

บ้านอัตโนมัติ
HOME AUTOMATION



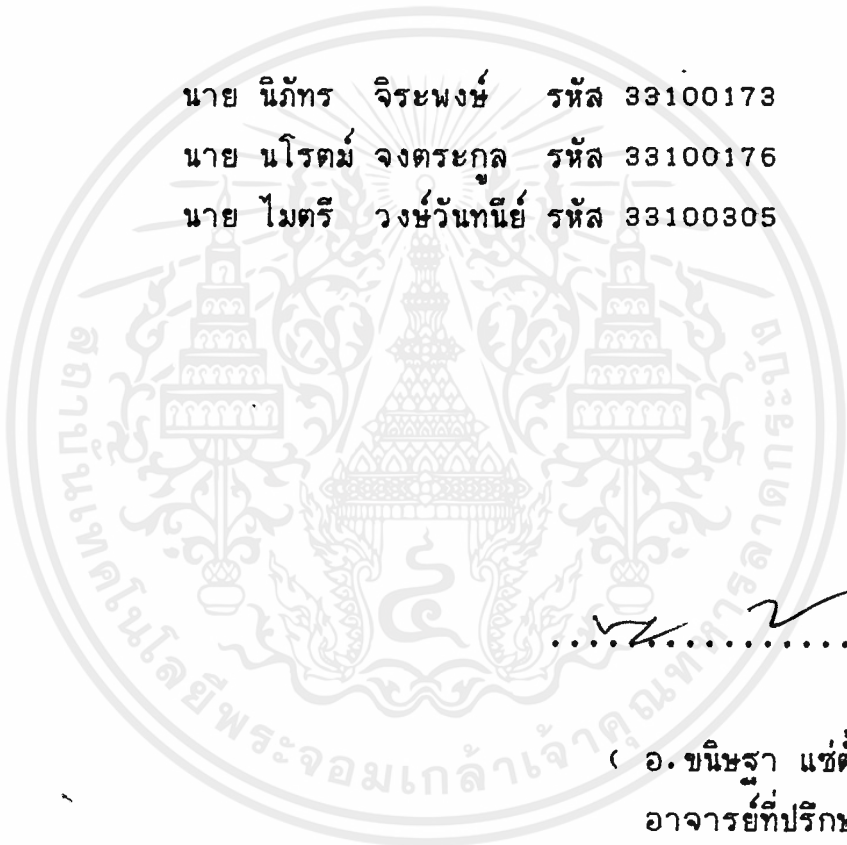
ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2536

ปริญญาบัตร
เรื่อง

ปีการศึกษา 2536
บ้านอัทโทมัตติ

ผู้จัดทำ

นาย นิภัทร จิระพงษ์ รหัส 33100173
นาย นโรตม์ จงตระกูล รหัส 33100176
นาย ไมตรี วงษ์วันทนีย์ รหัส 33100305



.....
(อ. ขนิษฐา แซ่ตั้ง)
อาจารย์ที่ปรึกษา

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บ้านอัตโนมัติ

HOME AUTOMATION

โดย นายนิภัทร จิระพงษ์ 33100173
นายนโรตม์ จงตระกูล 33100176
นายไมตรี วงษ์วันทนีย์ 33100305
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ขนิษฐา แซ่ตั้ง

บทคัดย่อ

ปฏิญานิพนธ์นี้ เป็นการศึกษาและออกแบบระบบควบคุมการทำงานของ อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและให้มีการแสดงผลการควบคุม หรือ สถานะของอุปกรณ์ เครื่องใช้ไฟฟ้าว่าทำงานอยู่หรือไม่ ส่วนควบคุมการทำงานอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า จะใช้คำสั่งควบคุมผ่านทางคอมพิวเตอร์โดยในโครงงานนี้ได้มีการนำเอาระบบ DUAL TONE MULTIFREQUENCY (DTMF) มาใช้เป็นตัวส่งสัญญาณข้อมูลคำสั่ง จากคอมพิวเตอร์ไปยังส่วนควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและในส่วน แสดงสถานะของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า จะใช้ ตัวความต้านทานเป็นเครือข่ายความ ต่างค์ยแล้วใช้ DTMF ทำการส่งข้อมูลแสดงสถานะกลับมายังเครื่องคอมพิวเตอร์

