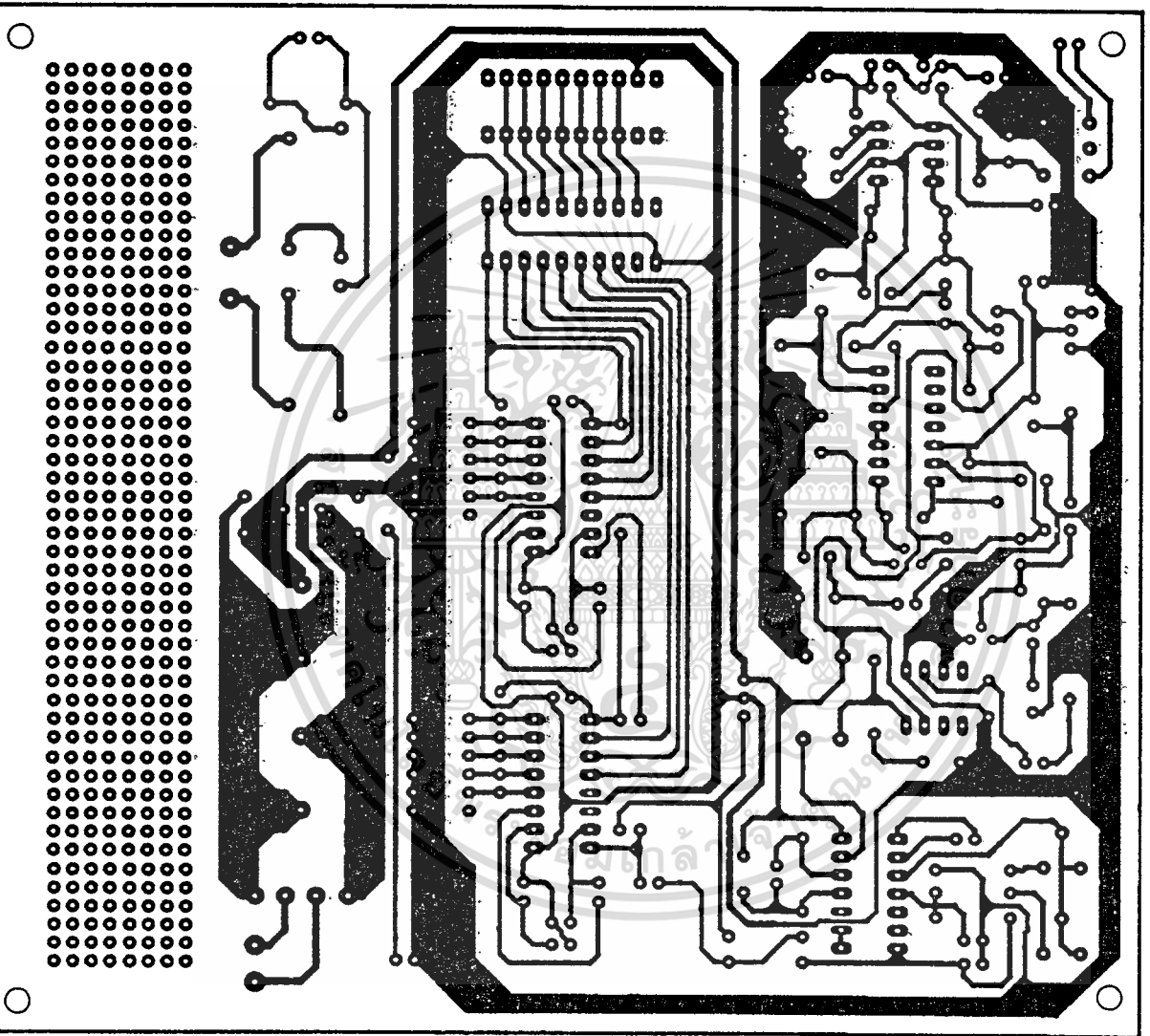
รูป วงจรของภาคตรวจสอบอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



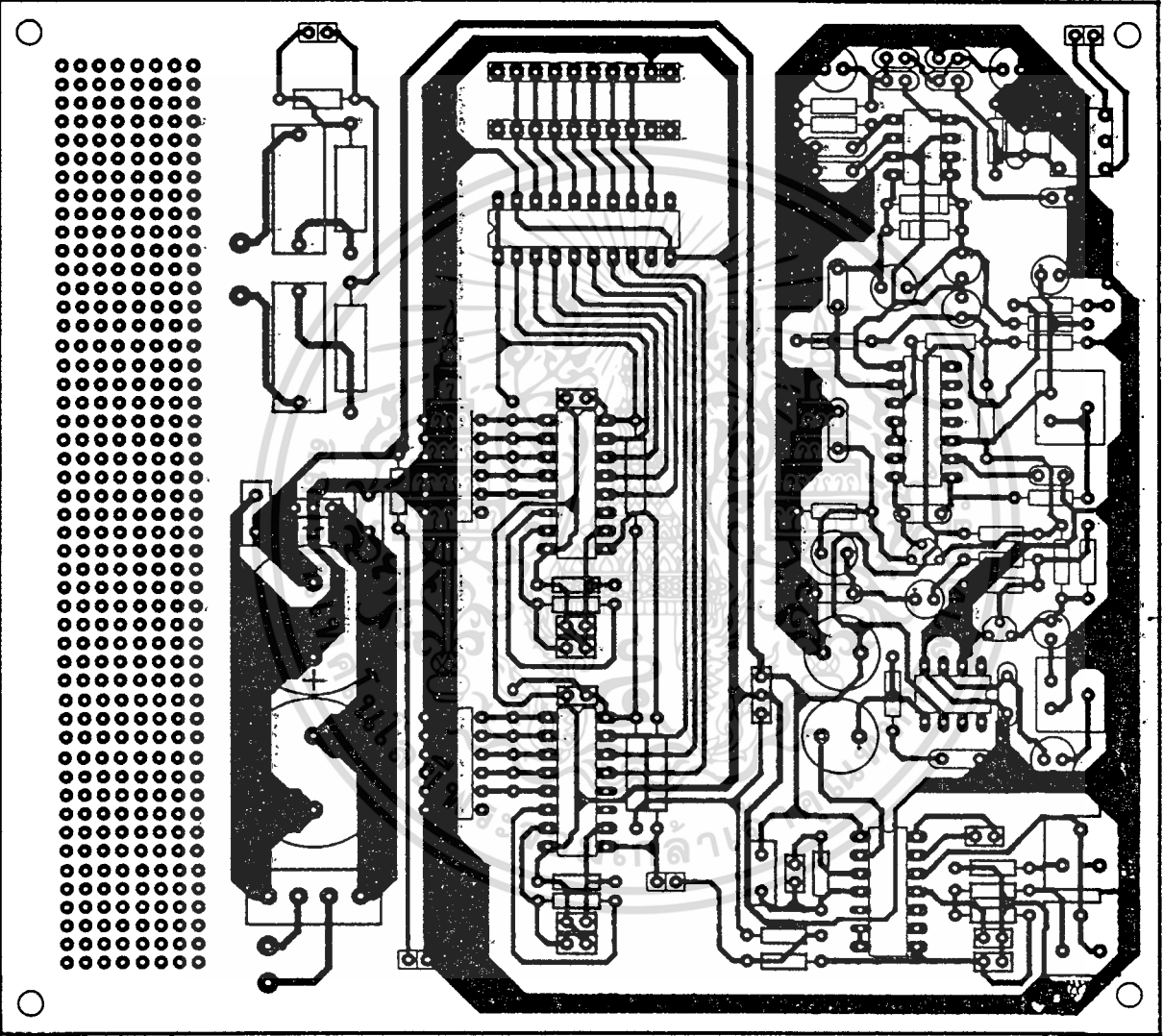
- HOME NETWORK**  
 MAIN BOARD (128-1001)  
 C1=100uF/25V  
 C2=.0047uF  
 C3=.47uF  
 C4=.01uF/25V  
 C5=.033uF  
 C6=.1uF  
 C7=.022uF  
 C8=.33uF  
 C9=.01uF  
 C10=2.2uF/25V
- TEMPERATURE SENSOR**  
 R1=10k  
 R2=100 ohm  
 R3=2k  
 R4=100 ohm  
 R5=100 ohm  
 R6=100 ohm  
 R7=10k  
 R8=1k  
 R9=1k  
 R10=1k  
 R11=1k  
 R12=1k  
 R13=1k  
 R14=1k  
 R15=1k  
 R16=1k  
 R17=1k  
 R18=1k  
 R19=1k  
 R20=1k  
 R21=1k  
 R22=1k  
 R23=1k  
 R24=3k  
 R25=1k  
 R26=1k  
 R27=30k  
 R28=100k  
 R29=1k  
 R30=1k  
 R31=1k  
 R32=1k  
 R33=1k  
 R34=1k  
 R35=1k  
 R36=1k  
 R37=1k  
 R38=1k  
 R39=1k  
 R40=1k  
 R41=1k  
 R42=1k  
 R43=1k  
 R44=1k  
 R45=1k  
 R46=1k  
 R47=1k  
 R48=1k  
 R49=1k  
 R50=1k  
 R51=1k  
 R52=1k  
 R53=1k  
 R54=1k  
 R55=1k  
 R56=1k  
 R57=1k  
 R58=1k  
 R59=1k  
 R60=1k  
 R61=1k  
 R62=1k  
 R63=1k  
 R64=1k  
 R65=1k  
 R66=1k  
 R67=1k  
 R68=1k  
 R69=1k  
 R70=1k  
 R71=1k  
 R72=1k  
 R73=1k  
 R74=1k  
 R75=1k  
 R76=1k  
 R77=1k  
 R78=1k  
 R79=1k  
 R80=1k  
 R81=1k  
 R82=1k  
 R83=1k  
 R84=1k  
 R85=1k  
 R86=1k  
 R87=1k  
 R88=1k  
 R89=1k  
 R90=1k  
 R91=1k  
 R92=1k  
 R93=1k  
 R94=1k  
 R95=1k  
 R96=1k  
 R97=1k  
 R98=1k  
 R99=1k  
 R100=1k

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะมีใดๆที่สิ้น อี...  
 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดงลายวงจรของภาครับสัญญาณ และภาคตีโคตเตอร์  
( ด้านบน )

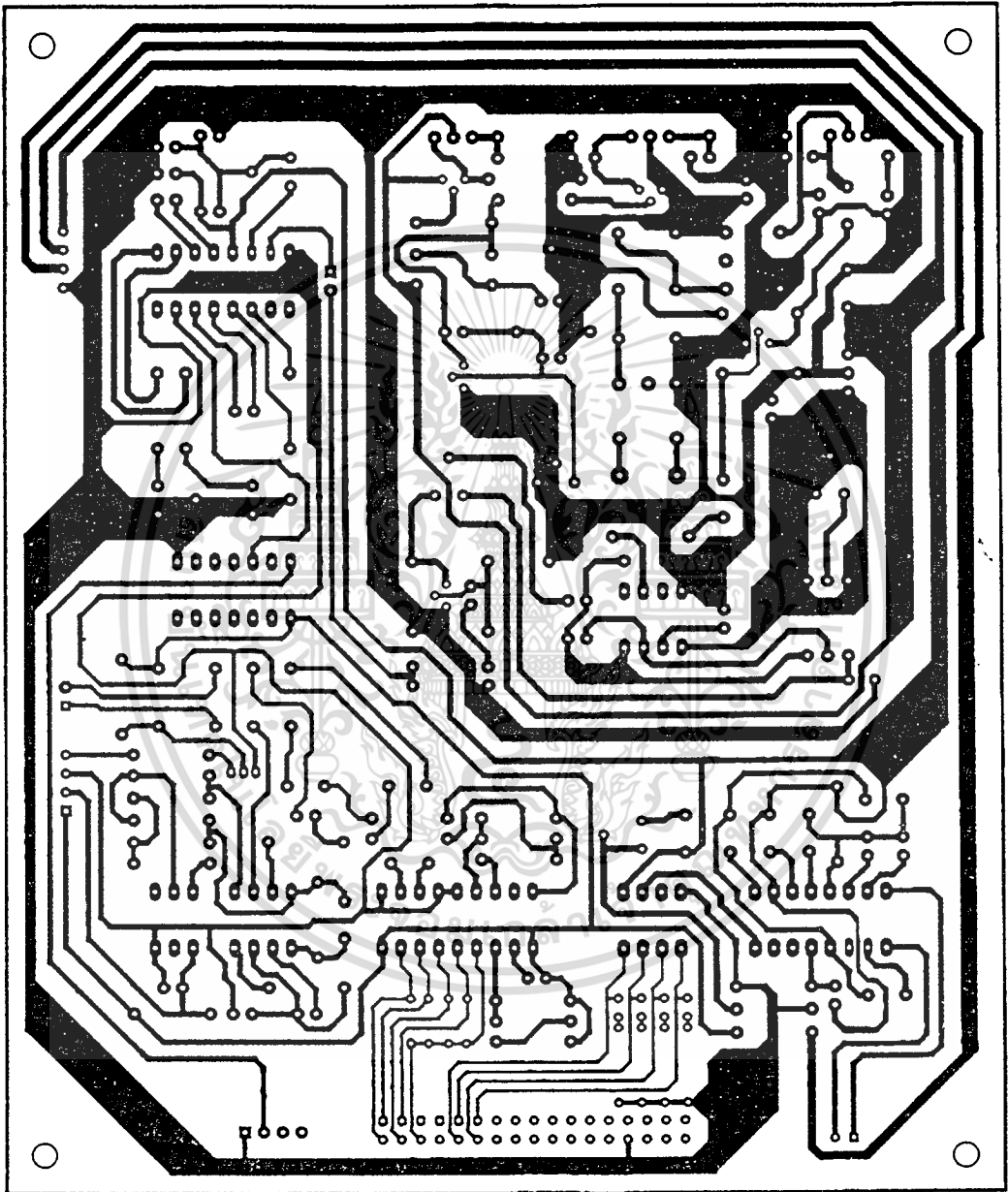
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดงการลงอุปกรณ์ของภาครับสัญญาณ และภาคตีโคคเตอร์

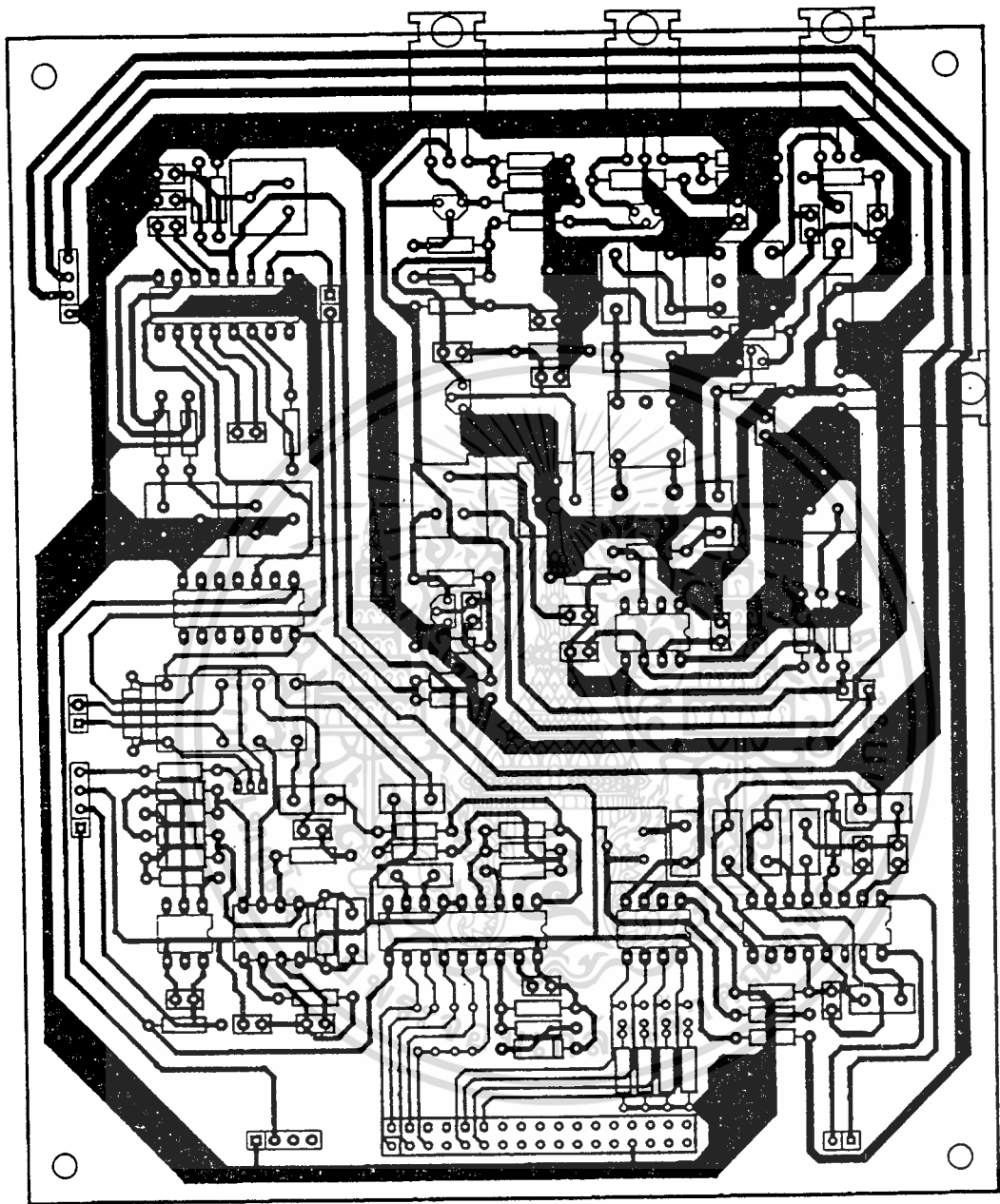
( ด้านบน )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



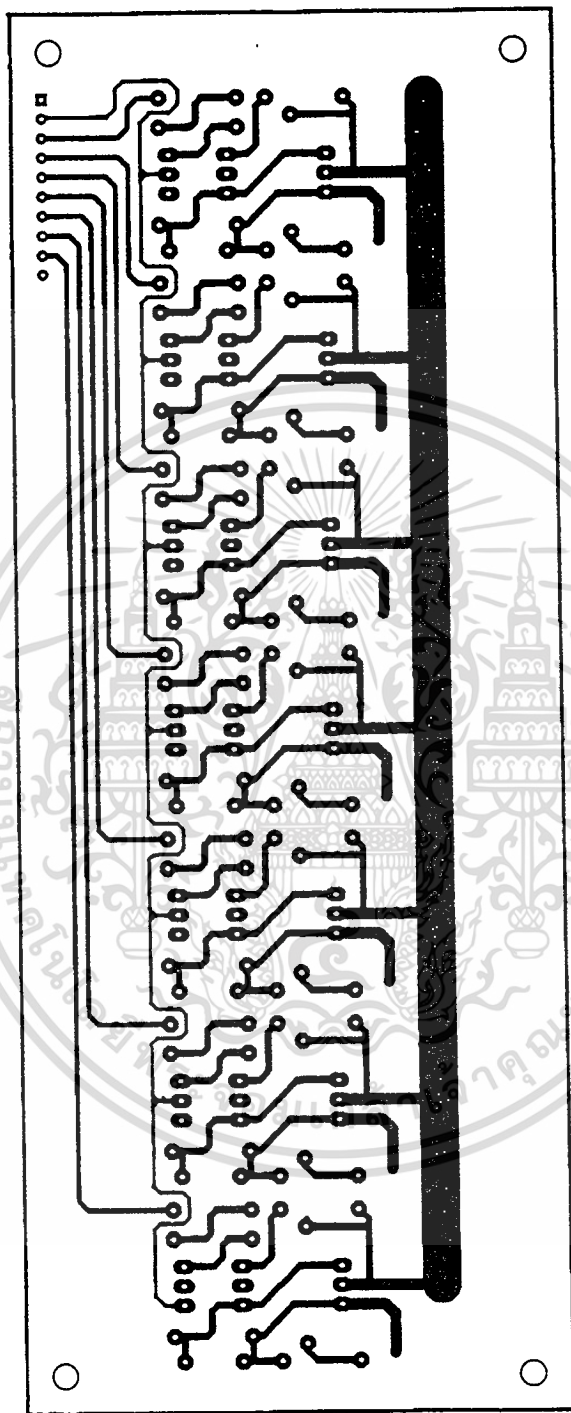
รูปแสดงลายวงจรของภาคส่งสัญญาณ ภาครับรีโมทคอนโทรล  
และภาคถอดรหัสสัญญาณโทรศัพท์ ( ด้านบน )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



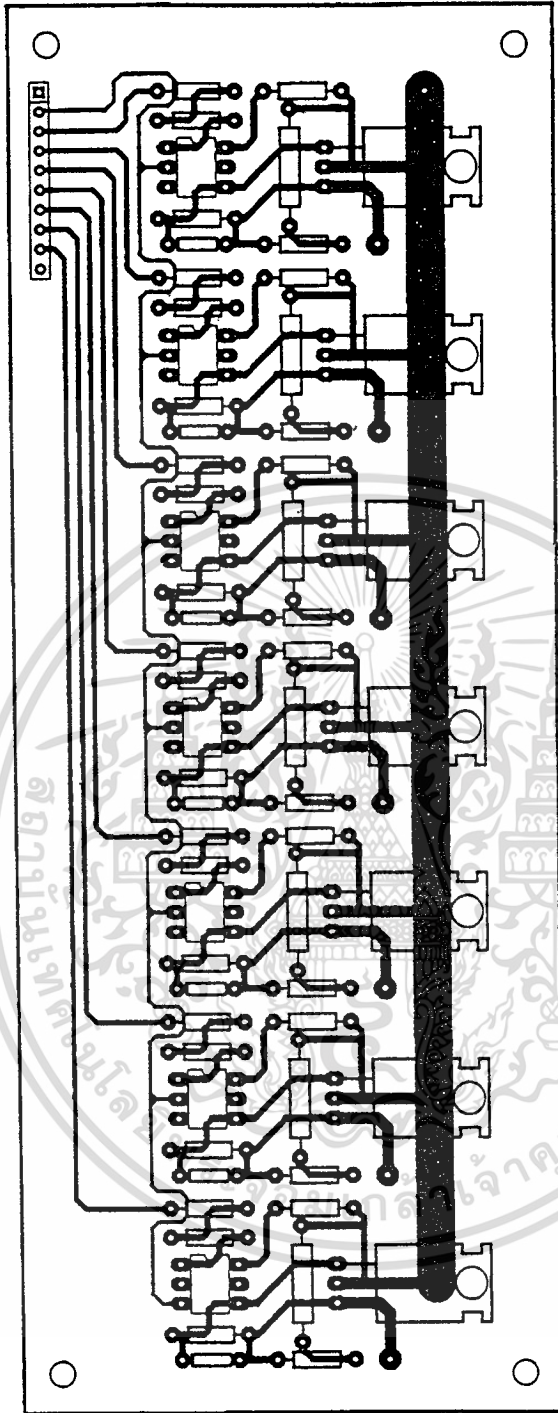
รูปแสดงการลงอุปกรณ์ของภาคส่งสัญญาณ ภาครีโมทคอนโทรล  
และภาคถอดรหัสสัญญาณโทรศัพท์ ( ด้านบน )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



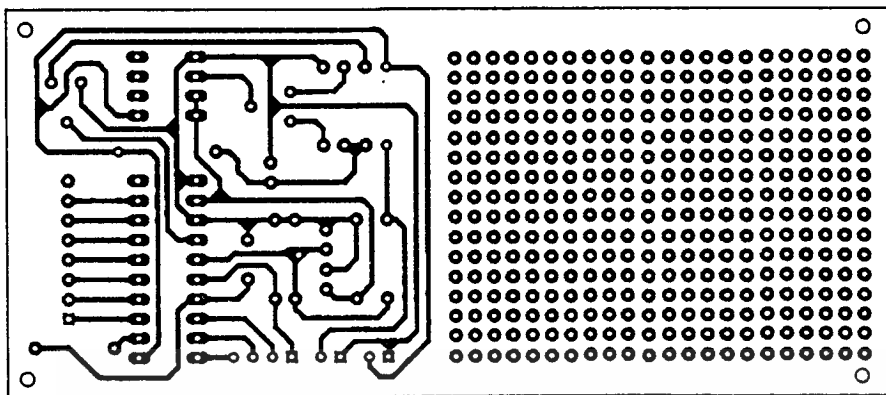
รูปแสดงลายวงจรภาคขับโพลด ( ด้านบน )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

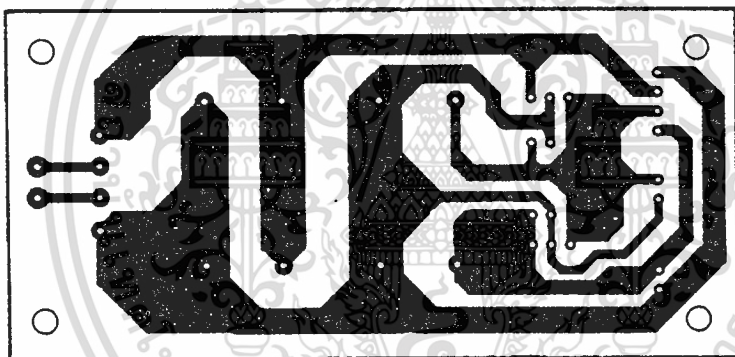


รูปแสดงการลงอุปกรณ์ภาคขับโพลด ( ด้านบน )

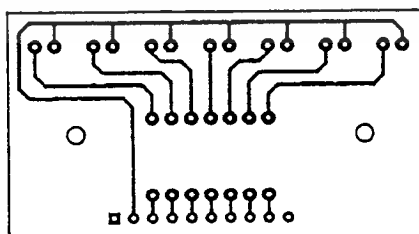
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดงลายวงจรของภาคตรวจวัดอุณหภูมิ ( ด้านบน )

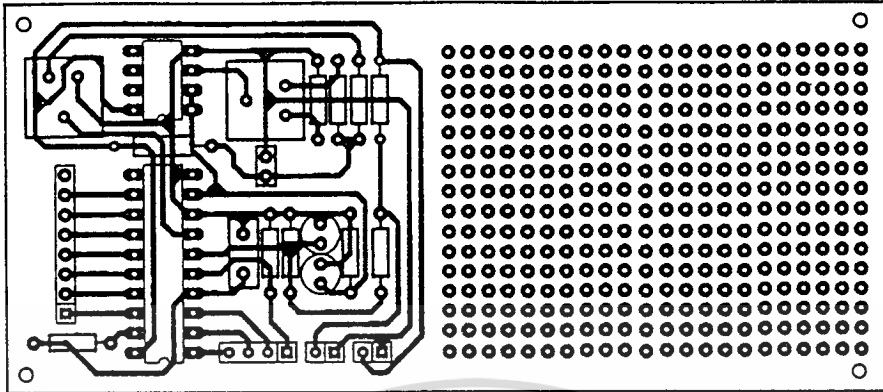


รูปแสดงลายวงจรของแหล่งจ่ายไฟ ( ด้านบน )

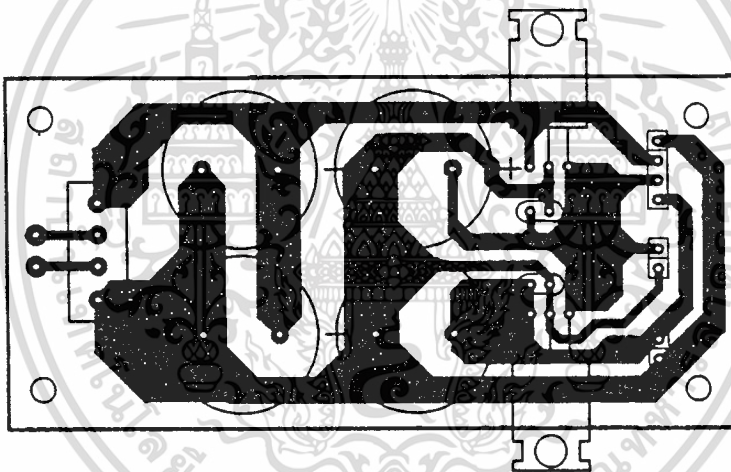


รูปแสดงลายวงจรภาคแสดงผล ( ด้านบน )

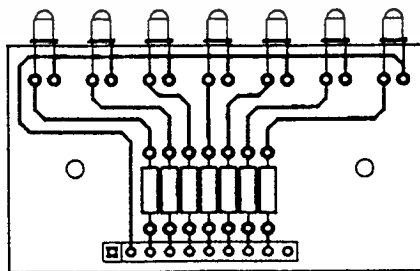
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดงการลงอุปกรณ์ของภาคตรวจวัดอุณหภูมิ ( ด้านบน )



รูปแสดงการลงอุปกรณ์ของแหล่งจ่ายไฟ ( ด้านบน )



รูปแสดงการลงอุปกรณ์ภาคแสดงผล ( ด้านบน )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Encoder and Decoder Pairs CMOS

These devices are designed to be used as encoder/decoder pairs in remote control applications.

The MC145026 encodes nine lines of information and serially sends this information upon receipt of a transmit enable (TE) signal. The nine lines may be encoded with trinary data (low, high, or open) or binary data (low or high). The words are transmitted twice per encoding sequence to increase security.

The MC145027 decoder receives the serial stream and interprets five of the trinary digits as an address code. Thus, 243 addresses are possible. If binary data is used at the encoder, 32 addresses are possible. The remaining serial information is interpreted as four bits of binary data. The valid transmission output (VT) goes high on the MC145027 when two conditions are met. First, two addresses must be consecutively received (in one encoding sequence) which both match the local address. Second, the 4-bits of data must match the last valid data received. The active VT indicates that the information at the data output pins has been updated.

The MC145028 decoder treats all nine trinary digits as an address which allows 19,683 codes. If binary data is encoded, 512 codes are possible. The valid transmission output (VT) goes high on the MC145028 when two addresses are consecutively received (in one encoding sequence) which both match the local address.

- Operating Temperature Range: -40° to 85°C
- Very-Low Standby Current for the Encoder: 300 nA Maximum @ 25°C
- Interfaces with RF, Ultrasonic, or Infrared Modulators and Demodulators
- RC Oscillator, No Crystal Required
- High External Component Tolerance; Can Use ±5% Components
- Internal Power-On Reset Forces All Decoder Outputs Low
- For Infrared Applications, See Applications Note AN1016
- Operating Voltage Range: 4.5 to 18 V
- Low-Voltage Versions Available —

SC41342: 2.5 to 18 V Version of the MC145026  
SC41343: 2.8 to 10 V Version of the MC145027  
SC41344: 2.8 to 10 V Version of the MC145028

MC145026  
MC145027  
MC145028  
SC41342  
SC41343  
SC41344



P SUFFIX  
PLASTIC DIP  
CASE 648



O SUFFIX  
SOG  
CASE 751B

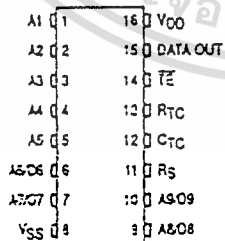


DW SUFFIX  
SOG  
CASE 751G

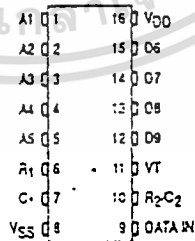
### ORDERING INFORMATION

MC145026P, SC41342P	Plastic DIP
MC145026O, SC41342O	SOG Package
MC145027P, SC41343P	Plastic DIP
MC145027OW, SC41343OW	SOG Package
MC145028P, SC41344P	Plastic DIP
MC145028OW, SC41344OW	SOG Package

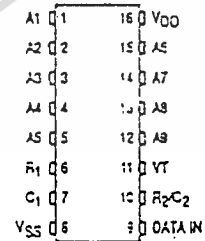
### FIN ASSIGNMENTS



MC145026  
SC41342  
ENCODERS



MC145027  
SC41343  
DECODERS



MC145028  
SC41344  
DECODERS

MC145026 • MC145027 • MC145028 •  
 SC41342 • SC41343 • SC41344

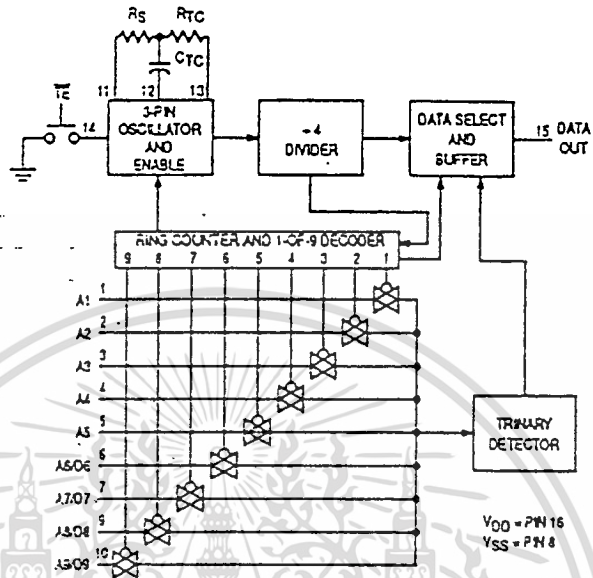


Figure 1. MC145026 Encoder Block Diagram

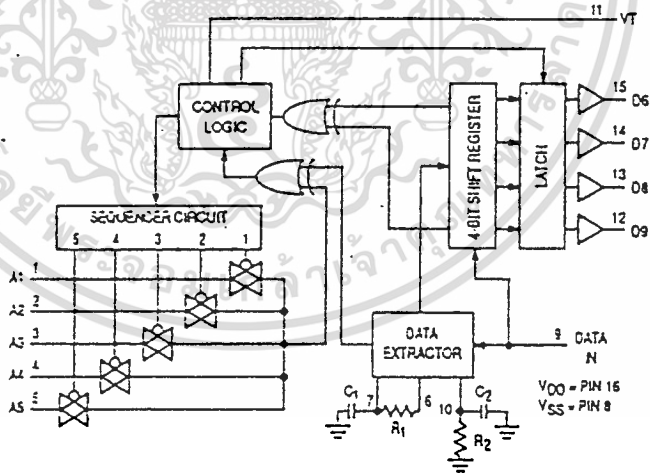


Figure 2. MC145027 Decoder Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC145026•MC145027•MC145028•  
SC41342•SC41343•SC41344

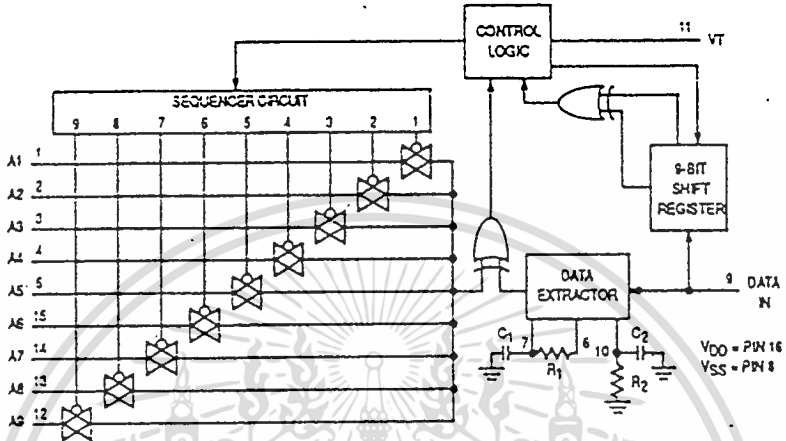


Figure 3. MC145028 Decoder Block Diagram

MAXIMUM RATINGS\* (Voltage Referenced to VSS)

Symbol	Parameter	Value	Unit
V <sub>DD</sub>	DC Supply Voltage (except SC41343, SC41344)	-0.5 to +18	V
V <sub>DD</sub>	DC Supply Voltage (SC41343, SC41344 only)	-0.5 to +10	V
V <sub>in</sub>	DC Input Voltage	-0.5 to V <sub>DD</sub> +0.5	V
V <sub>out</sub>	DC Output Voltage	-0.5 to V <sub>DD</sub> -0.5	V
I <sub>in</sub>	DC Input Current, per Pin	±10	mA
I <sub>out</sub>	DC Output Current, per Pin	±10	mA
P <sub>D</sub>	Power Dissipation, per Package	500	mW
T <sub>stg</sub>	Storage Temperature	-65 to +150	°C
T <sub>L</sub>	Lead Temperature, 1 mm from Case for 10 Seconds	260	°C

\* Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur. Functional operation should be restricted to the limits in the Electrical Characteristics tables or Pin Descriptions section.

This device contains protection circuitry to guard against damage due to high static voltages or electric fields. However, precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than maximum rated voltages to this high-impedance circuit. For proper operation, V<sub>in</sub> and V<sub>out</sub> should be constrained to the range V<sub>SS</sub> ≤ (V<sub>in</sub> or V<sub>out</sub>) ≤ V<sub>DD</sub>.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC145026•MC145027•MC145028•  
SC41342•SC41343•SC41344

ELECTRICAL CHARACTERISTICS — MC145026, MC145027, MC145028, and SC41342\* (Voltage Referenced to  $V_{SS}$ )

Symbol	Characteristic	$V_{DD}$ V	Guaranteed Limit						Unit
			-40°C		25°C		+85°C		
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	
$V_{OL}$	Low-Level Output Voltage ( $V_{in} = V_{DD}$ or 0)	5.0	—	0.05	—	0.05	—	0.05	V
		10	—	0.05	—	0.05	—	0.05	
		15	—	0.05	—	0.05	—	0.05	
$V_{OH}$	High-Level Output Voltage ( $V_{in} = 0$ or $V_{DD}$ )	5.0	4.95	—	4.95	—	4.95	—	V
		10	9.95	—	9.95	—	9.95	—	
		15	14.95	—	14.95	—	14.95	—	
$V_{IL}$	Low-Level Input Voltage ( $V_{out} = 4.5$ or 0.5 V) ( $V_{out} = 9.0$ or 1.0 V) ( $V_{out} = 13.5$ or 1.5 V)	5.0	—	1.5	—	1.5	—	1.5	V
		10	—	3.0	—	3.0	—	3.0	
		15	—	4.0	—	4.0	—	4.0	
$V_{IH}$	High-Level Input Voltage ( $V_{out} = 0.5$ or 4.5 V) ( $V_{out} = 1.0$ or 9.0 V) ( $V_{out} = 1.5$ or 13.5 V)	5.0	3.5	—	3.5	—	3.5	—	V
		10	7.0	—	7.0	—	7.0	—	
		15	11	—	11	—	11	—	
$I_{OH}$	High-Level Output Current ( $V_{out} = 2.5$ V) ( $V_{out} = 4.5$ V) ( $V_{out} = 9.5$ V) ( $V_{out} = 13.5$ V)	5.0	-2.5	—	-2.1	—	-1.7	—	mA
		5.0	-0.52	—	-0.44	—	-0.36	—	
		10	-1.3	—	-1.1	—	-0.9	—	
		15	-3.6	—	-3.0	—	-2.4	—	
$I_{OL}$	Low-Level Output Current ( $V_{out} = 0.4$ V) ( $V_{out} = 0.5$ V) ( $V_{out} = 1.5$ V)	5.0	0.52	—	0.44	—	0.36	—	mA
		10	1.3	—	1.1	—	0.9	—	
		15	3.6	—	3.0	—	2.4	—	
$I_{in}$	Input Current — TE (MC145026 and SC41342, Pullup Devices)	5.0	—	—	3.0	11	—	—	$\mu$ A
		10	—	—	16	60	—	—	
		15	—	—	35	120	—	—	
$I_{in}$	Input Current $I_{IS}$ (MC145026 and SC41342), Data In (MC145027, MC145028)	15	—	$\pm 0.3$	—	$\pm 0.3$	—	$\pm 1.0$	$\mu$ A
$I_{in}$	Input Current A1-A5, A8/O6-A9/O9 (MC145026 and SC41342), A1-A5 (MC145027), A1-A9 (MC145028)	5.0	—	—	—	—	—	—	$\mu$ A
		10	—	—	—	$\pm 110$	—	—	
		15	—	—	—	$\pm 500$	—	—	
$C_{in}$	Input Capacitance ( $V_{in} = 0$ )	—	—	—	—	7.5	—	—	pF
$I_{DD}$	Quiescent Current — MC145026 and SC41342	5.0	—	—	—	0.1	—	—	$\mu$ A
		10	—	—	—	0.2	—	—	
		15	—	—	—	0.3	—	—	
$I_{DD}$	Quiescent Current — MC145027, MC145028	5.0	—	—	—	50	—	—	$\mu$ A
		10	—	—	—	100	—	—	
		15	—	—	—	150	—	—	
$I_{DD}$	Dynamic Supply Current — MC145026 and SC41342 ( $f_c = 20$ kHz)	5.0	—	—	—	200	—	—	$\mu$ A
		10	—	—	—	400	—	—	
		15	—	—	—	600	—	—	
$I_{DD}$	Dynamic Supply Current — MC145027, MC145028 ( $f_c = 20$ kHz)	5.0	—	—	—	400	—	—	$\mu$ A
		10	—	—	—	800	—	—	
		15	—	—	—	1200	—	—	

\*Also see next Electrical Characteristics table for 2.5 V specifications.