ABSTRACT

This project has been conducted to be able to control electrical appliances and display the status of each appliance, whether "on" or "off", through computer monitor. DTMF (Dual Tone Multi-frequency) is used to carry command signal and status of appliances between computer and appliance part. "HOME-AUTOMATION" concept can be adapted to provide mutipurpose application.

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1	บทนำ.....	1
บทที่ 2	HOME AUTOMATION.....	2
	2.1) block diagram ของระบบ home automation	
	2.2) ขั้นตอนการทำงานของระบบ home automation	
บทที่ 3	INTERFACE CARD.....	4
	3.1) การทำงานของ IC 8255	
	3.2) การ Decode Address ของ Interface Card	
บทที่ 4	FLOW CHART ของโปรแกรมคอมพิวเตอร์.....	7
	4.1) FLOW CHART รวมของการทำงาน	
	4.2) FLOW CHART ของส่วน SHOW STATUS	
	4.3) คำอธิบายโปรแกรม	
บทที่ 5	ระบบสื่อสารข้อมูล DTMF.....	11
	5.1) การใช้งานของ TCM 5087	
	5.2) การใช้งานของ MT 8870	
บทที่ 6	ส่วนควบคุมและตรวจจับ.....	20
	6.1) ขั้นตอนการทำงานของภาคควบคุมวงจรสวิตช์เปิดปิด	
	6.2) ขั้นตอนการทำงานของส่วนตรวจจับการทำงานเครื่องใช้ไฟฟ้า	
บทที่ 7	การทดลองและผลการทดลอง.....	26
บทที่ 8	บทสรุปและวิจารณ์.....	30
	ภาคผนวก	
	กิตติกรรมประกาศ	
	บรรณานุกรม	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันนี้การใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างสิ้นเปลืองโดยไม่จำเป็นดังนั้นจึงมีการคิดวิธีที่จะตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้าใด ๆ และทำการปิดเปิดได้ตามต้องการ

โดยโครงการนี้จะใช้หลักการส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ผ่านระบบเข้าและถอดรหัส DTMF โดยมีอินเตอร์เฟสการ์ดเป็นตัวเชื่อม ซึ่งมี IC 8255 เป็นส่วนประกอบหลักในการอินเตอร์เฟสข้อมูลไปยังสวิทช์ ซึ่งจะทำการควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านี้อีกทีหนึ่งเราสามารถตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้า แล้วแจ้งผลไปให้ผู้ใช้ทราบทางจอคอมพิวเตอร์