MC145026•MC145027•MC145028•  
SC41342•SC41343•SC41344

ELECTRICAL CHARACTERISTICS — SC41342 (Voltage Referenced to  $V_{SS}$ )

Symbol	Characteristic	$V_{DD}$ V	Guaranteed Limit						Unit
			-40°C		25°C		+85°C		
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	
$V_{OL}$	Low-Level Output Voltage ( $V_{in} = 0$ V or $V_{DD}$ )	2.5	—	0.05	—	0.05	—	0.05	V
$V_{OH}$	High-Level Output Voltage ( $V_{in} = 0$ V or $V_{DD}$ )	2.5	2.45	—	2.45	—	2.45	—	V
$V_{IL}$	Low-Level Input Voltage ( $V_{out} = 0.5$ V or 2.0 V)	2.5	—	0.3	—	0.3	—	0.3	V
$V_{IH}$	High-Level Input Voltage ( $V_{out} = 0.5$ V or 2.0 V)	2.5	2.2	—	2.2	—	2.2	—	V
$I_{OH}$	High-Level Output Current ( $V_{out} = 1.25$ V)	2.5	0.28	—	0.25	—	0.2	—	mA
$I_{OL}$	Low-Level Output Current ( $V_{out} = 0.4$ V)	2.5	0.22	—	0.2	—	0.16	—	mA
$I_{in}$	Input Current (TE — Pullup Device)	2.5	—	—	0.09	1.8	—	—	$\mu$ A
$I_{in}$	Input Current (A1-A5, A6/C5-A9/D9)	2.5	—	—	—	$\pm 25$	—	—	$\mu$ A
$I_{DD}$	Quiescent Current	2.5	—	—	—	0.05	—	—	$\mu$ A
$I_{dd}$	Dynamic Supply Current ( $f_c = 20$ kHz)	2.5	—	—	—	40	—	—	$\mu$ A

MC145026•MC145027•MC145028•  
SC41342•SC41343•SC41344

ELECTRICAL CHARACTERISTICS — SC41343 and SC41344 (Voltage Referenced to  $V_{SS}$ )

Symbol	Characteristic	$V_{DD}$ V	Guaranteed Limit						Unit
			-40°C		25°C		+85°C		
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	
VOL	Low-Level Output Voltage ( $V_{in} = 0$ V or $V_{DD}$ )	2.8	—	0.05	—	0.05	—	0.05	V
		5.0	—	0.05	—	0.05	—	0.05	
		10	—	0.05	—	0.05	—	0.05	
VOH	High-Level Output Voltage ( $V_{in} = 0$ V or $V_{DD}$ )	2.8	2.75	—	2.75	—	2.75	—	V
		5.0	4.95	—	4.95	—	4.95	—	
		10	9.95	—	9.95	—	9.95	—	
VIL	Low-Level Input Voltage ( $V_{out} = 2.3$ V or 0.5 V) ( $V_{out} = 4.5$ V or 0.5 V) ( $V_{out} = 9.0$ V or 1.0 V)	2.8	—	0.84	—	0.84	—	0.84	V
		5.0	—	1.5	—	1.5	—	1.5	
		10	—	3.0	—	3.0	—	3.0	
VIH	High-Level Input Voltage ( $V_{out} = 0.5$ V or 2.3 V) ( $V_{out} = 0.5$ V or 4.5 V) ( $V_{out} = 1.0$ V or 9.0 V)	2.8	1.96	—	1.96	—	1.96	—	V
		5.0	3.5	—	3.5	—	3.5	—	
		10	7.0	—	7.0	—	7.0	—	
IOH	High-Level Output Current ( $V_{out} = 1.4$ V) ( $V_{out} = 4.5$ V) ( $V_{out} = 9.0$ V)	2.8	-0.73	—	-0.7	—	-0.55	—	mA
		5.0	-0.59	—	-0.5	—	-0.41	—	
		10	-1.3	—	-1.1	—	-0.9	—	
IOL	Low-Level Output Current ( $V_{out} = 0.4$ V) ( $V_{out} = 0.5$ V) ( $V_{out} = 1.0$ V)	2.8	0.35	—	0.3	—	0.24	—	mA
		5.0	0.8	—	0.6	—	0.4	—	
		10	3.5	—	2.9	—	2.3	—	
$I_{in}$	Input Current — Data In	10	—	±0.3	—	±0.3	—	±1.0	µA
$I_{in}$	Input Current A1-A5 (SC41343), A1-A9 (SC41344)	2.8	—	—	—	±30	—	—	µA
		5.0	—	—	—	±140	—	—	
		10	—	—	—	±600	—	—	
$C_{in}$	Input Capacitance ( $V_{in} = 0$ )	—	—	—	—	7.5	—	—	pF
IDD	Quiescent Current	2.8	—	—	—	60	—	—	µA
		5.0	—	—	—	75	—	—	
		10	—	—	—	150	—	—	
IDD	Dynamic Supply Current ( $f_c = 20$ kHz)	2.8	—	—	—	300	—	—	µA
		5.0	—	—	—	500	—	—	
		10	—	—	—	1000	—	—	

MC145026•MC145027•MC145028•  
SC41342•SC41343•SC41344

SWITCHING CHARACTERISTICS — MC145026, MC145027, MC145028, and SC41342\* ( $C_L = 50 \text{ pF}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ )

Symbol	Characteristic	$V_{DD}$	Guaranteed Limit		Unit
			Min	Max	
$t_{LH}$ , $t_{HL}$	Output Transition Time (Figures 4 and 8)	5.0	—	200	ns
		10	—	100	
		15	—	80	
$t_r$	Data In Rise Time (Decoders) (Figure 5)	5.0	—	15	$\mu\text{s}$
		10	—	15	
		15	—	15	
$t_f$	Data In Fall Time (Decoders) (Figure 5)	5.0	—	15	$\mu\text{s}$
		10	—	5.0	
		15	—	4.0	
$f_{osc}$	Encoder Clock Frequency (Figure 6)	5.0	0.001	2.0	MHz
		10	0.001	5.0	
		15	0.001	10	
$f$	Decoder Frequency (Referenced to Encoder Clock) (Figure 14)	5.0	1.0	240	kHz
		10	1.0	410	
		15	1.0	450	
$t_w$	TE Pulse Width (Encoders) (Figure 7)	5.0	65	—	ns
		10	30	—	
		15	20	—	

\*Also see next Switching Characteristics table for 2.5 V specifications.

SWITCHING CHARACTERISTICS — SC41342 ( $C_L = 50 \text{ pF}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ )

Symbol	Characteristic	$V_{DD}$	Guaranteed Limit		Unit
			Min	Max	
$t_{LH}$ , $t_{HL}$	Output Transition Time (Figures 4 and 8)	2.5	—	450	ns
$f_{osc}$	Encoder Clock Frequency (Figure 6)	2.5	1.0	250	kHz
$t_w$	TE Pulse Width (Figure 7)	2.5	—	—	ns

SWITCHING CHARACTERISTICS — SC41343 and SC41344 ( $C_L = 50 \text{ pF}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ )

Symbol	Characteristic	$V_{DD}$	Guaranteed Limit		Unit
			Min	Max	
$t_{LH}$ , $t_{HL}$	Output Transition Time (Figures 4 and 8)	2.8	—	320	ns
		5.0	—	200	
		10	—	100	
$t_r$	Data In Rise Time (Figure 5)	2.8	—	15	$\mu\text{s}$
		5.0	—	15	
		10	—	15	
$t_f$	Data In Fall Time (Figure 5)	2.8	—	15	$\mu\text{s}$
		5.0	—	15	
		10	—	5.0	
$f$	Decoder Frequency (Referenced to Encoder Clock) (Figure 14)	2.8	1.0	100	kHz
		5.0	1.0	240	
		10	1.0	410	

MC145026•MC145027•MC145028•  
 SC41342•SC41343•SC41344

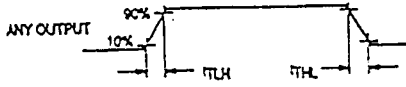


Figure 4.

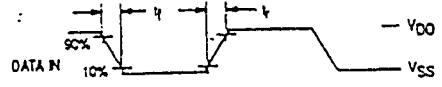
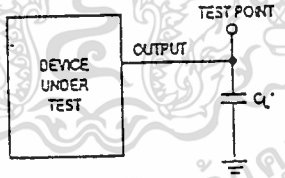


Figure 5.



Figure 6.

Figure 7.



\*INCLUDES ALL PROBE AND JIG CAPACITANCE.

Figure 8. Test Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC145026 • MC145027 • MC145028 •  
SC41342 • SC41343 • SC41344

## OPERATING CHARACTERISTICS

### MC145026

The encoder serially transmits trinary data as defined by the state of the A1 through A5 and A6/D6 through A9/D9 input pins. These pins may be in either of three states (low, high, or open) allowing 19,683 possible codes. The transmit sequence is initiated by a low level on the TE input pin. Each time the TE input is forced low, the encoder outputs two identical data words. Between the two data words, no signal is sent for three data periods. If the TE input is kept low, the encoder continuously transmits the data word. See Figure 10.

Upon power-up the MC145026 can continuously transmit data as long as TE remains low. The device can transmit two-word sequences by pulsing TE low. However, no application should be designed to rely upon the first data word transmitted after power-up, because this first word is invalid data.

Each transmitted trinary digit is encoded into pulses (See Figure 11). A logic zero (low) is encoded as two consecutive short pulses, a logic one (high) as two consecutive long pulses, and an open (high-impedance) as a long pulse followed by a short pulse. The input state is determined by using a weak "output" device to try to force each input first low, then high. If only a high state results from the two tests, the input is assumed to be hardwired to VDD. If only a low state is obtained, the input is assumed to be hardwired to VSS. If both a high and a low can be forced at an input, an open is assumed and is encoded as such. The "high" and "low" levels are 70% and 30% of the supply voltage as shown in the Electrical Characteristics Table. The weak "output" device sinks/sources up to 110  $\mu$ A at a 5 V supply level, 500  $\mu$ A at 10 V, and 1 mA at 15 V.

The TE input has an internal pullup device so that a simple switch may be used to force the input low. While TE is high, the encoder is completely disabled, the oscillator is inhibited, and the current drain is reduced to quiescent current. When TE is brought low, the oscillator is started, and the transmit sequence begins. The inputs are then sequentially selected, and determinations are made as to the input logic states. This information is serially transmitted via the Data Out pin.

### MC145027

This decoder receives the serial data from the encoder and outputs the data, if it is valid. The transmitted data, consisting of two identical words, is examined bit by bit during reception. The first five trinary digits are assumed to be the address. If the received address matches the local address, next four (data) bits are internally stored, but are not transferred to the output data latch. As the second encoded word is received, the address must again match. If a match occurs, the new data bits are checked against the previously stored data bits. If the two nibbles of data (four bits each) match, the data is transferred to the output data latch by VT and remains until new data replaces it. At the same time, the VT output pin is brought high and remains high until an error is received or until no input signal is received for four data periods. See Figure 13.

Although the address information may be encoded in trinary, the data information must be either a one or a zero. A trinary (open) data line is decoded as a logic one.

### MC145028

This decoder operates in the same manner as the MC145027 except that nine address lines are used and no data output is available. The VT output is used to indicate that a valid address has been received. For transmission security, two identical transmitted words must be consecutively received before a valid transmission output (VT) signal is issued.

The MC145028 allows 19,683 addresses when trinary levels are used. 512 addresses are possible when binary levels are used.

## PIN DESCRIPTIONS

### MC145026 ENCODER

A1 through A5, A6/D6 through A9/D9 (Pins 1 through 7, 9, and 10)

These address/data inputs are encoded and the data is sent serially from the encoder via the data out pin.

RS, CTC, RTC (Pins 11, 12, and 13)

These pins are part of the oscillator section of the encoder. See Figure 9.

If an external signal source is used instead of the internal oscillator, it should be connected to the RS input and the RTC and CTC pins should be left open.

TE (Pin 14)

This active-low transmit enable input initiates transmission when forced low. An internal pullup device keeps this input normally high. The pullup current is specified in the Electrical Characteristics table.

Data Out (Pin 15)

This is the output of the encoder that serially presents the encoded data word.

VSS (Pin 8)

The most-negative supply potential. This pin is usually ground.

VDD (Pin 16)

The most-positive power supply pin.

### MC145027 AND MC145028 DECODERS

A1 through A5 (Pins 1 through 5) — MC145027

A1 through A9 (Pins 1 through 5, 15, 14, 13, and 12) — MC145028

These are the local address inputs. The states of these pins must match the appropriate encoder inputs for the VT pin to go high. The local address may be encoded with trinary or binary data.

D6 through D9 (Pins 15, 14, 13, and 12) — MC145027 ONLY

These outputs present the binary information that is on encoder inputs A6/D6 through A9/D9. Only binary data is acknowledged; a trinary open at the MC145026 encoder is decoded as a high level (logic 1).

MC145026•MC145027•MC145028•  
SC41342•SC41343•SC41344

R<sub>1</sub>, C<sub>1</sub> (Pins 6, 7)

As shown in Figures 2 and 3, these pins accept a resistor and capacitor that are used to determine whether a narrow pulse or wide pulse has been received. The time constant R<sub>1</sub> x C<sub>1</sub> should be set to 1.72 encoder clock periods:

$$R_1 C_1 = 3.95 \text{ RTC CTC}$$

R<sub>2</sub>/C<sub>2</sub> (Pin 10)

As shown in Figures 2 and 3, this pin accepts a resistor and capacitor that are used to detect both the end of a received word and the end of a transmission. The time constant R<sub>2</sub> x C<sub>2</sub> should be 33.5 encoder clock periods (four data periods per Figure 11): R<sub>2</sub> C<sub>2</sub> = 77 RTC CTC. This time constant is used to determine whether the data in pin has remained low for four data periods (end of transmission). A separate on-chip comparator looks at the voltage-equivalent two data periods (0.4 R<sub>2</sub> C<sub>2</sub>) to detect the dead time between received words within a transmission.

VT (Pin 11)

This valid transmission output goes high after the second word of an encoding sequence when the following conditions are satisfied:

(1) the received addresses of both words match the local decoder address, and

(2) the received data bits of both words match.

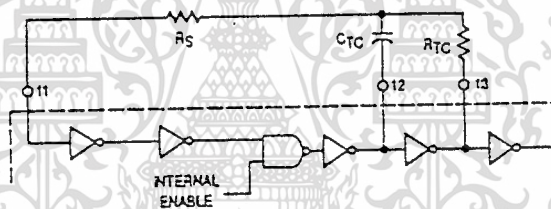
VT remains high until either a mismatch is received or no input signal is received for four data periods.

VSS (Pin 8)

The most-negative supply potential. This pin is usually ground.

VDD (Pin 16)

The most-positive power supply pin.



This oscillator operates at a frequency determined by the external RC network; i.e.,

$$f = \frac{1}{2.3 \text{ RTC CTC}'} \text{ (Hz)}$$

for 1 kHz ≤ f ≤ 400-kHz

where: CTC' = CTC + Clayout + 12 pF

R<sub>S</sub> = 2 RTC

R<sub>S</sub> ≥ 20 k

RTC ≥ 10 k

400 pF < CTC < 15 μF

The value for R<sub>S</sub> should be chosen to be ≥ 2 times RTC. This range ensures that current through R<sub>S</sub> is insignificant compared to current through RTC. The upper limit for R<sub>S</sub> must ensure that R<sub>S</sub> x 5 pF (input capacitance) is small compared to RTC x CTC.

For frequencies outside the indicated range, the formula is less accurate. The minimum recommended oscillation frequency of this circuit is 1 kHz. Susceptibility to externally induced noise signals may occur for frequencies below 1 kHz and/or when resistors utilized are greater than 1 MΩ.

Figure 9. Encoder Oscillator Information

MC145026•MC145027•MC145028•  
SC41342•SC41343•SC41344

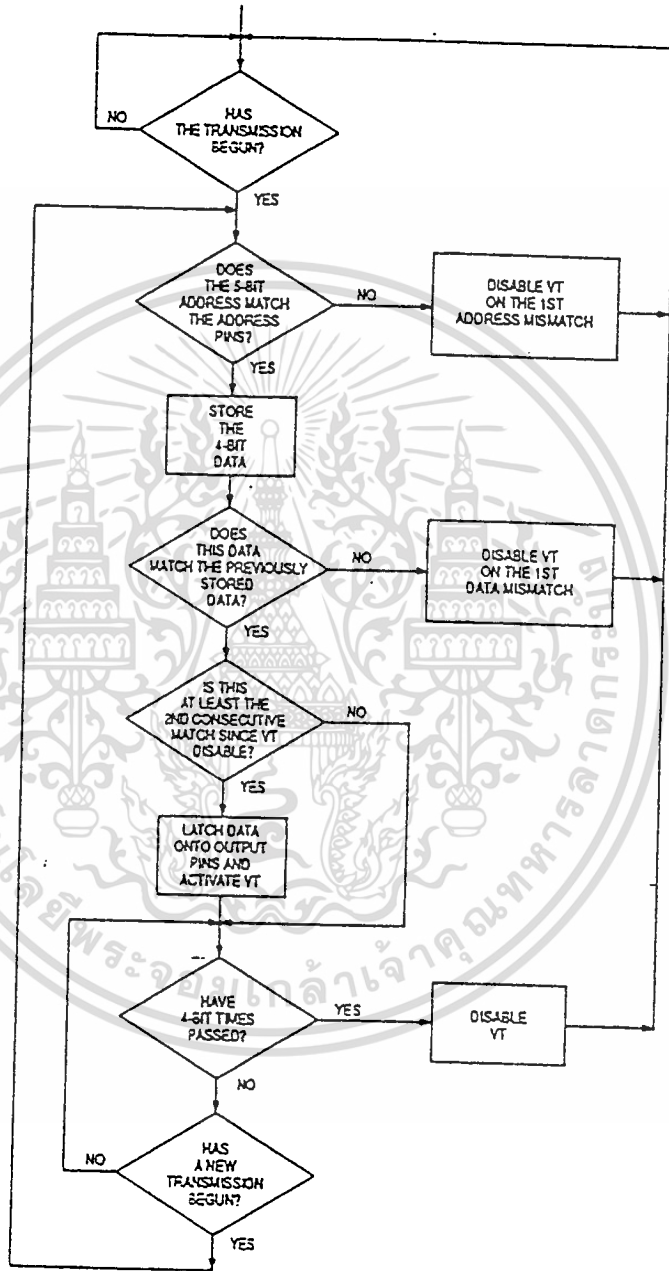


Figure 12. MC145027 Flowchart

MOTOROLA CMOS APPLICATION-SPECIFIC DIGITAL-ANALOG INTEGRATED CIRCUITS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

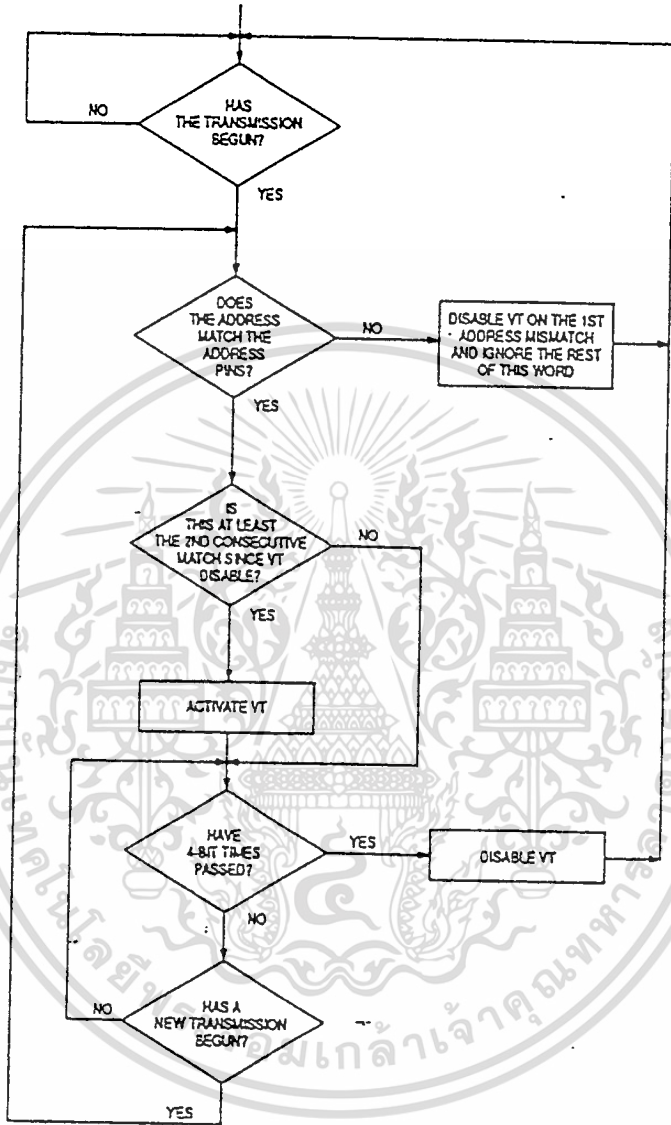


Figure 13. MC145028 Flowchart

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC145026•MC145027•MC145028•  
SC41342•SC41343•SC41344

APPLICATIONS INFORMATION

Infrared Transmitter

In Figure 16, the MC145026 encoder is set to run at an oscillator frequency of about 4 kHz to 9 kHz. Thus, the time required for a complete two-word encoding sequence is about 20 ms to 40 ms. The data output from the encoder gates an RC oscillator running at 50 kHz; the oscillator shown starts rapidly enough to be used in this application. When the "send" button is not depressed, both the MC145026 and oscillator are in a low-power standby state. The RC oscillator has to be trimmed for 50 kHz and has some drawbacks for frequency stability. A superior system uses a ceramic resonator oscillator running at 400 kHz. This oscillator feeds a divider as shown in Figure 17. The unused inputs of the MC14011UB must be grounded.

The MLED81 IRED is driven with the 50 kHz square wave at about 200 mA to 300 mA to generate the carrier. If desired, 2 IREDs wired in series can be used. (See Application Note AN1016 for more information.) The bipolar IRED switch shown in Figure 16 offers two advantages over a FET. First, a logic FET has too much gate capacitance for the MC14011UB to drive without waveform distortion. Second, the bipolar drive permits lower supply voltages, which are an advantage in portable battery-powered applications.

The configuration shown in Figure 16 operates over a supply range of 4.5 V to 18 V. A low-voltage system which operates down to 2.5 V could be realized if the SC41342 (the low-voltage version of the MC145026) is used in lieu of the MC145026. The oscillator section of a MC74HC4060 is used in place of the MC14011UB. The data output of the SC41342 is inverted and fed to the reset pin of the MC74HC4060. Alternately, the MC74HCU04 could be used for the oscillator.

Information on the MC14011UB is in book number DL131/D. The MC74HCU04 and MC74HC4060 are found in book number DL129/D.

Infrared Receiver

The receiver in Figure 18 couples an IR-sensitive diode to input preamp A1, followed by bandpass amplifier A2 with a gain of about 10. Limiting stage A3 follows, with an output of about 800 mVp-p. The limited 50 kHz burst is detected by comparator A4 that passes only positive pulses, and

peak-detected and filtered by a diode/RC network to extract the data envelope from the burst. Comparator A5 boosts the signal to logic levels compatible with the MC145027/8 data input. The data input pin of these decoders is a standard CMOS high-impedance input which must NOT be allowed to float. Therefore, direct coupling from A5 to the decoder input is utilized.