คณะผู้จัดทำ

นายนิภัทร จิระพงษ์

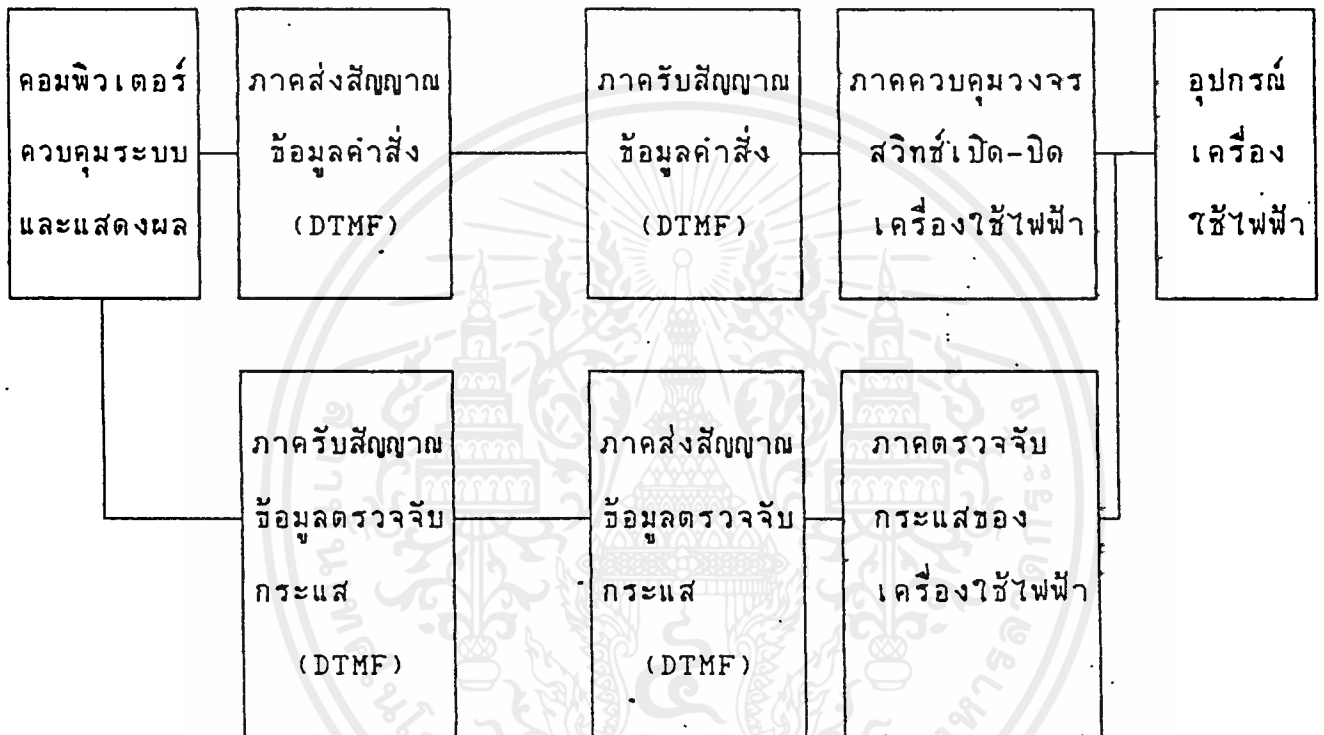
นายนโรตม์ จงตระกูล

นายไมตรี วงษ์วันทัญญ์

บทที่ 2

HOME AUTOMATION

2.1 BLOCK DIAGRAM การทำงานรวมของระบบ HOME AUTOMATION



รูปที่ 1 แสดง Block Diagram การทำงานรวมของระบบ

2.2 ขั้นตอนการทำงานของระบบ HOME AUTOMATION

1) เมื่อคอมพิวเตอร์ส่งสัญญาณควบคุมการทำงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นรหัสเลขฐานสองออกมา ก็จะถูกส่งเข้าสู่ระบบการสื่อสารสัญญาณข้อมูลแบบ DUAL TONE MULTIFREQUENCY (DTMF) โดยภาคส่งสัญญาณ DTMF จะนำเอาสัญญาณข้อมูลคำสั่งซึ่งเป็นรหัสเลขฐานสองมาทำการ MODULATION ให้เป็นสัญญาณเสียง เพื่อทำการส่งข้อมูลไปยังภาครับสัญญาณข้อมูลคำสั่ง

2) เมื่อภาครับสัญญาณข้อมูลส่งได้รับสัญญาณเสียงจากทางภาคส่ง ก็จะทำ การ DEMODULATION สัญญาณเสียงที่ได้ให้เป็นสัญญาณข้อมูลคำสั่งเลขฐานสองตามเดิม จากนั้นสัญญาณข้อมูลคำสั่งก็จะถูกส่งเข้าสู่ภาคควบคุมการทำงานสวิทช์เปิด-ปิดอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า

3) ภาคควบคุมการทำงานสวิทช์เปิด-ปิดอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า จะนำเอาสัญญาณข้อมูลคำสั่งซึ่งเป็นรหัสเลขฐานสอง มาทำการตรวจสอบว่า ในสัญญาณข้อมูลคำสั่งนั้นเป็นคำสั่งเปิดหรือคำสั่งปิดของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าตัวใด จากนั้นภาคควบคุมการทำงานสวิทช์เปิด-ปิดอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า ก็จะปฏิบัติตามคำสั่งที่ได้รับมา

4) ในส่วนของภาคตรวจจับกระแสของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในส่วนนี้จะทำงานหลังจากที่อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้านั้นมีการทำงานเกิดขึ้นนั่นคือจะมีกระแสไหล ซึ่งเราจะนำเอากระแสกลับไปผ่านเข้าภาคตรวจจับสัญญาณกระแส จากนั้นภาคตรวจจับสัญญาณกระแสจะส่งสัญญาณแจ้งการทำงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้านั้นเข้าสู่ระบบส่งสัญญาณข้อมูลแบบ DTMF เพื่อที่จะส่งต่อไปให้กับคอมพิวเตอร์ และให้คอมพิวเตอร์ทำการแสดงผลการทำงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า

บทที่ 3**INTERFACE CARD**

จากโครงงานนี้การที่จะทำการติดต่อสั่งการ "ปิด/เปิด" อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ชนแนลต่างๆ นั้นจำเป็นที่จะต้องมีส่วนที่เชื่อมต่อกันระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับส่วนส่งข้อมูล (DTMF) โดยส่วนเชื่อมดังกล่าวนี้ก็คือ "INTERFACE CARD" ซึ่งเป็นการ์ดที่ใช้เสียบลงในสล็อตบนเมนบอร์ดของคอมพิวเตอร์ เอาท์พุทของอินเตอร์เฟซการ์ดนี้จะถูกต่อเข้ากับส่วนอินพุทของ DTMF

ในการติดตั้งการ์ดอินเตอร์เฟซนี้ต้องเลือกพอร์ตที่จะติดตั้งก่อน ดังนั้นจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องเข้าใจถึงหลักการอ้างแอดเดรสของพอร์ต ของเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งสำหรับเครื่อง IBM/PC ใช้แอดเดรสในการอ้างเพียง 10 เส้นคือ ($A_0 - A_9$) โดยที่ค่าบิตที่ A_9 นั้นต้องถูกกำหนดให้มีค่าเป็น "1" เสมอ เพราะว่าถ้าบิตที่ A_9 มีค่าเป็น "0" จะเป็นการอ้างแอดเดรสของพอร์ตที่ตำแหน่ง 000H-1FFH ซึ่งเป็นตำแหน่งของชิพซิปพอร์ต และอุปกรณ์ที่เป็น I/O ต่าง ๆ บนเมนบอร์ดของ IBM/PC ซึ่งไม่สามารถนำมาใช้เป็นพอร์ตของอินเตอร์เฟซการ์ดได้ แต่ถ้าค่าบิตที่ A_9 มีค่าเป็น "1" จะเป็นการอ้างแอดเดรสของพอร์ตที่ตำแหน่ง 200H-3FFH ซึ่งเป็นตำแหน่งที่นำมาใช้ได้แต่ต้องตรวจสอบก่อนว่าตำแหน่งใดที่สามารถนำมาใช้งานได้ ซึ่งในโครงงานนี้เลือกใช้พอร์ตหมายเลข 220H-223H

ส่วน INTERFACE CARD นี้ส่วนประกอบสำคัญคือ IC เบอร์ 8255 ซึ่งเป็น Programmable Peripheral Interface โดยที่ 8255 นี้มีพอร์ตทั้งหมด 4 พอร์ต คือ พอร์ต A, พอร์ต B, พอร์ต C และ พอร์ตควบคุม โดยที่พอร์ตหมายเลข 220H-223H จะใช้ แทนพอร์ตทั้ง 4 ของ 8255

3.1 การทำงานของ IC 8255

ไอซี 8255 นี้เป็นไอซีที่มี 40 ขาและเป็นไอซีที่ออกแบบมาให้สามารถเชื่อมต่อกับระบบคอมพิวเตอร์ได้ง่าย โดยมีหลักการทำงานดังนี้