Shielding should be used on at least A1 and A2, with good ground and high-sensitivity circuit layout techniques applied.

For operation with supplies higher than +5 V, limiter A4's positive output swing needs to be limited to 3 V to 5 V. This is accomplished via adding a zener diode in the negative feedback path, thus avoiding excessive system noise. The biasing resistor stack should be adjusted such that V3 is 1.25 V to 1.5 V.

This system works up to a range of about 10 meters. The gains of the system may be adjusted to suit the individual design needs. The 100  $\Omega$  resistor in the emitter of the first 2N5088 and the 1 k $\Omega$  resistor feeding A2 may be altered if different gain is required. In general, more gain does not necessarily result in increased range. This is due to noise floor limitations. The designer should increase transmitter power and/or increase receiver aperture with Fresnel lensing to greatly improve range. See applications note AN1016 for additional information.

Information on the MC34074 is in data book DL128/D.

Trinary Switch Manufacturers

Midland Ross—Electronic Connector Div.	617/491-5400
Greyhill	312/354-1040
Augat/Alcoswitch	617/685-4371
Aries Electronics	201/995-6341

The above companies may not have the switches in a DIP. For more info, call them or consult EEM or Gold Book. Ask for SPOT with center OFF.

Alternative: A SPST can be placed in series between a SPOT and the Encoder or Decoder to achieve trinary action.

Motorola cannot recommend one supplier over another and in no way suggests that this is a complete listing of trinary switch manufacturers.

MC145026•MC145027•MC145028•  
 SC41342•SC41343•SC41344

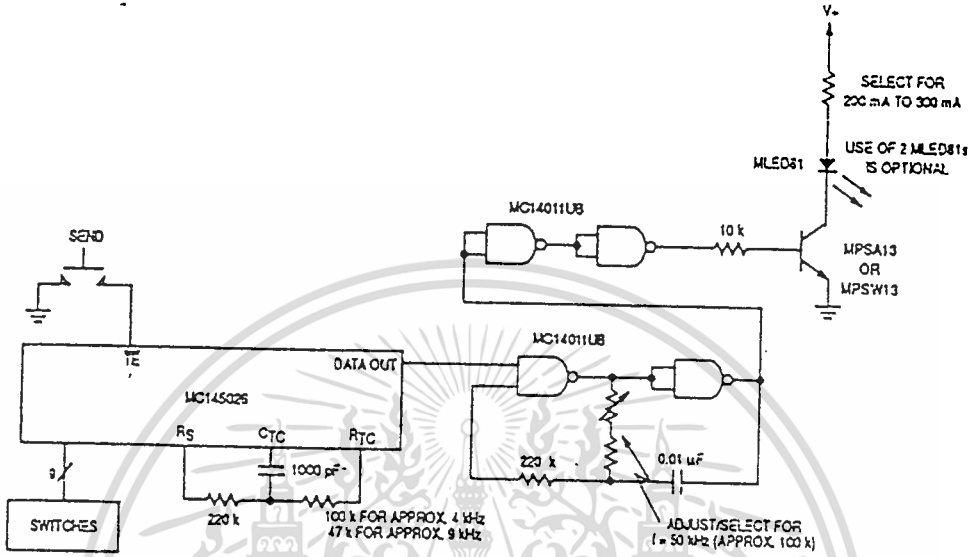


Figure 16. IRED Transmitter Using RC Oscillator to Generate Carrier Frequency

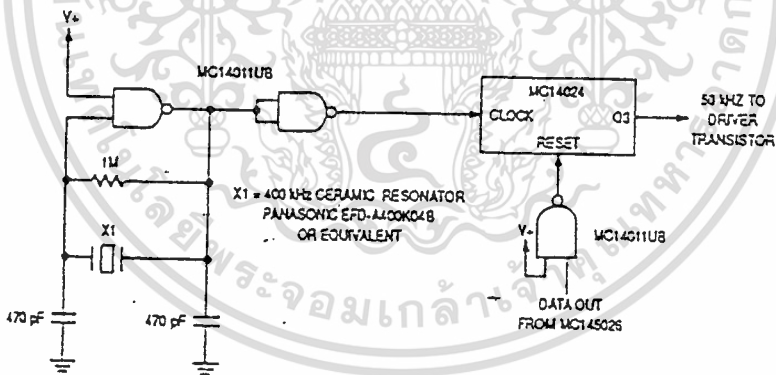


Figure 17. Using a Ceramic Resonator to Generate Carrier Frequency

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC145026•MC145027•MC145028•  
SC41342•SC41343•SC41344

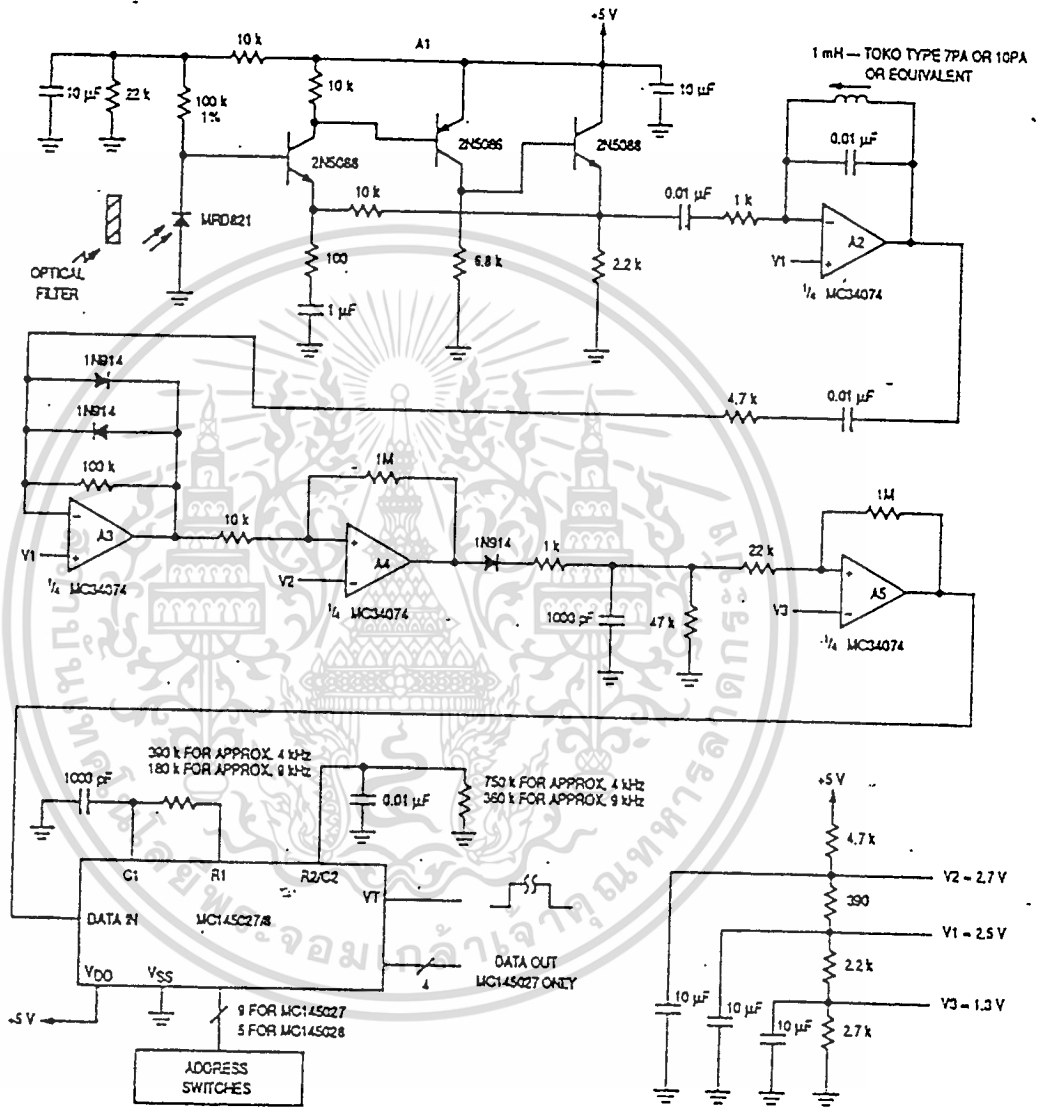


Figure 18. Infrared Receiver

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

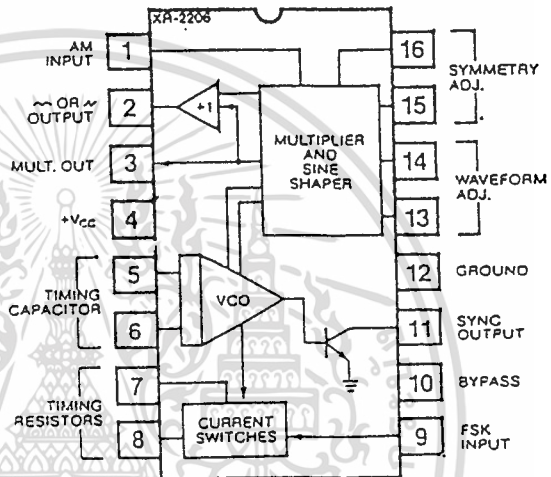
# Monolithic Function Generator

## GENERAL DESCRIPTION

The XR-2206 is a monolithic function generator integrated circuit capable of producing high quality sine, square, triangle, ramp, and pulse waveforms of high stability and accuracy. The output waveforms can be both amplitude and frequency modulated by an external voltage. Frequency of operation can be selected externally over a range of 0.01 Hz to more than 1 MHz.

The circuit is ideally suited for communications, instrumentation, and function generator applications requiring sinusoidal tone, AM, FM, or FSK generation. It has a typical drift specification of 20 ppm/°C. The oscillator frequency can be linearly swept over a 2000:1 frequency range, with an external control voltage, having a very small affect on distortion.

## FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



## FEATURES

- Low-Sine Wave Distortion 0.5%, Typical
- Excellent Temperature Stability 20 ppm/°C, Typical
- Wide Sweep Range 2000:1, Typical
- Low-Supply Sensitivity 0.01% V, Typical
- Linear Amplitude Modulation
- TTL Compatible FSK Controls
- Wide Supply Range 10V to 26V
- Adjustable Duty Cycle 1% to 99%

## ORDERING INFORMATION

Part Number	Package	Operating Temperature
XR-2206M	Ceramic	-55°C to +125°C
XR-2206N	Ceramic	0°C to +70°C
XR-2206P	Plastic	0°C to +70°C
XR-2206CN	Ceramic	0°C to +70°C
XR-2206CP	Plastic	0°C to +70°C

## APPLICATIONS

- Waveform Generation
- Sweep Generation
- AM/FM Generation
- V/F Conversion
- FSK Generation
- Phase-Locked Loops (VCO)

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Power Supply	26V
Power Dissipation	750 mW
Derate Above 25°C	5 mW/°C
Total Timing Current	6 mA
Storage Temperature	-65°C to +150°C

## SYSTEM DESCRIPTION

The XR-2206 is comprised of four functional blocks; a voltage-controlled oscillator (VCO), an analog multiplier and sine-shaper; a unity gain buffer amplifier; and a set of current switches.

The VCO actually produces an output frequency proportional to an input current, which is produced by a resistor from the timing terminals to ground. The current switches route one of the timing pins current to the VCO controlled by an FSK input pin, to produce an output frequency. With two timing pins, two discrete output frequencies can be independently produced for FSK Generation Applications.



# XR-2206

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Test Conditions: Test Circuit of Figure 1,  $V^+ = 12V$ ,  $T_A = 25^\circ C$ ,  $C = 0.01 \mu F$ ,  $R_1 = 100 k\Omega$ ,  $R_2 = 10 k\Omega$ ,  $R_3 = 25 k\Omega$  unless otherwise specified.  $S_1$  open for triangle, closed for sine wave.

PARAMETERS	XR-2206M			XR-2206C			UNITS	CONDITIONS
	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX		
<b>GENERAL CHARACTERISTICS</b>								
Single Supply Voltage	10		26	10		26	V	$R_1 \geq 10 k\Omega$
Split-Supply Voltage	$\pm 5$		$\pm 13$	$\pm 5$		$\pm 13$	V	
Supply Current		12	17		14	20	mA	
<b>OSCILLATOR SECTION</b>								
Max. Operating Frequency	0.5	1		0.5	1		MHz	$C = 1000 pF$ , $R_1 = 1 k\Omega$ $C = 50 \mu F$ , $R_1 = 2 M\Omega$ $f_o = 1/R_1 C$ $0^\circ C \leq T_A \leq 70^\circ C$ , $R_1 = R_2 = 20 k\Omega$ $V_{LOW} = 10V$ , $V_{HIGH} = 20V$ , $R_1 = R_2 = 20 k\Omega$ $I_H @ R_1 = 1 k\Omega$ $I_L @ R_1 = 2 M\Omega$
Lowest Practical Frequency		0.01			0.01		Hz	
Frequency Accuracy		$\pm 1$	$\pm 4$		$\pm 2$		% of $f_o$	
Temperature Stability		$\pm 10$	$\pm 50$		$\pm 20$		ppm/ $^\circ C$	
Supply Sensitivity		0.01	0.1		0.01		%/V	
Sweep Range	1000:1	2000:1			2000:1		$I_H = I_L$	
Sweep Linearity							%	
10:1 Sweep		2			2		%	
1000:1 Sweep		8			8		%	
FM Distortion		0.1			0.1		%	
Recommended Timing Components								See Figure 4.
Timing Capacitor: C	0.001		100	0.001		100	$\mu F$	
Timing Resistors: $R_1$ & $R_2$	1		2000	1		2000	k $\Omega$	See Note 1, Figure 2
Triangle Sine Wave Output								Figure 1, $S_1$ Open
Triangle Amplitude		160			160		mV/k $\Omega$	Figure 1, $S_1$ Closed
Sine Wave Amplitude	40	60	80		60		mV/k $\Omega$	
Max. Output Swing		6			6		V p-p	
Output Impedance		600			600		$\Omega$	
Triangle Linearity		1			1		%	
Amplitude Stability		0.5			0.5		dB	For 1000:1 Sweep
Sine Wave Amplitude Stability		4800			4800		ppm/ $^\circ C$	See Note 2.
Sine Wave Distortion								
Without Adjustment		2.5			2.5		%	$R_1 = 30 k\Omega$
With Adjustment		0.4	1.0		0.5	1.5	%	See Figures 6 and 7.
Amplitude Modulation								
Input Impedance	50	100		50	100		k $\Omega$	
Modulation Range		100			100		%	
Carrier Suppression		55			55		dB	
Linearity		2			2		%	For 95% modulation
Square-Wave Output								
Amplitude		12			12		V p-p	Measured at Pin 11.
Rise Time		250			250		nsec	$C_L = 10 pF$
Fall Time		50			50		nsec	$C_L = 10 pF$
Saturation Voltage		0.2	0.4		0.2	0.6	V	$I_L = 2 mA$
Leakage Current		0.1	20		0.1	100	$\mu A$	$V_{11} = 26V$
FSK Keying Level (Pin 9)	0.8	1.4	2.4	0.8	1.4	2.4	V	See section on circuit controls
Reference Bypass Voltage	2.9	3.1	3.3	2.5	3	3.5	V	Measured at Pin 10.

Note 1: Output amplitude is directly proportional to the resistance,  $R_3$ , on Pin 3. See Figure 2.

Note 2: For maximum amplitude stability,  $R_3$  should be a positive temperature coefficient resistor.

# XR-2206

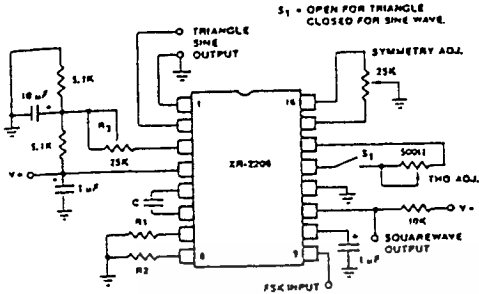


Figure 1. Basic Test Circuit.

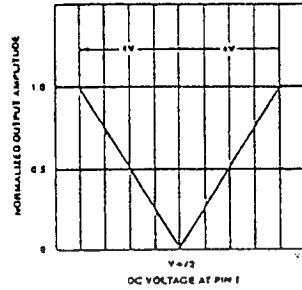


Figure 5. Normalized Output Amplitude versus DC Bias at AM Input (Pin 1).

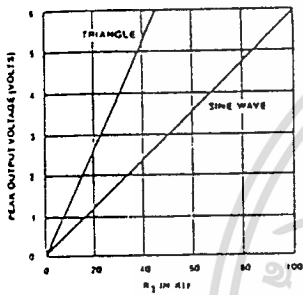


Figure 2. Output Amplitude as a Function of the Resistor,  $R_3$ , at Pin 3.

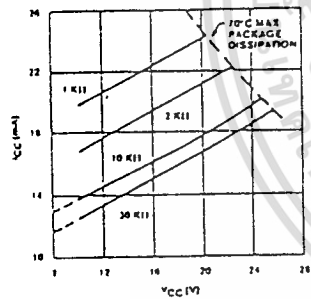


Figure 3. Supply Current versus Supply Voltage, Timing,  $R$ .

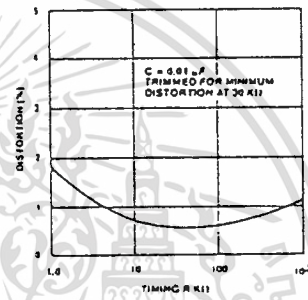


Figure 6. Trimmed Distortion versus Timing Resistor.

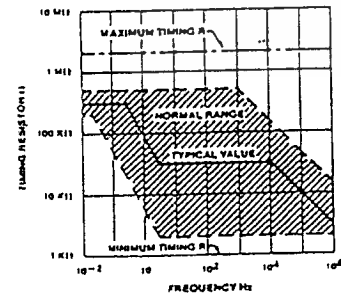


Figure 4.  $R$  versus Oscillation Frequency.

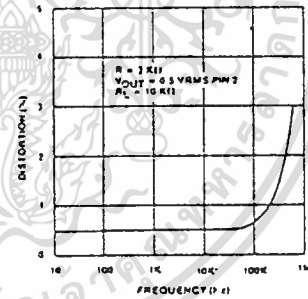


Figure 7. Sine Wave Distortion versus Operating Frequency with Timing Capacitors Varied.

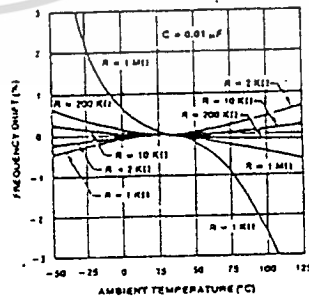


Figure 8. Frequency Drift versus Temperature.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# XR-2206

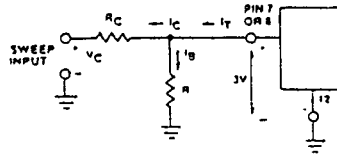


Figure 9. Circuit Connection for Frequency Sweep.

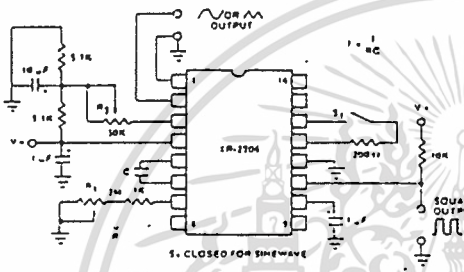


Figure 10. Circuit for Sine Wave Generation without External Adjustment. (See Figure 2 for Choice of  $R_3$ ).

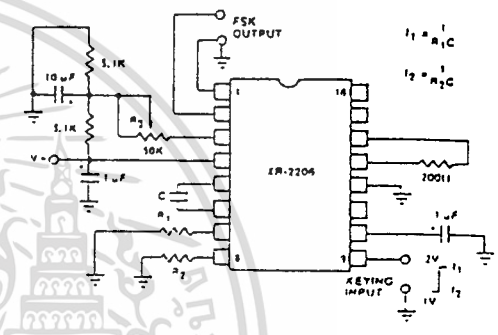


Figure 12. Sinusoidal FSK Generator.

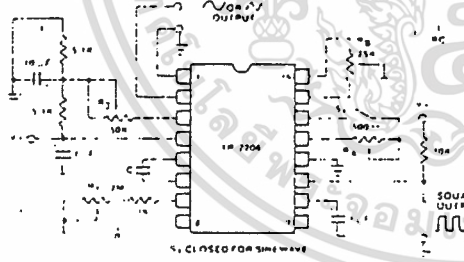


Figure 11. Circuit for Sine Wave Generation with Minimum Harmonic Distortion. ( $R_3$  Determines Output Swing—See Figure 2.)

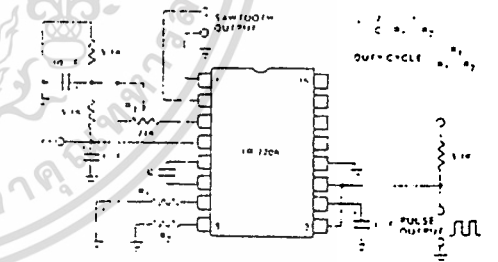


Figure 13. Circuit for Pulse and Ramp Generation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# XR-2206

## Frequency-Shift Keying:

The XR-2206 can be operated with two separate timing resistors,  $R_1$  and  $R_2$ , connected to the timing Pin 7 and 8, respectively, as shown in Figure 12. Depending on the polarity of the logic signal at Pin 9, either one or the other of these timing resistors is activated. If Pin 9 is open-circuited or connected to a bias voltage  $\geq 2V$ , only  $R_1$  is activated. Similarly, if the voltage level at Pin 9 is  $\leq 1V$ , only  $R_2$  is activated. Thus, the output frequency can be keyed between two levels,  $f_1$  and  $f_2$ , as:

$$f_1 = 1/R_1C \text{ and } f_2 = 1/R_2C$$

For split-supply operation, the keying voltage at Pin 9 is referenced to  $V^-$ .

## Output DC Level Control:

The dc level at the output (Pin 2) is approximately the same as the dc bias at Pin 3. In Figures 10, 11 and 12, Pin 3 is biased midway between  $V^+$  and ground, to give an output dc level of  $\approx V^+/2$ .

## APPLICATIONS INFORMATION

### Sine Wave Generation

#### Without External Adjustment:

Figure 10 shows the circuit connection for generating a sinusoidal output from the XR-2206. The potentiometer,  $R_1$  at Pin 7, provides the desired frequency tuning. The maximum output swing is greater than  $V^+/2$ , and the typical distortion (THD) is  $<2.5\%$ . If lower sine wave distortion is desired, additional adjustments can be provided as described in the following section.

The circuit of Figure 10 can be converted to split-supply operation, simply by replacing all ground connections with  $V^-$ . For split-supply operation,  $R_3$  can be directly connected to ground.

#### With External Adjustment:

The harmonic content of sinusoidal output can be reduced to  $\approx 0.5\%$  by additional adjustments as shown in Figure 11. The potentiometer,  $R_A$ , adjusts the sine-shaping resistor, and  $R_B$  provides the fine adjustment for the waveform symmetry. The adjustment procedure is as follows:

1. Set  $R_B$  at midpoint, and adjust  $R_A$  for minimum distortion.
2. With  $R_A$  set as above, adjust  $R_B$  to further reduce distortion.

### Triangle Wave Generation

The circuits of Figures 10 and 11 can be converted to triangle wave generation, by simply open-circuiting Pin 13 and 14 (i.e.,  $S_1$  open). Amplitude of the triangle is approximately twice the sine wave output.

## FSK Generation

Figure 12 shows the circuit connection for sinusoidal FSK signal operation. Mark and space frequencies can be independently adjusted, by the choice of timing resistors,  $R_1$  and  $R_2$ ; the output is phase-continuous during transitions. The keying signal is applied to Pin 9. The circuit can be converted to split-supply operation by simply replacing ground with  $V^-$ .

## Pulse and Ramp Generation

Figure 13 shows the circuit for pulse and ramp waveform generation. In this mode of operation, the FSK keying terminal (Pin 9) is shorted to the square-wave output (Pin 11), and the circuit automatically frequency-shifts itself between two separate frequencies during the positive-going and negative-going output waveforms. The pulse width and duty cycle can be adjusted from 1% to 99%, by the choice of  $R_1$  and  $R_2$ . The values of  $R_1$  and  $R_2$  should be in the range of 1 k $\Omega$  to 2 M $\Omega$ .

## PRINCIPLES OF OPERATION

### Description of Controls

#### Frequency of Operation:

The frequency of oscillation,  $f_o$ , is determined by the external timing capacitor,  $C$ , across Pin 5 and 6, and by the timing resistor,  $R$ , connected to either Pin 7 or 8. The frequency is given as:

$$f_o = \frac{1}{RC} \text{ Hz}$$

and can be adjusted by varying either  $R$  or  $C$ . The recommended values of  $R$ , for a given frequency range, as shown in Figure 4. Temperature stability is optimum for  $4 \text{ k}\Omega < R < 200 \text{ k}\Omega$ . Recommended values of  $C$  are from 1000 pF to 100  $\mu\text{F}$ .

#### Frequency Sweep and Modulation:

Frequency of oscillation is proportional to the total timing current,  $I_T$ , drawn from Pin 7 or 8:

$$f = \frac{320 I_T (\text{mA})}{C (\mu\text{F})} \text{ Hz}$$

Timing terminals (Pin 7 or 8) are low-impedance points, and are internally biased at +3V, with respect to Pin 12. Frequency varies linearly with  $I_T$ , over a wide range of current values, from 1  $\mu\text{A}$  to 3 mA. The frequency can be controlled by applying a control voltage,  $V_C$ , to the activated timing pin as shown in Figure 9. The frequency of oscillation is related to  $V_C$  as:

$$f = \frac{1}{RC} \left( 1 + \frac{R}{RC} \left( 1 - \frac{V_C}{3} \right) \right) \text{ Hz}$$



# XR-2206

where  $V_C$  is in volts. The voltage-to-frequency conversion gain,  $K$ , is given as:

$$K = \delta f / \delta V_C = - \frac{0.32}{RC} \text{ Hz/V}$$

**CAUTION:** For safety operation of the circuit,  $I_T$  should be limited to  $\leq 3$  mA.

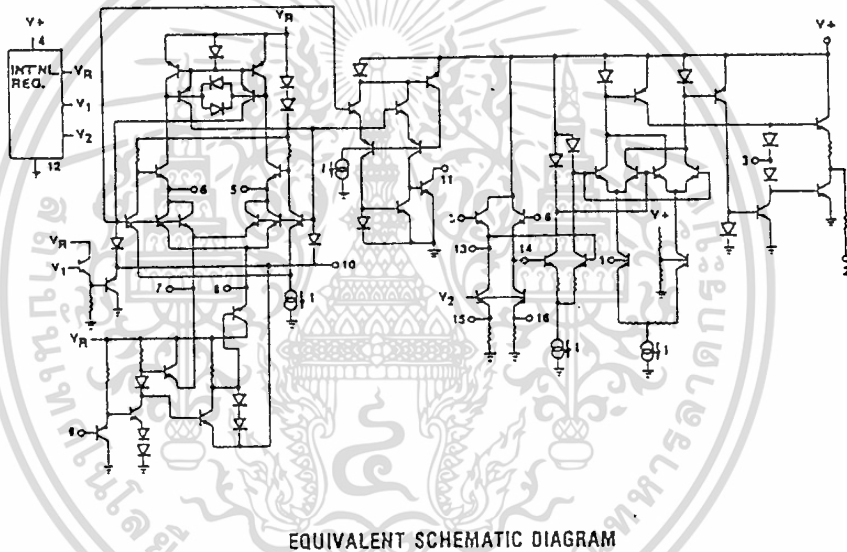
### Output Amplitude:

Maximum output amplitude is inversely proportional to the external resistor,  $R_3$ , connected to Pin 3 (see Figure 2). For sine wave output, amplitude is approximately 60 mV peak per k $\Omega$  of  $R_3$ ; for triangle, the peak amplitude is approximately 160 mV peak per k $\Omega$  of  $R_3$ . Thus, for example,  $R_3 = 50$  k $\Omega$  would produce approximately  $\pm 3$ V sinusoidal output amplitude.

### Amplitude Modulation:

Output amplitude can be modulated by applying a dc bias and a modulating signal to Pin 1. The internal impedance at Pin 1 is approximately 100 k $\Omega$ . Output amplitude varies linearly with the applied voltage at Pin 1, for values of dc bias at this pin, within  $\pm 4$  volts of  $V^+ / 2$  as shown in Figure 5. As this bias level approaches  $V^+ / 2$ , the phase of the output signal is reversed, and the amplitude goes through zero. This property is suitable for phase-shift keying and suppressed-carrier AM generation. Total dynamic range of amplitude modulation is approximately 55 dB.

**CAUTION:** AM control must be used in conjunction with a well-regulated supply, since the output amplitude now becomes a function of  $V^+$ .



## FSK Demodulator/Tone Decoder

### GENERAL DESCRIPTION

The XR-2211 is a monolithic phase-locked loop (PLL) system especially designed for data communications. It is particularly well suited for FSK modem applications. It operates over a wide supply voltage range of 4.5 to 20V and a wide frequency range of 0.01 Hz to 300 kHz. It can accommodate analog signals between 2 mV and 3V, and can interface with conventional DTL, TTL, and ECL logic families. The circuit consists of a basic PLL for tracking an input signal within the pass band, a quadrature-phase detector which provides carrier detection, and an FSK voltage comparator which provides FSK demodulation. External components are used to independently set center frequency, bandwidth, and output delay. An internal voltage reference proportional to the power supply provides ratio metric operation for low system performance variations with power supply changes.

The XR-2211 is available in 14 pin DTL ceramic or plastic packages specified for commercial or military temperature ranges.

### FEATURES

Wide Frequency Range	0.01 Hz to 300 kHz
Wide Supply Voltage Range	4.5V to 20 V
DTL/TTL/ECL Logic Compatibility	
FSK Demodulation, with Carrier Detection	
Wide Dynamic Range	2 mV to 3 V rms
Adjustable Tracking Range ( $\pm 1\%$ to $\pm 80\%$ )	
Excellent Temp. Stability	20 ppm/ $^{\circ}\text{C}$ , typ.

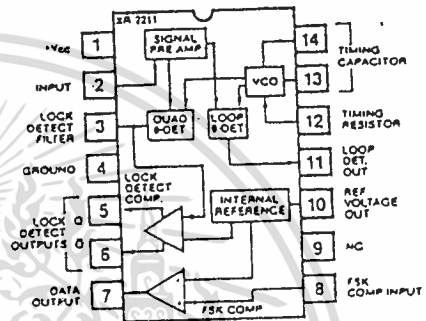
### APPLICATIONS

- FSK Demodulation
- Data Synchronization
- Tone Decoding
- FM Detection
- Carrier Detection

### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Power Supply	20V
Input Signal Level	3V rms
Power Dissipation	750 mW
Ceramic Package	6 mW/ $^{\circ}\text{C}$
Derate Above $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	
Plastic Package	5.0 mW/ $^{\circ}\text{C}$
Derate Above $T_A = +25^{\circ}\text{C}$	

### FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



### ORDERING INFORMATION

Part Number	Package	Operating Temperature
XR-2211M	Ceramic	-55 $^{\circ}\text{C}$ to +125 $^{\circ}\text{C}$
XR-2211CN	Ceramic	0 $^{\circ}\text{C}$ to +70 $^{\circ}\text{C}$
XR-2211CP	Plastic	0 $^{\circ}\text{C}$ to +70 $^{\circ}\text{C}$
XR-2211N	Ceramic	-40 $^{\circ}\text{C}$ to +85 $^{\circ}\text{C}$
XR-2211P	Plastic	-40 $^{\circ}\text{C}$ to +85 $^{\circ}\text{C}$

### SYSTEM DESCRIPTION

The main PLL within the XR-2211 is constructed from an input preamplifier, analog multiplier used as a phase detector, and a precision voltage controlled oscillator (VCO). The preamplifier is used as a limiter such that input signals above typically 2MV RMS are amplified to a constant high level signal. The multiplying-type phase detector acts as a digital exclusive or gate. Its output (unfiltered) produces sum and difference frequencies of the input and the VCO output,  $f$  input +  $f$  input ( $2f$  input) and  $f$  input -  $f$  input (0 Hz) when the phase detector output to remove the "sum" frequency component while passing the difference (DC) component to drive the VCO. The VCO is actually a current controlled oscillator with its nominal input current ( $I_0$ ) set by a resistor ( $R_0$ ) to ground and its driving current with a resistor ( $R_1$ ) from the phase detector.

The other sections of the XR-2211 act to: determine if the VCO is driven above or below the center frequency (FSK comparator); produced both active high and active low outputs to indicate when the main PLL is in lock (quadrature phase detector and lock detector comparator).

# XR-2211

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Test Conditions: Test Circuit of Figure 1,  $V^+ = V^- = 6V$ ,  $T_A = +25^\circ C$ ,  $C = 5000 \text{ pF}$ ,  $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 20 \text{ k}\Omega$ ,  $R_L = 4.7 \text{ k}\Omega$ . Binary Inputs grounded,  $S_1$  and  $S_2$  closed, unless otherwise specified.

PARAMETER	XR-2211/2211M			XR-2211C			UNITS	CONDITIONS
	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX		
<b>GENERAL</b>								
Supply Voltage	4.5		20	4.5		20	V	$R_O \geq 10 \text{ k}\Omega$ . See Fig. 4
Supply Current		4	7		5	9	mA	
<b>OSCILLATOR SECTION</b>								
Frequency Accuracy		$\pm 1$	$\pm 3$		$\pm 1$		%	Deviation from $f_0 = 1/R_0 C_0$ $R_1 = 1/2$ See Fig. 8.
Frequency Stability								
Temperature		$\pm 20$	$\pm 50$		$\pm 20$		ppm/ $^\circ C$	See Fig. 8. $V^+ = 12 \pm 1V$ . See Fig. 7. $V^+ 5 \pm 0.5V$ . See Fig. 7. $R_0 = 8.2 \text{ k}\Omega$ , $C_0 = 400 \text{ pF}$
Power Supply		0.05	0.5		0.05		%/V	
Upper Frequency Limit	100	300			300		kHz	$R_0 = 2 \text{ M}\Omega$ , $C_0 = 50 \text{ }\mu\text{F}$ See Fig. 5.
Lowest Practical								
Operating Frequency			0.01		0.01		Hz	See Figs. 7 and 8.
Timing Resistor, $R_0$								
Operating Range	5		2000	5		2000	k $\Omega$	
Recommended Range	15		100	15		100	k $\Omega$	
<b>LOOP PHASE DETECTOR SECTION</b>								
Peak Output Current	$\pm 150$	$\pm 200$	$\pm 300$	$\pm 100$	$\pm 200$	$\pm 300$	$\mu\text{A}$	Measured at Pin 11.
Output Offset Current		$\pm 1$			$\pm 2$		$\mu\text{A}$	
Output Impedance		1			1		M $\Omega$	Referenced to Pin 10.
Maximum Swing	$\pm 4$	$\pm 5$		$\pm 4$	$\pm 5$		V	
<b>QUADRATURE PHASE DETECTOR</b>								
Measured at Pin 3.								
Peak Output Current	100	150			150		$\mu\text{A}$	
Output Impedance		1			1		M $\Omega$	
Maximum Swing		11			11		V pp	
<b>INPUT PREAMP SECTION</b>								
Measured at Pin 2.								
Input Impedance		20			20		k $\Omega$	
Input Signal								
Voltage Required to Cause Limiting		2	10		2		mV rms	
<b>VOLTAGE COMPARATOR SECTIONS</b>								
Input Impedance		2			2		M $\Omega$	Measured at Pins 3 and 8.
Input Bias Current		100			100		nA	
Voltage Gain	55	70		55	70		dB	$R_L = 5.1 \text{ k}\Omega$ $I_C = 3 \text{ mA}$ $V_O = 12V$
Output Voltage Low		300			300		mV	
Output Leakage Current		0.01			0.01		$\mu\text{A}$	
<b>INTERNAL REFERENCE</b>								
Voltage Level	4.9	5.3	5.7	4.75	5.3	5.85	V	Measured at Pin 10.
Output Impedance		100			100		$\Omega$	

# XR-2211

**Reference Voltage,  $V_R$  (Pin 10):** This pin is internally biased at the reference voltage level,  $V_R$ :  $V_R = V + /2 \cdot 650$  mV. The dc voltage level at this pin forms an internal reference for the voltage levels at Pins 5, 8, 11 and 12. Pin 10 must be bypassed to ground with a 0.1  $\mu$ F capacitor for proper operation of the circuit.

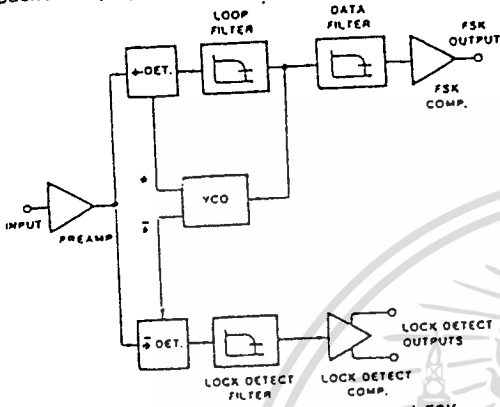


Figure 1. Functional Block Diagram of a Tone and FSK Decoding System Using XR-2211

**Loop Phase Detector Output (Pin 11):** This terminal provides a high impedance output for the loop phase detector. The PLL loop filter is formed by  $R_1$  and  $C_1$  connected to Pin 11 (see Figure 2). With no input signal, or with no phase error within the PLL, the dc level at Pin 11 is very nearly equal to  $V_R$ . The peak voltage swing available at the phase detector output is equal to  $\pm V_R$ .

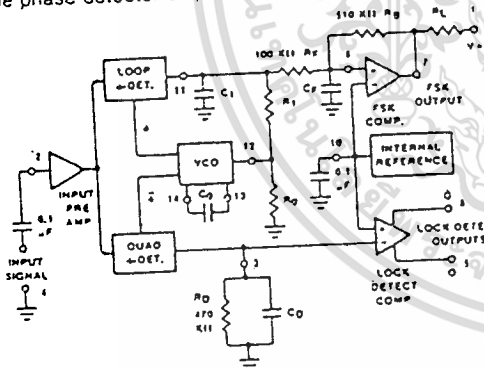


Figure 2. Generalized Circuit Connection for FSK and Tone Detection

**VCO Control Input (Pin 12):** VCO free-running frequency is determined by external timing resistor,  $R_0$ , connected from this terminal to ground. The VCO free-running frequency,  $f_0$ , is:

$$f_0 = \frac{1}{R_0 C_0} \text{ Hz}$$

where  $C_0$  is the timing capacitor across Pins 13 and 14. For optimum temperature stability,  $R_0$  must be in the range of 10 K $\Omega$  to 100 K $\Omega$  see Figure 8).

This terminal is a low impedance point, and is internally biased at a dc level equal to  $V_R$ . The maximum timing current drawn from Pin 12 must be limited to  $\leq 3$  mA for proper operation of the circuit.

**VCO Timing Capacitor (Pins 13 and 14):** VCO frequency is inversely proportional to the external timing capacitor,  $C_0$ , connected across these terminals (see Figure 5).  $C_0$  must be nonpolar, and in the range of 200 pF to 10  $\mu$ F.

**VCO Frequency Adjustment:** VCO can be fine-tuned by connecting a potentiometer,  $R_X$ , in series with  $R_0$  at Pin 12 (see Figure 9).

**VCO Free-Running Frequency,  $f_0$ :** XR-2211 does not have a separate VCO output terminal. Instead, the VCO outputs are internally connected to the phase detector sections of the circuit. However, for set-up or adjustment purposes, VCO free-running frequency can be measured at Pin 3 (with  $C_0$  disconnected), with no input and with Pin 2 shorted to Pin 10.

## DESIGN EQUATIONS

(See Figure 2 for definition of components.)

1. VCO Center Frequency,  $f_0$ :

$$f_0 = 1/R_0 C_0 \text{ Hz}$$

2. Internal Reference Voltage,  $V_R$  (measured at Pin 10):

$$V_R = V + /2 \cdot 650 \text{ mV}$$

3. Loop Low-Pass Filter Time Constant,  $\tau$ :

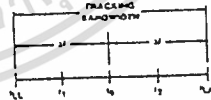
$$\tau = R_1 C_1$$

4. Loop Damping,  $\zeta$ :

$$\zeta = 1/4 \sqrt{\frac{C_0}{C_1}}$$

5. Loop Tracking Bandwidth,  $\pm \Delta f/f_0$ :

$$\pm \Delta f/f_0 = R_0/R_1$$



6. FSK Data Filter Time Constant,  $\tau F$ :

$$\tau F = R_2 C_2$$

7. Loop Phase Detector Conversion Gain,  $K\phi$ : ( $K\phi$  is the differential dc voltage across Pins 10 and 11, per unit of phase error at phase detector input):

$$K\phi = 0.2V_R/\pi \text{ volts/radian}$$

8. VCO Conversion gain,  $K_0$ : ( $K_0$  is the amount of change in VCO frequency, per unit of dc voltage change at Pin 11):

$$K_0 = -1/V_R C_0 R_1 \text{ Hz/volt}$$

# XR-2211

## 9. Total Loop Gain, $K_T$

$$K_T = 2\pi K\phi K_0 = 4/C_0 R_1 \text{ rad/sec/volt}$$

## 10. Peak Phase Detector Current $I_A$

$$I_A = V_R (\text{volts})/25 \text{ mA}$$

## APPLICATIONS INFORMATION

### FSK DECODING:

Figure 9 shows the basic circuit connection for FSK decoding. With reference to Figures 2 and 9, the functions of external components are defined as follows:  $R_0$  and  $C_0$  set the PLL center frequency,  $R_1$  sets the system bandwidth, and  $C_1$  sets the loop filter time constant and the loop damping factor.  $C_F$  and  $R_F$  form a one-pole post-detection filter for the FSK data output. The resistor  $R_B$  ( $\approx 510 \text{ K}\Omega$ ) from Pin 7 to Pin 8 introduces positive feedback across the FSK comparator to facilitate rapid transition between output logic states.

Recommended component values for some of the most commonly used FSK bands are given in Table 1.