โปรแกรมการทำงานของ 8255 แบ่งออกเป็น 3 โหมด โหมด 0, โหมด 1, โหมด 2 แต่ในโครงงานนี้จะใช้เฉพาะโหมด 0 เท่านั้น และการทำงานของ 8255 ในโหมด 0 นั้นจะเป็นพอร์ตอินพุต หรือเอาต์พุต แบบธรรมดา ซึ่งการที่จะกำหนดให้ 8255 ทำงานในโหมด 0 ทำได้โดยการส่ง Control Word เข้าไปยังพอร์ตควบคุม โดยมีค่าในแต่ละบิตดังนี้

จากคำสั่งควบคุม สามารถอธิบายความหมายได้ดังนี้

D7	1	หมายถึง	การกำหนดให้ข้อมูลนี้เป็น Control Word
D6	0	┌	หมายถึง การกำหนดให้พอร์ต A ใน 8255 ทำงานในโหมด 0
D5	0		
D4	0	หมายถึง	การกำหนดให้พอร์ต A เป็นเอาต์พุต
D3	0	หมายถึง	การกำหนดให้ 4 บิตบนของพอร์ต C เป็นเอาต์พุต
D2	0	หมายถึง	การกำหนดให้พอร์ต B ใน 8255 ทำงานในโหมด 0
D1	1	หมายถึง	การกำหนดให้พอร์ต B เป็นอินพุต
D0	0	หมายถึง	การกำหนดให้ 4 บิตของพอร์ต C เป็นเอาต์พุต

สำหรับในโครงงานนี้จะใช้ พอร์ต A, C เป็นเอาต์พุตเพื่อส่งข้อมูลต่าง ๆ ส่วนพอร์ต B เป็นอินพุตเพื่อรับข้อมูลเข้ามา ดังนั้นจึงต้องส่งค่า Control Word เป็นค่าดังกล่าว

3.2 การ Decode Address ของ Interface Card

สำหรับการต่อขาต่าง ๆ ของ 8255 นั้นมีจุดที่ควรสนใจคือ ขา CHIP SELECT ของ 8255 จะถูกต่อโดยส่วนของวงจร Decode Address โดยมีหลักการเป็นดังนี้

จากการที่เลือกพอร์ตหมายเลข 220H-223H มาเป็นพอร์ตที่จะใช้แทนพอร์ตต่าง ๆ ใน 8255 เราสามารถแสดงหมายเลขพอร์ตทั้งสี่เป็นเลขฐานสองได้ดังนี้