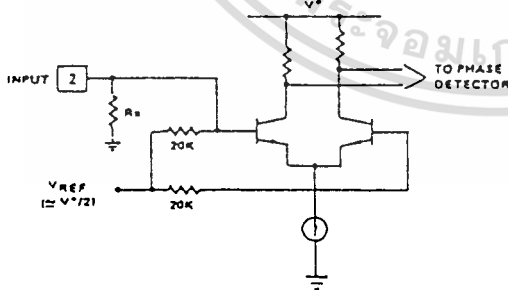
### Design Instructions:

The circuit of Figure 9 can be tailored for any FSK decoding application by the choice of five key circuit components:  $R_0$ ,  $R_1$ ,  $C_0$ ,  $C_1$  and  $C_F$ . For a given set of FSK mark and space frequencies,  $f_1$  and  $f_2$ , these parameters can be calculated as follows:

- a) Calculate PLL center frequency,  $f_0$ :

$$f_0 = \frac{f_1 + f_2}{2}$$

- b) Choose value of timing resistor  $R_0$ , to be in the range of  $10 \text{ K}\Omega$  to  $100 \text{ K}\Omega$ . This choice is arbitrary.



$$V_{IN \text{ MINIMUM}} - V^+ \left( \frac{10K}{R_1 + 20K} \right) \leq 2.8 \text{ mV (PEAK)}$$

Figure 3. Desensitizing Input Stage

The recommended value is  $R_0 = 20 \text{ K}\Omega$ . The final value of  $R_0$  is normally fine-tuned with the series potentiometer,  $R_X$ .

- c) Calculate value of  $C_0$  from design equation (1) or from Figure 6:

$$C_0 = 1/R_0 f_0$$

- d) Calculate  $R_1$  to give a  $\Delta f$  equal to the mark space deviation:

$$R_1 = R_0 [f_0 / (f_1 - f_2)]$$

- e) Calculate  $C_1$  to set loop damping. (See design equation No. 4.):

Normally,  $\zeta = 1/2$  is recommended.

$$\text{Then: } C_1 = C_0/4 \text{ for } \zeta = 1/2$$

- f) Calculate Data Filter Capacitance,  $C_F$ :

For  $R_F = 100 \text{ K}\Omega$ ,  $R_B = 510 \text{ K}\Omega$ , the recommended value of  $C_F$  is:

$$C_F \approx 3/(\text{Baud Rate}) \mu\text{F}$$

Note: All calculated component values except  $R_0$  can be rounded to the nearest standard value, and  $R_0$  can be varied to fine-tune center frequency, through a series potentiometer,  $R_X$ . (See Figure 9.)

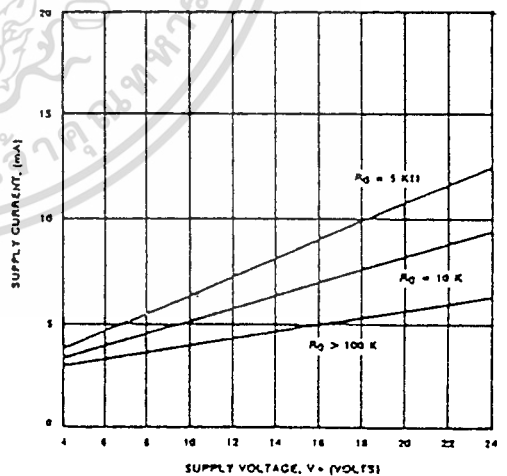


Figure 4. Typical Supply Current vs  $V^+$  (Logic Outputs Open Circuited)

# XR-2211

1

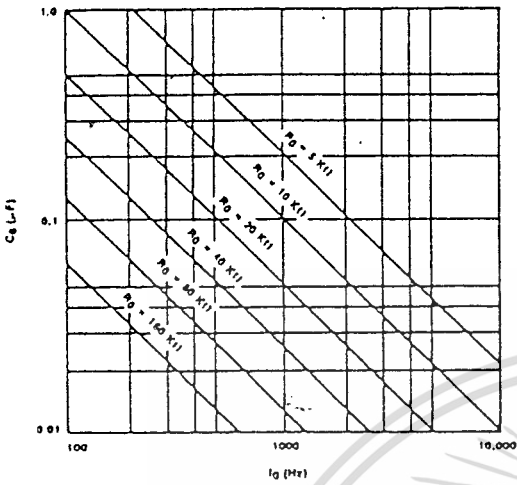


Figure 5. VCO Frequency vs Timing Resistor

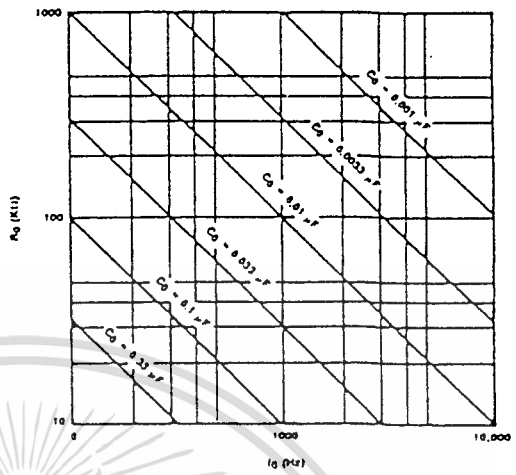


Figure 6. VCO Frequency vs Timing Capacitor

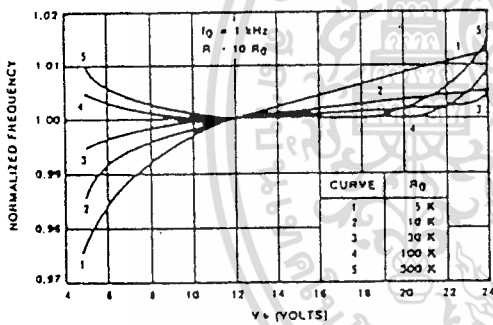


Figure 7. Typical  $f_0$  vs Power Supply Characteristics

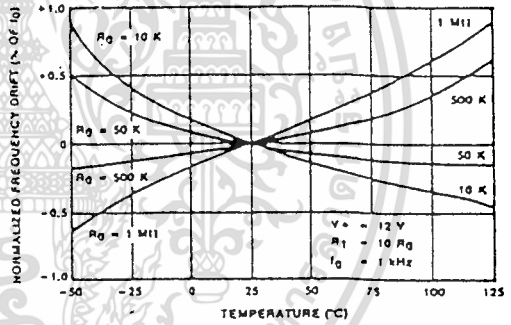


Figure 8. Typical Center Frequency Drift vs Temperature

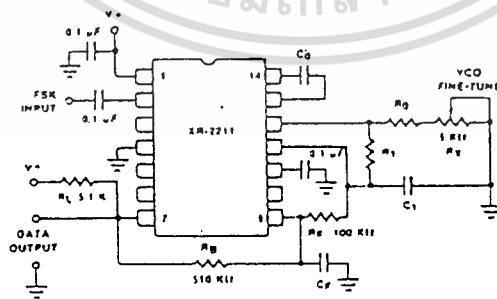


Figure 9. Circuit Connection for FSK Decoding

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# XR-2211

## Design Example:

75 Baud FSK demodulator with mark space frequencies of 1110/1170 Hz:

Step 1: Calculate  $f_0$ :  $f_0 = (1110 + 1170) / 2 = 1140$  Hz

Step 2: Choose  $R_0$  - 20 K $\Omega$  (18 K $\Omega$  fixed resistor in series with 5 K $\Omega$  potentiometer)

Step 3: Calculate  $C_0$  from Figure 6:  $C_0 = 0.044$   $\mu$ F

Step 4: Calculate  $R_1$ :  $R_1 = R_0 (2240/60) = 380$  K $\Omega$

Step 5: Calculate  $C_1$ :  $C_1 = C_0/4 = 0.011$   $\mu$ F

Note: All values except  $R_0$  can be rounded to nearest standard value.

Table 1. Recommended Component Values for Commonly Used FSK Bands.  
(See Circuit of Figure 9.)

FSK BAND	COMPONENT VALUES
300 Baud $f_1 = 1070$ Hz $f_2 = 1270$ Hz	$C_0 = 0.039$ $\mu$ F $C_F = 0.005$ $\mu$ F $C_1 = 0.01$ $\mu$ F $R_0 = 18$ K $\Omega$ $R_1 = 100$ K $\Omega$
300 Baud $f_1 = 2025$ Hz $f_2 = 2225$ Hz	$C_0 = 0.022$ $\mu$ F $C_F = 0.005$ $\mu$ F $C_1 = 0.0047$ $\mu$ F $R_0 = 18$ K $\Omega$ $R_1 = 200$ K $\Omega$
1200 Baud $f_1 = 1200$ Hz $f_2 = 2200$ Hz	$C_0 = 0.027$ $\mu$ F $C_F = 0.0022$ $\mu$ F $C_1 = 0.01$ $\mu$ F $R_0 = 18$ K $\Omega$ $R_1 = 30$ K $\Omega$

## FSK DECODING WITH CARRIER DETECT:

The lock detect section of XR-2211 can be used as a carrier detect option, for FSK decoding. The recommended circuit connection for this application is shown in Figure 10. The open collector lock detect output, Pin 6, is shorted to data output (Pin 7). Thus, data output

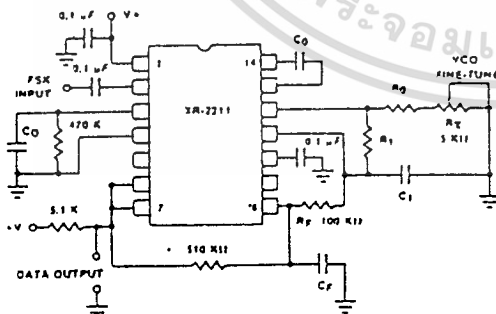


Figure 10. External Connectors for FSK Demodulation with Carrier Detect Capability

Note: Data Output is "Low" When No Carrier Is Present.

will be disabled at "low" state, until there is a carrier within the detection band of the PLL, and the Pin 6 output goes "high," to enable the data output.

The minimum value of the lock detect filter capacitance  $C_D$  is inversely proportional to the capture range,  $\pm \Delta f_c$ . This is the range of incoming frequencies over which the loop can acquire lock and is always less than the tracking range. It is further limited by  $C_1$ . For most applications,  $\Delta f_c > \Delta f/2$ . For  $R_D = 470$  K $\Omega$ , the approximate minimum value of  $C_D$  can be determined by:

$$C_D (\mu\text{F}) \geq 16/\text{capture range in Hz.}$$

With values of  $C_D$  that are too small, chatter can be observed on the lock detect output as an incoming signal frequency approaches the capture bandwidth. Excessively large values of  $C_D$  will slow the response time of the lock detect output.

## TONE DETECTION:

Figure 11 shows the generalized circuit connection for tone detection. The logic outputs, Q and  $\bar{Q}$  at Pins 5 and 6 are normally at "high" and "low" logic states, respectively. When a tone is present within the detection band of the PLL, the logic state at these outputs become reversed for the duration of the input tone. Each logic output can sink 5 mA of load current.

Both logic outputs at Pins 5 and 6 are open collector type stages, and require external pull-up resistors  $R_{L1}$  and  $R_{L2}$ , as shown in Figure 11.

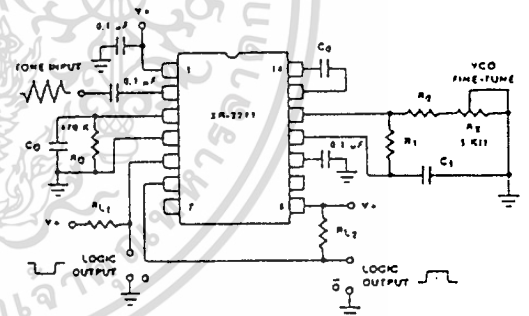


Figure 11. Circuit Connection for Tone Detection

With reference to Figures 2 and 11, the functions of the external circuit components can be explained as follows:  $R_0$  and  $C_0$  set VCO center frequency;  $R_1$  sets the detection bandwidth;  $C_1$  sets the low pass-loop filter time constant and the loop damping factor.  $R_{L1}$  and  $R_{L2}$  are the respective pull-up resistors for the Q and  $\bar{Q}$  logic outputs.

## Design Instructions:

The circuit of Figure 11 can be optimized for any tone detection application by the choice of the 5 key circuit components:  $R_0$ ,  $R_1$ ,  $C_0$ ,  $C_1$  and  $C_D$ . For a given input,

# XR-2211

the tone frequency,  $f_s$ , these parameters are calculated as follows:

a) Choose  $R_0$  to be in the range of 15 K $\Omega$  to 100 K $\Omega$ . This choice is arbitrary.

b) Calculate  $C_0$  to set center frequency,  $f_0$  equal to  $f_s$  (see Figure 6):  $C_0 = 1/R_0 f_s$

c) Calculate  $R_1$  to set bandwidth  $\pm \Delta f$  (see design equation No. 5):

$$R_1 = R_0(f_0/\Delta f)$$

Note: The total detection bandwidth covers the frequency range of  $f_0 \pm \Delta f$ .

d) Calculate value of  $C_1$  for a given loop damping factor:

$$C_1 = C_0/16 \zeta^2$$

Normally  $\zeta = 1/2$  is optimum for most tone detector applications, giving  $C_1 = 0.25 C_0$ .

Increasing  $C_1$  improves the out-of-band signal rejection, but increases the PLL capture time.

e) Calculate value of filter capacitor  $C_D$ . To avoid chatter at the logic output, with  $R_D = 470$  K $\Omega$ ,  $C_D$  must be:

$$C_D(\mu F) \geq (16/\text{capture range in Hz})$$

Increasing  $C_D$  slows down the logic output response time.

## Design Examples:

Tone detector with a detection band of 1 kHz  $\pm$  20 Hz:

a) Choose  $R_0 = 20$  K $\Omega$  (18 K $\Omega$  in series with 5 K $\Omega$  potentiometer).

b) Choose  $C_0$  for  $f_0 = 1$  kHz (from Figure 6):  $C_0 = 0.05 \mu F$ .

c) Calculate  $R_1$ :  $R_1 = (R_0)(1000/20) = 1$  M $\Omega$ .

d) Calculate  $C_1$ : for  $\zeta = 1/2$ ,  $C_1 = 0.25 C_0 = 0.013 \mu F$ .

e) Calculate  $C_D$ :  $C_D = 16/38 = 0.42 \mu F$ .

f) Fine-tune center frequency with 5 K $\Omega$  potentiometer,  $R_X$ .

## LINEAR FM DETECTION:

XR-2211 can be used as a linear FM detector for a wide range of analog communications and telemetry applications. The recommended circuit connection for this application is shown in Figure 12. The demodulated output is taken from the loop phase detector output (Pin 11), through a post-detection filter made up of  $R_F$  and  $C_F$  and an external buffer amplifier. This buffer amplifier is necessary because of the high impedance output

at Pin 11. Normally, a non-inverting unity gain op amp can be used as a buffer amplifier, as shown in Figure 12.

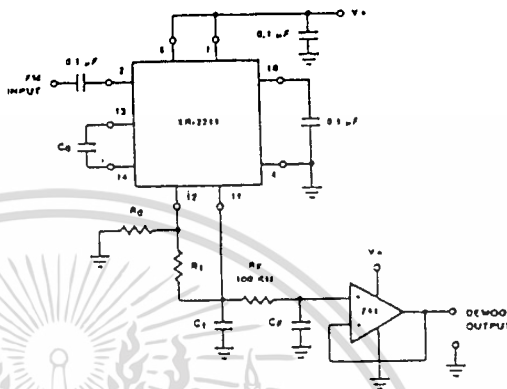


Figure 12. Linear FM Detector Using XR-2211 and an External Op Amp. (See Section on Design Equation for Component Values.)

The FM detector gain, i.e., the output voltage change per unit of FM deviation can be given as:

$$V_{out} = R_1 V_R / 100 R_0 \text{ Volts/\% deviation}$$

where  $V_R$  is the internal reference voltage ( $V_R = V + /2 - 650$  mV). For the choice of external components  $R_1$ ,  $R_0$ ,  $C_0$ ,  $C_1$  and  $C_F$ , see section on design equations.

## PRINCIPLES OF OPERATION

**Signal Input (Pin 2):** Signal is ac coupled to this terminal. The internal impedance at Pin 2 is 20 K $\Omega$ . Recommended input signal level is in the range of 10 mV rms to 3V rms.

**Quadrature Phase Detector Output (Pin 3):** This is the high impedance output of quadrature phase detector and is internally connected to the input of lock detect voltage comparator. In tone detection applications, Pin 3 is connected to ground through a parallel combination of  $R_D$  and  $C_D$  (see Figure 2) to eliminate the chatter at lock detect outputs. If the tone detect section is not used, Pin 3 can be left open circuited.

**Lock Detect Output, Q (Pin 5):** The output at Pin 5 is at "high" state when the PLL is out of lock and goes to "low" or conducting state when the PLL is locked. It is an open collector type output and requires a pull-up resistor,  $R_L$ , to  $V +$  for proper operation. At "low" state, it can sink up to 5 mA of load current.

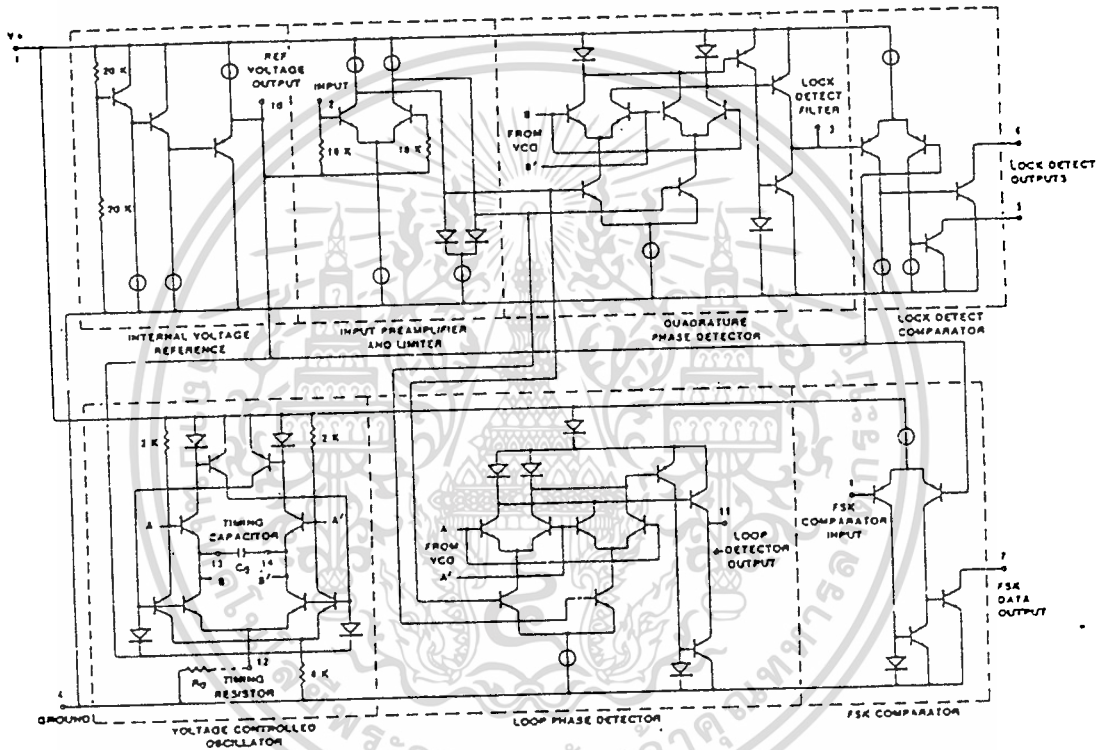
**Lock Detect Complement,  $\bar{Q}$  (Pin 6):** The output at Pin 6 is the logic complement of the lock detect output at Pin 5. This output is also an open collector type stage which can sink 5 mA of load current at low or "on" state.

# XR-2211

**FSK Data Output (Pin 7):** This output is an open collector logic stage which requires a pull-up resistor,  $R_L$ , to  $V^+$  for proper operation. It can sink 5 mA of load current. When decoding FSK signals, FSK data output is at "high" or "off" state for low input frequency, and at "low" or "on" state for high input frequency. If no input signal is present, the logic state at Pin 7 is indeterminate.

**FSK Comparator Input (Pin 8):** This is the high impedance input to the FSK voltage comparator. Normally, an FSK post-detection or data filter is connected between this terminal and the PLL phase detector output (Pin 11). This data filter is formed by  $R_F$  and  $C_F$  of Figure 2. The threshold voltage of the comparator is set by the internal reference voltage,  $V_R$ , available at Pin 10.

EQUIVALENT SCHEMATIC DIAGRAM



# MT8870B/MT8870B-1 ISO<sup>2</sup>-CMOS

## Absolute Maximum Ratings\*

	Parameter	Symbol	Min	Max	Units
1	Power supply voltage $V_{DD}$ - $V_{SS}$			5	V
2	Voltage on any pin		$V_{SS}-0.3$	$V_{DD}+0.3$	V
3	Current at any pin (other than supply)			10	mA
4	Operating temperature	$T_A$	-40	+85	°C
5	Storage temperature		-65	+150	°C
6	Package power dissipation			1000	mW

\* Exceeding these values may cause permanent damage. Functional operation under these conditions is not implied. Derate above 75 °C at 16 mW / °C. All leads soldered to board.

## Recommended Operating Conditions - Voltages are with respect to ground ( $V_{SS}$ ) unless otherwise stated.

	Characteristics	Sym	Min	Typ <sup>†</sup>	Max	Units	Test Conditions
1	Positive Supply Voltages	$V_{DD}$		5		V	$V_{SS} = 0V$
2	Oscillator Clock Frequency	$f_c$		3.579545		MHz	
3	Oscillator Frequency Tolerance	$\Delta f_c$		$\pm 0.1$		%	

<sup>†</sup> Typical figures are at 25°C and are for design aid only; not guaranteed and not subject to production testing.

## DC Electrical Characteristics - $V_{DD} = 5.0V \pm 5\%$ , $V_{SS} = 0V$ . Voltages are with respect to ground ( $V_{SS}$ ) unless otherwise stated.

		Characteristics	Sym	Min	Typ <sup>†</sup>	Max	Units	Test Conditions
1	Supply	Operating supply voltage	$V_{DD}$	4.75	5.0	5.25	V	
2		Operating supply current	$I_{DD}$		3.0	9.0	mA	*
3		Power consumption	$P_O$		15	45	mW	$f = 3.58 \text{ MHz}; V_{DD} = 5V$
4	Input	High level input	$V_{IH}$	3.5			V	
5		Low level input voltage	$V_{IL}$			1.5	V	
6	Supply	Input leakage current	$I_{IH/IL}$		0.1		$\mu A$	$V_{IH} = V_{SS} \text{ or } V_{DD}$
7		Pull-up (source) current	$I_{SO}$		7.5	15	$\mu A$	TOE (pin 10) = 0V
8	Supply	Input impedance ( $I_N - I_M - I$ )	$R_{IN}$		10		M $\Omega$	@ 1 kHz
9		Steering threshold voltage	$V_{TST}$	2.2		2.5	V	
10	Output	Low level output voltage	$V_{OL}$			$V_{SS} \pm 0.03$	V	No load
11		High level output voltage	$V_{OH}$	$V_{DD} - 0.03$			V	No load
12	Supply	Output low (sink) current	$I_{OL}$	1	2.5		mA	$V_{OUT} = 0.4V$
13		Output high (source) current	$I_{OH}$	0.4	0.8		mA	$V_{OUT} = 4.5V$
14	Supply	$V_{ref}$ output voltage	$V_{ref}$	2.4		2.7	V	No load
15		$V_{ref}$ output resistance	$R_{OR}$		10		k $\Omega$	

**Operating Characteristics<sup>1</sup>** - Voltages are with respect to ground ( $V_{SS}$ ) unless otherwise stated  
**Gain Setting Amplifier**

	Characteristics	Sym	Min	Typ <sup>2</sup>	Max	Units	Test Conditions
1	Input leakage current	$I_{IN}$		100		nA	$V_{SS} \leq V_{IN} \leq V_{DD}$
2	Input resistance	$R_{IN}$		10		M $\Omega$	
3	Input offset voltage	$V_{OS}$		25		mV	
4	Power supply rejection	PSRR		60		dB	1 kHz
5	Common mode rejection	CMRR		60		dB	$-3.0V \leq V_{IN} \leq 3.0V$
6	DC open loop voltage gain	$A_{VOL}$		65		dB	
7	Open loop unity gain bandwidth	$f_C$		1.5		MHz	
8	Output voltage swing	$V_O$		4.5		$V_{DD}$	$R_L \geq 100K\Omega$ to $V_{SS}$
9	Maximum capacitive load (GS)	$C_L$		100		pF	
10	Maximum resistive load (GS)	$R_L$		50		$K\Omega$	
11	Common mode range	$V_{CM}$		3.0		$V_{DD}$	No Load

<sup>1</sup>  $V_{DD} = 5V, V_{SS} = 0V, T_A = 25^\circ C$

<sup>2</sup> Typical figures are at  $25^\circ C$  and are for design aid only; not guaranteed and not subject to production testing.

**MT8870B AC Electrical Characteristics<sup>1</sup>** - Voltages are with respect to ground ( $V_{SS}$ ) unless otherwise stated

	Characteristics	Sym	Min	Typ	Max	Units	Notes
1	Valid input signal levels (each tone of composite signal)		-29			dBm	1,2,3,5,6,9
			27.5			mV <sub>RMS</sub>	1,2,3,5,6,9
					+1	dBm	1,2,3,5,6,9
					869	mV <sub>RMS</sub>	1,2,3,5,6,9
2	Positive twist accept			10		dB	2,3,6,9
3	Negative twist accept			10		dB	2,3,6,9
4	Freq. deviation accept		$\pm 1.5\% \pm 2Hz$			Nom.	2,3,5,9
5	Freq. deviation reject		$\pm 3.5\%$			Nom.	2,3,5,9
6	Third tone tolerance				-16	dB	2,3,4,5,9
7	Noise tolerance				-12	dB	2,3,4,5,7,9,10
8	Dial tone tolerance				+22	dB	2,3,4,5,8,9,11

<sup>1</sup>  $V_{DD} = 5V, V_{SS} = 0, T_A = 25^\circ C$  and  $f_C = 3.579545 MHz$  using test circuit shown in Figure 2.

**NOTES**

1. dBm = decibels above or below a reference power of 1 mW into a 600 ohm load.

2. Digit sequence consists of all DTMF tones

3. Tone duration = 40 ms, tone pause = 40 ms.

4. Signal condition consists of nominal DTMF frequencies

5. Both tones in composite signal have an equal amplitude.

6. Tone pair is deviated by  $\pm 1.5\% \pm 2Hz$ .

7. Bandwidth limited (3KHz) Gaussian noise.

8. The precise dial tone frequencies are (350 Hz and 440 Hz)  $\pm 2\%$ .

9. For an error rate of better than 1 in 10,000.

10. Referenced to lowest level frequency component in DTMF signal.

11. Referenced to the minimum valid accept level.

12. For guard time calculation purposes.

# MT8870B/MT8870B-1 ISO<sup>2</sup>-CMOS

MT8870B-1 AC Electrical Characteristics' - Voltages are with respect to ground (V<sub>SS</sub>) unless otherwise stated.

	Characteristics	Sym	Min	Typ	Max	Units	Notes		
1	Valid input signal levels (each tone of composite signal)		-31				dBm	1,2,3,5,6,9	
			21.8				mV <sub>RMS</sub>	1,2,3,5,6,9	
						+1		dBm	1,2,3,5,6,9
						869		mV <sub>RMS</sub>	1,2,3,5,6,9
2	Input Signal Level Reject		-37				dBm	1,2,3,5,6,9	
			10.9				mV <sub>RMS</sub>	1,2,3,5,6,9	
3	Positive twist accept				-6	dB	2,3,6,9		
4	Negative twist accept				5	dB	2,3,6,9		
5	Freq. deviation accept		± 1.5% ± 2Hz				2,3,5,9		
6	Freq. deviation reject		± 3.5%				2,3,5,9		
7	Third tone tolerance		-18.5			dB	2,3,4,5,7,9,10		
8	Noise tolerance			-12		dB	2,3,4,5,8,9,11		
9	Dial tone tolerance			+22		dB	2,3,4,5,8,9,11		

\* V<sub>DD</sub> = 5V, V<sub>SS</sub> = 0, T<sub>A</sub> = 25° C and f<sub>c</sub> = 3.579545 MHz using test circuit shown in Figure 2.

- NOTES
1. dBm = decibels above or below a reference power of 1 mW into a 500 ohm load.
  2. Digit sequence consists of all DTMF tones
  3. Tone duration = 40 ms, tone pause = 40 ms.
  4. Signal condition consists of nominal DTMF frequencies
  5. Both tones in composite signal have an equal amplitude.
  6. Tone pair is deviated by ± 1.5% ± 2Hz.
  7. Bandwidth limited (3 kHz) Gaussian noise.
  8. The precise dial tone frequencies are (350 Hz and 440 Hz) ± 1%.
  9. For an error rate of better than 1 in 10,000.
  10. Referenced to lowest level frequency component in DTMF signal.
  11. Referenced to the minimum valid accept level.
  12. For guard time calculation purposes.
  13. Referenced to Fig. 10 Input DTMF Tone Level at -25 dBm (-23 dBm at GS Pin) Interference Frequency Range between 480-3400 Hz.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ISO<sup>2</sup>-CMOS-MT8870B/MT8870B-1

AC Electrical Characteristics -- Voltages are with respect to ground ( $V_{SS}$ ) unless otherwise stated

	Characteristics	Sym	Min	Typ <sup>†</sup>	Max	Units	Conditions
T I M I N G	Tone present detect time	$t_{DP}$	5	11	14	ms	Note 12
	Tone absent detect time	$t_{DA}$	0.5	4	8.5	ms	Note 12
	Tone duration accept	$t_{REC}$			40	ms	User adjustable
	Tone duration reject	$t_{REC}$	20			ms	User adjustable
	Interdigit pause accept	$t_{ID}$			40	ms	User adjustable
	Interdigit pause reject	$t_{ID}$	20			ms	User adjustable
O U T P U T S	Propagation delay (St to Q)	$t_{pQ}$		3	11	$\mu$ s	TOE = $V_{DD}$
	Propagation delay (St to StD)	$t_{pStD}$		12		$\mu$ s	TOE = $V_{DD}$
	Output data setup (Q to StD)	$t_{OSStD}$		3.4		$\mu$ s	TOE = $V_{DD}$
	Propagation delay (TOE to Q ENABLE)	$t_{pTE}$		50		ns	$R_L = 10k\Omega$ $C_L = 50 pF$
	Propagation delay (TOE to O DISABLE)	$t_{pTD}$		300		ns	$R_L = 10k\Omega$ $C_L = 50 pF$
C L O C K	Crystal /clock frequency	$f_C$	3.5759	3.5795	3.5831	MHz	
	Clock input rise time	$t_{rHCL}$			110	ns	Ext. clock
	Clock input fall time	$t_{fHCL}$			110	ns	Ext. clock
	Clock input duty cycle	DC <sub>CL</sub>	40	50	60	%	Ext. clock
	Capacitive load (OSC2)	$C_{LO}$			30	$\mu$ F	

<sup>†</sup>  $V_{DD} = 5.0V$ ,  $V_{SS} = 0V$ ,  $T_A = 25^\circ C$  and  $f_C = 3.579545$  MHz, using test circuit shown in Figure 2.

<sup>†</sup> Typical figures are at  $25^\circ C$  and are for design aid only; not guaranteed and not subject to production testing.

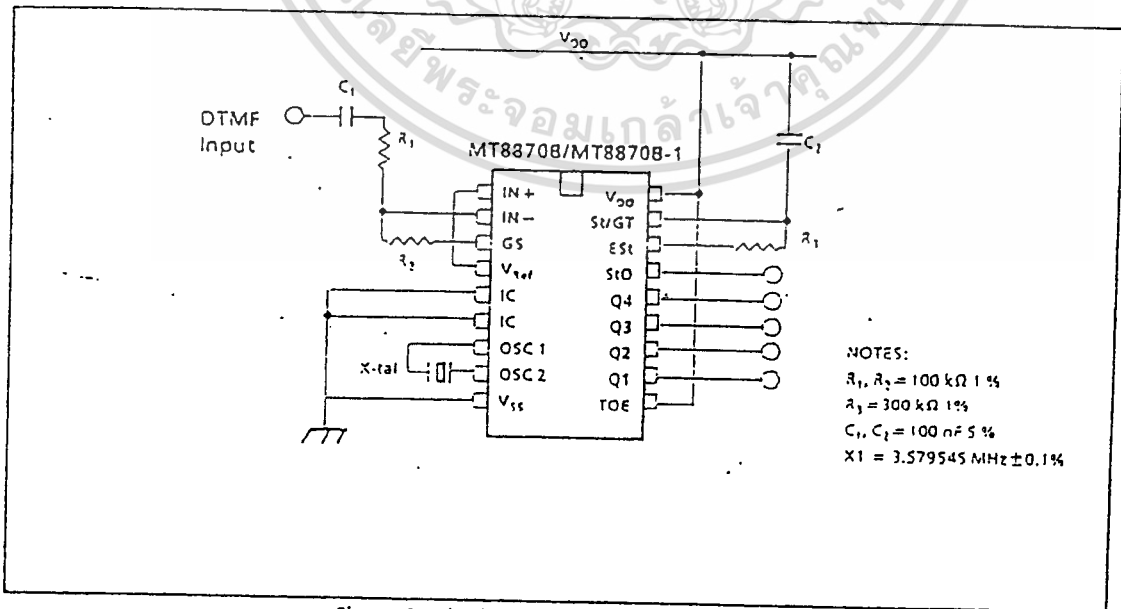


Figure 2 - Single-Ended Input Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# MT8870B/MT8870B-1 ISO<sup>2</sup>-CMOS

## Pin Description

Pin #	Name	Description
1	IN +	Non-Inverting Op-Amp (Input).
2	IN -	Inverting Op-Amp (Input).
3	GS	Gain Select. Gives access to output of front end differential amplifier for connection of feedback resistor.
4	V <sub>Ref</sub>	Reference Voltage (Output). Nominally V <sub>DD</sub> /2 is used to bias inputs at mid-rail (see Fig.2).
5	IC	Internal Connection. Must be tied to V <sub>SS</sub> .
6	IC	Internal Connection. Must be tied to V <sub>SS</sub> .
7	OSC1	Clock (Input).
8	OSC2	Clock (Output). A 3.579545 MHz crystal connected between pins OSC1 and OSC2 completes the internal oscillator circuit.
9	V <sub>SS</sub>	Negative Power Supply (Input).
10	TOE	Three State Output Enable (Input). Logic high enables the outputs Q1-Q4. This pin is pulled up internally.
11-14	Q1-Q4	Three State Data (Output). When enabled by TOE, provide the code corresponding to the last valid tone-pair received (see Table 1). When TOE is logic low, the data outputs are high impedance.
15	StD	Delayed Steering (Output). Presents a logic high when a received tone-pair has been registered and the output latch updated; returns to logic low when the voltage on St/GT falls below V <sub>Stc</sub> .
16	ESc	Early Steering (Output). Presents a logic high once the digital algorithm has detected a valid tone pair (signal condition). Any momentary loss of signal condition will cause ESc to return to a logic low.
17	St/GT	Steering Input/Guard time (Output) Bidirectional. A voltage greater than V <sub>Stc</sub> detected at St causes the device to register the detected tone pair and update the output latch. A voltage less than V <sub>Stc</sub> frees the device to accept a new tone pair. The GT output acts to reset the external steering time-constant; its state is a function of ESc and the voltage on St.
18	V <sub>DD</sub>	Positive power supply (Input).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



# ADC0801, ADC0802, ADC0803, ADC0804; ADC0805 8-Bit $\mu$ P Compatible A/D Converters

## General Description

The ADC0801, ADC0802, ADC0803, ADC0804 and ADC0805 are CMOS 8-bit successive approximation A/D converters that use a differential potentiometric ladder—similar to the 256R products. These converters are designed to allow operation with the HSC800 and INS800A derivative control bus with TRI-STATE<sup>®</sup> output latches directly driving the data bus. These A/Ds appear like memory locations or I/O ports to the microprocessor and no interfacing logic is needed.

Differential analog voltage inputs allow increasing the common-mode rejection and offsetting the analog zero input voltage value. In addition, the voltage reference input can be adjusted to allow encoding any smaller analog voltage span to the full 8 bits of resolution.

- Differential analog voltage inputs
- Logic inputs and outputs meet both MOS and TTL voltage level specifications
- Works with 2.5V (LM336) voltage reference
- On-chip clock generator
- 0V to 5V analog input voltage range with single 5V supply
- No zero adjust required
- 0.3" standard width 20-pin DIP package
- 20-pin molded chip carrier or small outline package
- Operates ratiometrically or with 5 V<sub>DC</sub>, 2.5 V<sub>DC</sub>, or analog span adjusted voltage reference

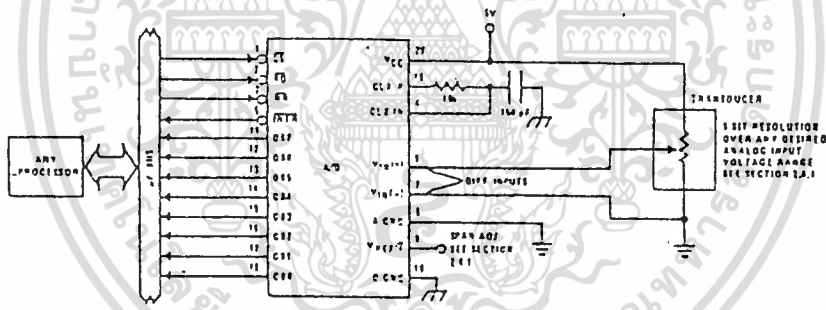
## Features

- Compatible with 8080  $\mu$ P derivatives—no interfacing logic needed - access time - 135 ns
- Easy interface to all microprocessors, or operates "stand alone"

## Key Specifications

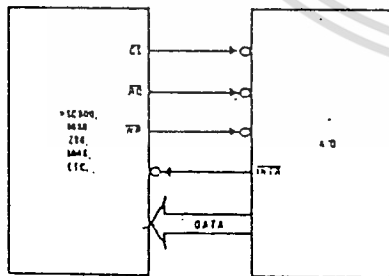
- Resolution 8 bits
- Total error  $\pm 1/4$  LSB,  $\pm 1/2$  LSB and  $\pm 1$  LSB
- Conversion time 100  $\mu$ s

## Typical Applications



TL/M/5671-1

8080 Interface



TL/M/5671-31

Error Specification (Includes Full-Scale, Zero Error, and Non-Linearity)

Part Number	Full-Scale Adjusted	V <sub>REF/2</sub> = 2.500 V <sub>DC</sub> (No Adjustments)	V <sub>REF/2</sub> = No Connection (No Adjustments)
ADC0801	$\pm 1/4$ LSB		
ADC0802		$\pm 1/2$ LSB	
ADC0803	$\pm 1/2$ LSB		
ADC0804		$\pm 1$ LSB	
ADC0805			$\pm 1$ LSB

## Absolute Maximum Ratings (Notes 1 & 2)

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

Supply Voltage ( $V_{CC}$ ) (Note 3)	8.5V
Voltage	
Logic Control Inputs	-0.3V to +18V
All Other Input and Outputs	-0.3V to ( $V_{CC} + 0.3V$ )
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	
Dual-In-Line Package (plastic)	260°C
Dual-In-Line Package (ceramic)	300°C
Surface Mount Package	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C

Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Package Dissipation at $T_A = 25^\circ\text{C}$	875 mW
ESD Susceptibility (Note 10)	800V

## Operating Ratings (Notes 1 & 2)

Temperature Range	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$
ADC0801/02LJ	-55°C $\leq T_A \leq$ +125°C
ADC0801/02/03/04LCJ	-40°C $\leq T_A \leq$ +85°C
ADC0801/02/03/05LCN	-40°C $\leq T_A \leq$ +85°C
ADC0804LCN	0°C $\leq T_A \leq$ +70°C
ADC0802/03/04LCV	0°C $\leq T_A \leq$ +70°C
ADC0802/03/04LCWM	0°C $\leq T_A \leq$ +70°C
Range of $V_{CC}$	4.5 $V_{DC}$ to 6.3 $V_{DC}$

## Electrical Characteristics

The following specifications apply for  $V_{CC} = 5 V_{DC}$ ,  $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$  and  $f_{CLK} = 640$  kHz unless otherwise specified.

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
ADC0801: Total Adjusted Error (Note 8)	With Full-Scale Adj. (See Section 2.5.2)			$\pm 1/2$	LSB
ADC0802: Total Unadjusted Error (Note 8)	$V_{REF}/2 = 2.500 V_{DC}$			$\pm 1/2$	LSB
ADC0803: Total Adjusted Error (Note 8)	With Full-Scale Adj. (See Section 2.5.2)			$\pm 1/2$	LSB
ADC0804: Total Unadjusted Error (Note 8)	$V_{REF}/2 = 2.500 V_{DC}$			$\pm 1$	LSB
ADC0805: Total Unadjusted Error (Note 8)	$V_{REF}/2$ -No Connection			$\pm 1$	LSB
$V_{REF}/2$ Input Resistance (Pin 9)	ADC0801/02/03/05 ADC0804 (Note 9)	2.5 0.75	8.0 1.1		k $\Omega$ k $\Omega$
Analog Input Voltage Range	(Note 4) $V(+)$ or $V(-)$	Gnd-0.05		$V_{CC} + 0.05$	$V_{DC}$
DC Common-Mode Error	Over Analog Input Voltage Range		$\pm 1/4$	$\pm 1/8$	LSB
Power Supply Sensitivity	$V_{CC} = 5 V_{DC} \pm 10\%$ Over Allowed $V_{IN}(+)$ and $V_{IN}(-)$ Voltage Range (Note 4)		$\pm 1/16$	$\pm 1/8$	LSB

## AC Electrical Characteristics

The following specifications apply for  $V_{CC} = 5 V_{DC}$  and  $T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
$T_C$	Conversion Time	$f_{CLK} = 640$ kHz (Note 6)	103		114	$\mu\text{s}$
$T_C$	Conversion Time	(Note 5, 6)	66		73	1/ $f_{CLK}$
$f_{CLK}$	Clock Frequency Clock Duty Cycle	$V_{CC} = 5V$ , (Note 5) (Note 5)	100 40	640	1460 60	kHz %
CR	Conversion Rate in Free-Running Mode	INTR tied to WR with $CS = 0 V_{DC}$ , $f_{CLK} = 640$ kHz	8770		9708	conv/s
$t_{W(WR)}$	Width of WR Input (Start Pulse Width)	$CS = 0 V_{DC}$ (Note 7)	100			ns
$t_{ACC}$	Access Time (Delay from Falling Edge of RD to Output Data Valid)	$C_L = 100$ pF		135	200	ns
$t_{IH}, t_{OH}$	TRI-STATE Control (Delay from Rising Edge of RD to Hi-Z State)	$C_L = 10$ pF, $R_L = 10k$ (See TRI-STATE Test Circuits)		125	200	ns
$t_{WI}, t_{RI}$	Delay from Falling Edge of WR or RD to Reset of INTR			300	450	ns
$C_{IN}$	Input Capacitance of Logic Control Inputs			5	7.5	pF
$C_{OUT}$	TRI-STATE Output Capacitance (Data Buffers)			5	7.5	pF
<b>CONTROL INPUTS (Note, CLK IN (Pin 4) is the input of a Schmitt trigger circuit and is therefore specified separately)</b>						
$V_{IN}(1f)$	Logical "1" Input Voltage (Except Pin 4 CLK IN)	$V_{CC} = 5.25 V_{DC}$	2.0		15	$V_{DC}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## AC Electrical Characteristics (Continued)

The following specifications apply for  $V_{CC} = 5V_{DC}$  and  $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$ , unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
<b>CONTROL INPUTS</b> (Note: CLK IN (Pin 4) is the input of a Schmitt trigger circuit and is therefore specified separately)						
$V_{IN(0)}$	Logical "0" Input Voltage (Except Pin 4 CLK IN)	$V_{CC} = 4.75 V_{DC}$			0.8	$V_{DC}$
$I_{IN(1)}$	Logical "1" Input Current (All Inputs)	$V_{IN} = 5 V_{DC}$		0.005	1	$\mu A_{DC}$
$I_{IN(0)}$	Logical "0" Input Current (All Inputs)	$V_{IN} = 0 V_{DC}$	-1	-0.005		$\mu A_{DC}$
<b>CLOCK IN AND CLOCK R</b>						
$V_{T+}$	CLK IN (Pin 4) Positive Going Threshold Voltage		2.7	3.1	3.5	$V_{DC}$
$V_{T-}$	CLK IN (Pin 4) Negative Going Threshold Voltage		1.5	1.8	2.1	$V_{DC}$
$V_H$	CLK IN (Pin 4) Hysteresis ( $V_{T+} - V_{T-}$ )		0.6	1.3	2.0	$V_{DC}$
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" CLK R Output Voltage	$I_O = 360 \mu A$ $V_{CC} = 4.75 V_{DC}$			0.4	$V_{DC}$
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" CLK R Output Voltage	$I_O = -360 \mu A$ $V_{CC} = 4.75 V_{DC}$	2.4			$V_{DC}$
<b>DATA OUTPUTS AND INTR</b>						
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage Data Outputs INTR Output	$I_{OUT} = 1.6 mA, V_{CC} = 4.75 V_{DC}$ $I_{OUT} = 1.0 mA, V_{CC} = 4.75 V_{DC}$			0.4 0.4	$V_{DC}$ $V_{DC}$
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage	$I_O = -350 \mu A, V_{CC} = 4.75 V_{DC}$	2.4			$V_{DC}$
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage	$I_O = -10 \mu A, V_{CC} = 4.75 V_{DC}$	4.5			$V_{DC}$
$I_{OUT}$	TRI-STATE Disabled Output Leakage (All Data Buffers)	$V_{OUT} = 0 V_{DC}$ $V_{OUT} = 5 V_{DC}$	-3		3	$\mu A_{DC}$ $\mu A_{DC}$
$I_{SOURCE}$		$V_{OUT}$ Short to Gnd, $T_A = 25^\circ C$	4.5	5		$mA_{DC}$
$I_{SHK}$		$V_{OUT}$ Short to $V_{CC}$ , $T_A = 25^\circ C$	9.0	16		$mA_{DC}$
<b>POWER SUPPLY</b>						
$I_{CC}$	Supply Current (includes Ladder Current)  ADC0801/02/03/04LCJ/05 ADC0804LCN/LCV/LCWM	$I_{CLK} = 640 kHz$ , $V_{REF/2} = NC, T_A = 25^\circ C$ and $CS = 5V$			1.1 1.9	1.9 2.5  mA mA

Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its specified operating conditions.