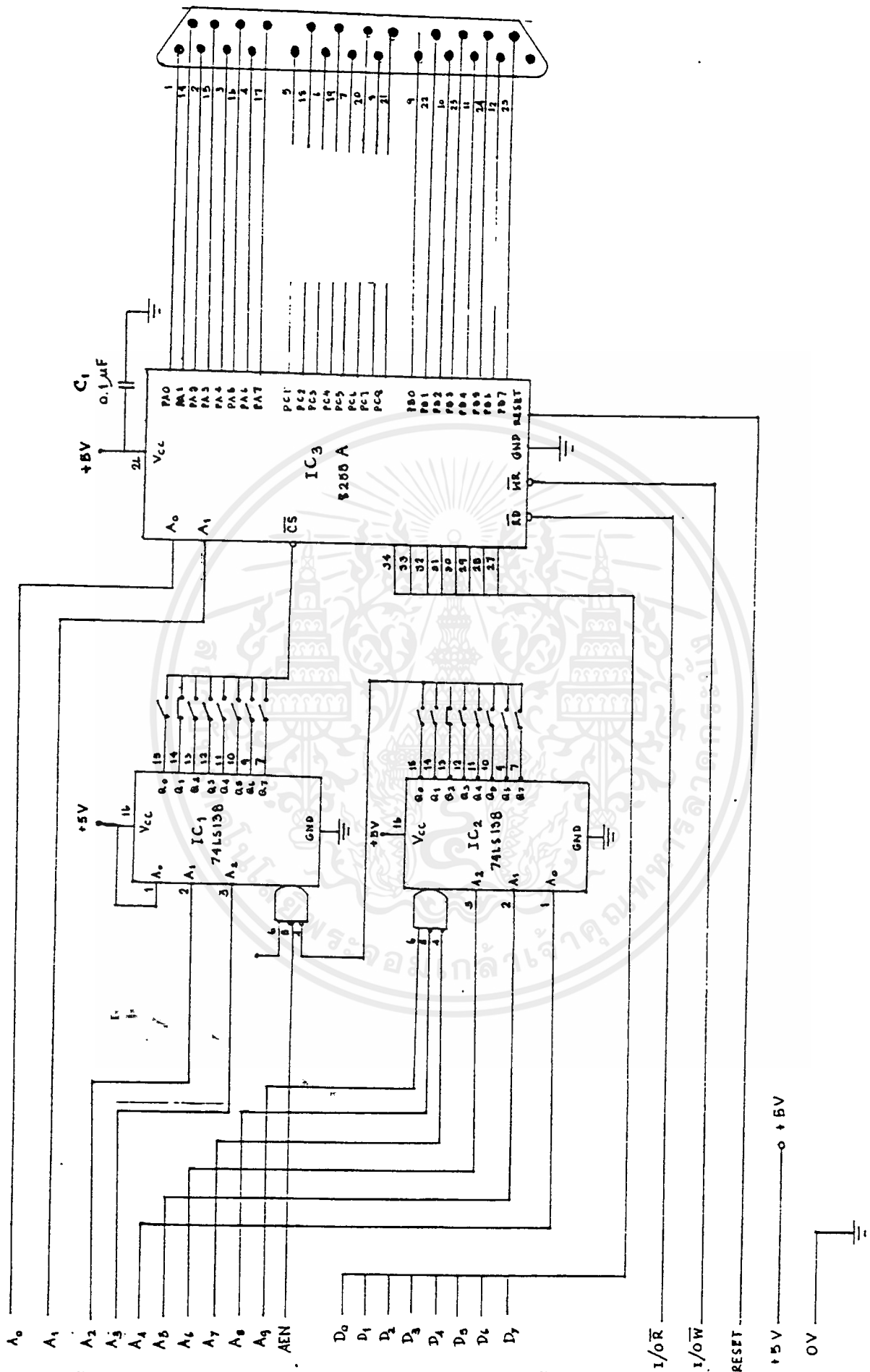
		A_9	A_8	A_7	A_6	A_5	A_4	A_3	A_2	A_1	A_0
220H	=	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
221H	=	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
222H	=	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
223H	=	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1

จะเห็นได้ว่าค่าบิตที่ A_2-A_9 นั้นจะมีค่าคงที่ ส่วนบิตที่ A_0 และ A_1 จะมีค่าเปลี่ยนแปลง โดยค่าที่เปลี่ยนแปลงทั้ง 4 ค่านี้เป็นการกำหนดพอร์ตทั้ง 4 พอร์ตของ 8255 บิตที่ A_2-A_9 นั้นจะเอามาทำเป็นส่วน Decode Address เพื่อต่อเข้ากับขา CS ของ 8255