Note 2: All voltages are measured with respect to Gnd, unless otherwise specified. The separate A Gnd point should always be wired to the D Gnd.

Note 3: A Zener diode exists, internally, from  $V_{CC}$  to Gnd and has a typical breakdown voltage of  $7 V_{DC}$ .

Note 4: For  $V_{IN(-)}$  ( $V_{IN(+)}$ ) the digital output code will be 0000 0000. Two on-chip diodes are tied to each analog input (see block diagram) which will forward conduct for analog input voltages one diode drop below ground or one diode drop greater than the  $V_{CC}$  supply. Be careful, during testing at low  $V_{CC}$  levels (4.5V), as high level analog inputs (5V) can cause this input diode to conduct—especially at elevated temperatures, and cause errors for analog inputs near full-scale. The spec allows 50 mV forward bias of either diode. This means that as long as the analog  $V_{IN}$  does not exceed the supply voltage by more than 50 mV, the output code will be correct. To achieve an absolute 0  $V_{DC}$  to 5  $V_{DC}$  input voltage range will therefore require a minimum supply voltage of 4.950  $V_{DC}$  over temperature variations, initial tolerance and loading.

Note 5: Accuracy is guaranteed at  $CLK = 540 kHz$ . At higher clock frequencies accuracy can degrade. For lower clock frequencies, the duty cycle limits can be extended so long as the minimum clock high time interval or minimum clock low time interval is no less than 275 ns.

Note 6: With an asynchronous start pulse, up to 8 clock periods may be required before the internal clock phases are proper to start the conversion process. The start request is internally latched, see Figure 2 and section 2.0.

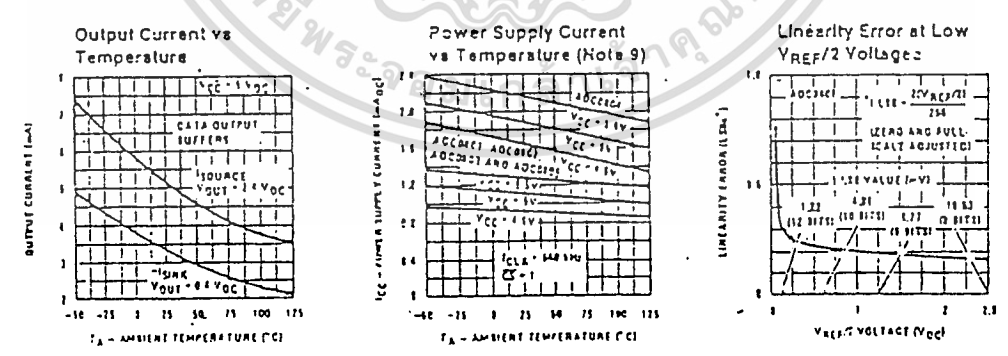
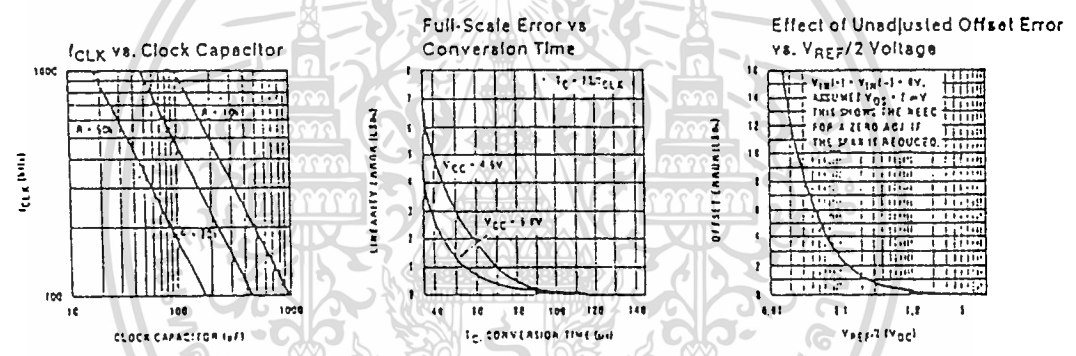
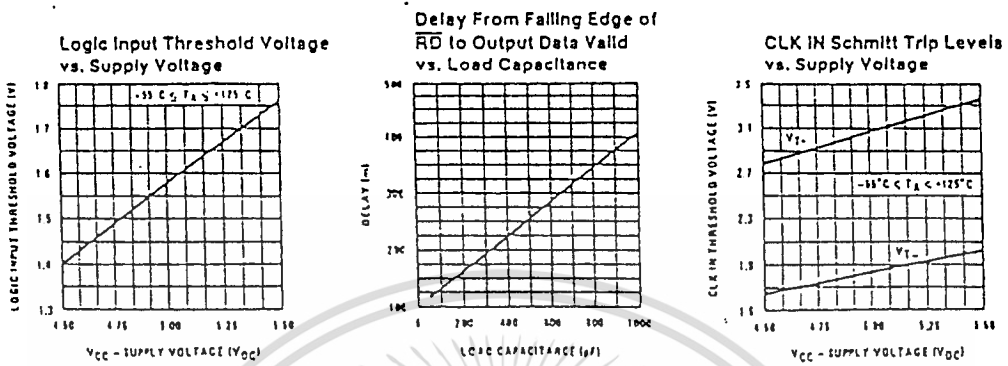
Note 7: The CS input is assumed to bracket the  $\overline{WR}$  strobe input and therefore timing is dependent on the  $\overline{WR}$  pulse width. An arbitrarily wide pulse width will hold the converter in a reset mode and the start of conversion is initiated by the low to high transition of the  $\overline{WR}$  pulse (see timing diagrams).

Note 8: None of these A/Ds requires a zero adjust (see section 2.5.1). To obtain zero code at other analog input voltages see section 2.5 and Figure 5.

Note 9: The  $V_{REF/2}$  pin is the center point of a two-resistor divider connected from  $V_{CC}$  to ground. Each resistor is 2 k $\Omega$ , except for the ADC0804LCJ where each resistor is 15k. Total ladder input resistance is the sum of the two equal resistors.

Note 10: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 k $\Omega$  resistor.

# Typical Performance Characteristics



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



PRELIMINARY

## LM35/LM35A, LM35C/LM35CA, LM35D Precision Centigrade Temperature Sensors

### General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of  $\pm 1/4^\circ\text{C}$  at room temperature and  $\pm 3/4^\circ\text{C}$  over a full  $-55$  to  $+150^\circ\text{C}$  temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only  $60\ \mu\text{A}$  from its supply, it has very low self-heating, less than  $0.1^\circ\text{C}$  in still air. The LM35 is rated to operate over a  $-55^\circ$  to  $+150^\circ\text{C}$  temperature range, while the LM35C is rated for a  $-40^\circ$  to  $+110^\circ\text{C}$  range ( $-10^\circ$  with improved accuracy). The LM35 series is

available packaged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C is also available in the plastic TO-92 transistor package.

### Features

- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear + 10.0 mV/°C scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at +25°C)
- Rated for full  $-55^\circ$  to  $+150^\circ\text{C}$  range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than  $60\ \mu\text{A}$  current drain
- Low self-heating,  $0.08^\circ\text{C}$  in still air
- Nonlinearity only  $\pm 1/4^\circ\text{C}$  typical
- Low impedance output,  $0.1\ \Omega$  for 1 mA load

### Connection Diagrams

TO-46  
Metal Can Package\*

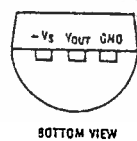


TL/H/5516-1

\*Case is connected to negative pin

Order Number LM35H, LM35AH,  
LM35CH, LM35CAH or LM35DH  
See NS Package H03H

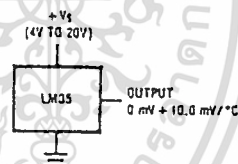
TO-92  
Plastic Package



TL/H/5516-2

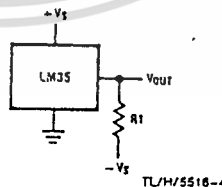
Order Number LM35CZ,  
or LM35DZ  
See NS Package Z03A

### Typical Applications



TL/H/5516-3

FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature  
Sensor ( $+2^\circ$  to  $+150^\circ\text{C}$ )

Choose  $R_1 = -V_S/50\ \mu\text{A}$ 

$V_{OUT} = +1,500\ \text{mV}$  at  $-150^\circ\text{C}$   
 $= +250\ \text{mV}$  at  $-25^\circ\text{C}$   
 $= -550\ \text{mV}$  at  $-55^\circ\text{C}$

TL/H/5516-4

FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor

## Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage	+35V to -0.2V
Output Voltage	+6V to -1.0V
Output Current	10 mA
Storage Temp., TO-46 Package,	-60°C to +180°C
TO-92 Package,	-60°C to +150°C
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds):	
TO-46 Package,	300°C
TO-92 Package,	260°C

Specified Operating Temperature Range:  $T_{MIN}$  to  $T_{MAX}$   
(Note 2)

LM35, LM35A	-55°C to +150°C
LM35C, LM35CA	-40°C to +110°C
LM35D	0°C to +100°C

## Electrical Characteristics (Note 1) (Note 6)

Parameter	Conditions	LM35A			LM35CA (Note 10)			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.2$	$\pm 0.5$		0.2	$\pm 0.5$		°C
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	$\pm 0.3$			0.3		1.0	°C
	$T_A = T_{MAX}$	$\pm 0.4$	1.0		0.4	1.0		°C
	$T_A = T_{MIN}$	$\pm 0.4$	1.0		0.4		1.5	°C
Nonlinearity (Note 8)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	0.18		0.35	0.15		0.3	°C
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	+10.0	+9.9, +10.1		+10.0		+9.9, +10.1	mV/°C
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1$ mA	$T_A = +25^\circ\text{C}$	0.4	1.0		0.4	1.0		mV/mA
	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	0.5		3.0	0.5		3.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	0.01	0.05		0.01	0.05		mV/V
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	0.02		0.1	0.02		0.1	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56	67		56	67		$\mu\text{A}$
	$V_S = +5\text{V}$	105		131	91		114	$\mu\text{A}$
	$V_S = +30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56.2	68		56.2	68		$\mu\text{A}$
	$V_S = +30\text{V}$	105.5		133	91.5		116	$\mu\text{A}$
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	0.2	1.0		0.2	1.0		$\mu\text{A}$
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	0.5		2.0	0.5		2.0	$\mu\text{A}$
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.5	+0.39		+0.5	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	°C
Long Term Stability	$T_J = T_{MAX}$ , for 1000 hours	$\pm 0.08$			0.08			°C

Note 1: Unless otherwise noted, these specifications apply:  $-55^\circ\text{C} \leq T_J \leq +150^\circ\text{C}$  for the LM35 and LM35A;  $-40^\circ\text{C} \leq T_J \leq +110^\circ\text{C}$  for the LM35C and LM35CA; and  $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +100^\circ\text{C}$  for the LM35D.  $V_S = +5\text{Vdc}$  and  $I_{OAG} = 50 \mu\text{A}$ . In the circuit of Figure 2. These specifications also apply from  $+2^\circ\text{C}$  to  $T_{MAX}$  in the circuit of Figure 1. Specifications in boldface apply over the full rated temperature range.

Note 2: Thermal resistance of the TO-46 package is  $440^\circ\text{C}/\text{W}$ , junction to ambient, and  $24^\circ\text{C}/\text{W}$  junction to case. Thermal resistance of the TO-92 package is  $180^\circ\text{C}/\text{W}$  junction to ambient.

## Electrical Characteristics (Note 1) (Note 6) (Continued)

Parameter	Conditions	LM35			LM35C, LM35D		
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)
Accuracy, LM35, LM35C (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		0.4	$\pm 1.0$	
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	0.5			0.5		1.5
	$T_A = T_{\text{MAX}}$	0.8	1.5		0.8		1.5
	$T_A = T_{\text{MIN}}$	0.8		1.5	0.8		2.0
Accuracy, LM35D (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$				0.6	$\pm 1.5$	
	$T_A = T_{\text{MAX}}$				0.9		2.0
	$T_A = T_{\text{MIN}}$				0.9		2.0
Nonlinearity (Note 8)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	0.3		0.5	0.2		0.5
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	+10.0	+9.8, +10.2		+10.0		+9.8, +10.2
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1 \text{ mA}$	$T_A = +25^\circ\text{C}$	0.4	2.0		0.4	2.0	
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	0.5		5.0	0.5		5.0
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	0.01	0.1		0.01	0.1	
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	0.02		0.2	0.02		0.2
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56	80		56	80	
	$V_S = +5\text{V}$	105		158	91		138
	$V_S = +30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56.2	82		56.2	82	
	$V_S = +30\text{V}$	105.5		161	91.5		141
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	0.2	2.0		0.2	2.0	
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	0.5		3.0	0.5		3.0
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.7	+0.39)		-0.7
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of <i>Figure 1</i> , $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		-2.0
Long Term Stability	$T_J = T_{\text{MAX}}$ , for 1000 hours	0.08			0.08		

Note 3: Regulation is measured at constant junction temperature, using pulse testing with a low duty cycle. Changes in output due to heating effects computed by multiplying the internal dissipation by the thermal resistance.

Note 4: Tested Limits are guaranteed and 100% tested in production.

Note 5: Design Limits are guaranteed (but not 100% production tested) over the indicated temperature and supply voltage ranges. These limits are not calculate outgoing quality levels.

Note 6: Specifications in boldface apply over the full rated temperature range.

Note 7: Accuracy is defined as the error between the output voltage and  $10\text{mV}/^\circ\text{C}$  times the device's case temperature, at specified conditions of voltage and temperature, (expressed in  $^\circ\text{C}$ ).

Note 8: Nonlinearity is defined as the deviation of the output-voltage-versus-temperature curve from the best-fit straight line, over the device's rated temperature range.

Note 9: Quiescent current is defined in the circuit of *Figure 1*.

Note 10: Consult factory for availability of LM35CAZ.

## Applications

The LM35 can be applied easily in the same way as other integrated-circuit temperature sensors. It can be glued or cemented to a surface and its temperature will be within about 0.01°C of the surface temperature. The TO-46 metal package can also be soldered to a metal surface or pipe without damage. Of course, in that case the V- terminal of the circuit will be grounded to that metal. Alternatively, the LM35 can be mounted inside a sealed-end metal tube, and can then be dipped into a bath or screwed into a threaded hole in a tank. As with any IC, the LM35 and accompanying wiring and circuits must be kept insulated and dry, to avoid

leakage and corrosion. This is especially true if the circuit may operate at cold temperatures where condensation can occur. Printed-circuit coatings and varnishes such as Humiseal and epoxy paints or dips are often used to insure that moisture cannot corrode the LM35 or its connections.

These devices are sometimes soldered to a small lightweight heat fin, to decrease the thermal time constant and speed up the response in slowly-moving air. On the other hand, a small thermal mass may be added to the sensor, to give the steadiest reading despite small deviations in the air temperature...

Temperature Rise of LM35 Due To Self-heating (Thermal Resistance)

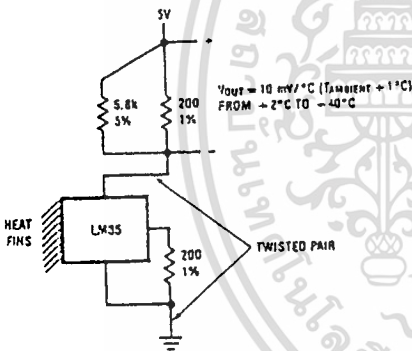
	TO-46, no heat sink	TO-46, small heat fin*	TO-92, no heat sink	TO-92, small heat fin**
Still air	400°C/W	100°C/W	180°C/W	140°C/W
Moving air	100°C/W	40°C/W	90°C/W	70°C/W
Still oil	100°C/W	40°C/W	90°C/W	70°C/W
Stirred oil	50°C/W	30°C/W	45°C/W	40°C/W
(Clamped to metal, infinite heat sink)	(24°C/W)			

\* Wakefield type 201, or 1" disc of 0.020" sheet brass, soldered to case, or similar.

\*\* TO-92 package glued and leads soldered to 1" square of 1/16" printed circuit board with 2 oz. foil or similar.

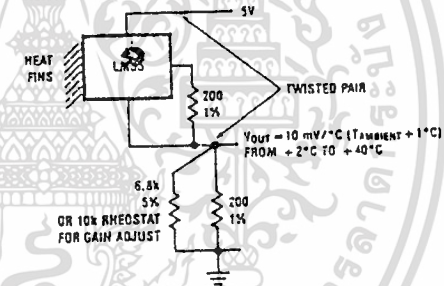
## Typical Applications (Continued)

Two-Wire Remote Temperature Sensor  
(Grounded Sensor)



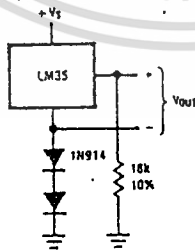
TL/H/5516-5

Two-Wire Remote Temperature Sensor  
(Output Referred to Ground)



TL/H/5516-8

Temperature Sensor, Single Supply, -55° to +150°C



TL/H/5516-7





## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เป็นเพราะด้วยความกรุณาให้คำปรึกษาและช่วยเหลือทางด้านเทคนิค ตลอดจนเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆจากอาจารย์ที่ปรึกษาและภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมฯ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเพื่อนๆทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ อาจารย์เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์ เป็นอย่างสูงที่ได้ให้คำแนะนำและคำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ต่อปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ-คุณแม่ ของคณะผู้จัดทำทุกคน ที่ได้ให้ทุนทรัพย์และให้กำลังใจมาโดยตลอด

คณะผู้จัดทำ

## เอกสารอ้างอิง

1. ยืน ภู่วรรณ, วัฒนา เชียงกุล, 'ไมโครโปรเซสเซอร์ไมโคร คอมพิวเตอร์ (Z-80 MICROPROCESSOR)', บทที่ 6 หน้า 95-119, บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด
2. มาลี แสงวิมลมาศ, 'Office Automation', วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง, พ.ศ. 2529
3. ธนชัย อึ้งสมรรถโกษา, ปรมเชษฐ์ เสนะพันธุ์, ระบบควบคุม อุปกรณ์ไฟฟ้า ภายในบ้าน, วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง, พ.ศ. 2535
4. ชัยชนะ ภัทรสว่างวงศ์, ปัญญา สิทธิเวช, "ระบบการส่งสัญญาณเสียงผ่านสายไฟฟ้าแบบ เอฟ.เอ็ม. เฟสล็อกลูบ", วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, พ.ศ. 2531