ซึ่งจะสามารถอธิบายหลักการ Decode Address ได้ดังนี้

บิตที่ A_2, A_3 จะถูกต่อเข้ากับขาที่ 2, 3 ของ IC เบอร์ 74LS138 ตัวที่หนึ่ง ขาที่ 1 จะต่อกับขา 16 ซึ่งเป็นขา V_{cc} ทั้งสามขาจะใช้เป็นขาที่จะกำหนดตำแหน่งสวิตช์ในอุปกรณ์ DIP SWITCH ที่จะให้ตำแหน่งไหนเปิด ซึ่งก็จะได้ตำแหน่งที่ Q_1 ก็คือ ขาที่ 14 ส่วนขาที่ 4-6 ซึ่งเป็น AND GATE จะเป็นการกำหนดการ ENABLE ของ IC 74LS138 โดยขาที่ 5 ต่อกับขา AEN ของสล๊อต ขาที่ 6 ต่อกับ V_{cc} ส่วนขาที่ 4 จะต่อจากเอาต์พุตของ DIP SWITCH ตัวที่สอง โดยที่เอาต์พุตของ DIP SWITCH ตัวที่สองจะได้จากการต่อขาต่างๆดังนี้ บิตที่ A_4-A_9 ใช้กำหนดตำแหน่งสวิตช์ที่จะเปิด บิตที่ A_7-A_9 ใช้กำหนด ENABLE ของ IC เบอร์ 74LS138 ตัวที่สอง ในที่สุดก็จะได้วงจร DECODE ADDRESS ที่สมบูรณ์พร้อมจะนำไปต่อเข้ากับขา CS ของ 8255 ส่วนบิตที่ A_0 และ A_1 ต่อเข้าโดยตรงกับขา A_0 และ A_1 ของ 8255

ส่วนขา PA_0-PA_7 และ PB_0-PB_7 จะถูกนำไปต่อเข้ากับ DB 25 นอกนั้นขาต่าง ๆ จะต่อตามรูปที่ 2



รูปที่ 2 วงจร Interface card

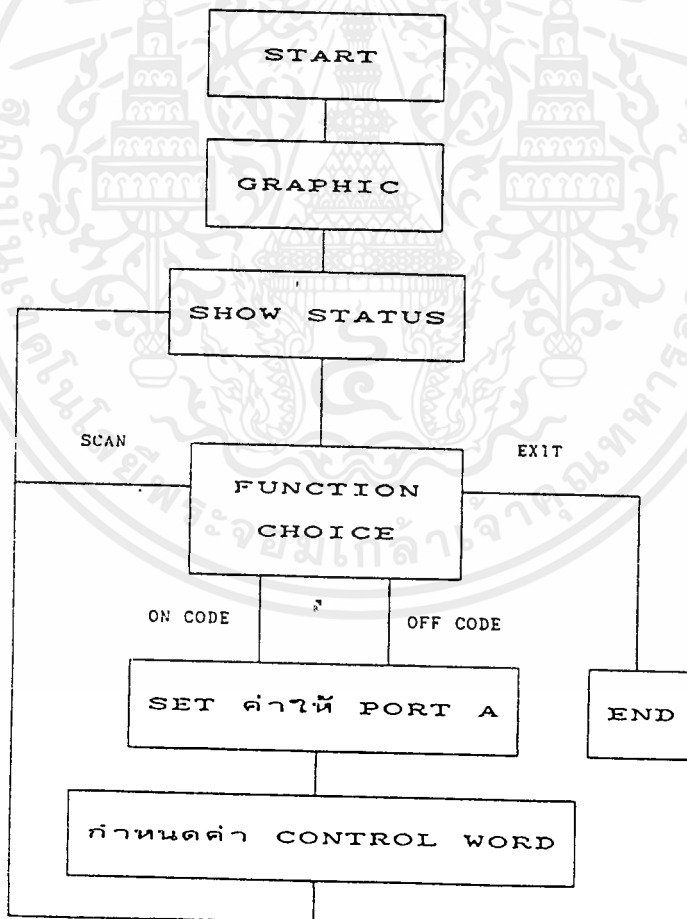
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกและต้องจ่ายสิ่งตอบแทนของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

FLOW CHART

4.1 FLOW CHART รวมของการทำงาน

เนื่องจากโครงงานนี้จะมีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการควบคุมการทำงานของการ "ปิด/เปิด" อุปกรณ์ไฟฟ้า ดังนั้นจึงจะมีส่วนของโปรแกรมที่จะใช้ในการควบคุม ซึ่งสามารถที่จะอธิบายให้เข้าใจถึงภาพรวมของการทำงานได้ด้วย FLOW CHART ดังนี้



รูปที่ 3 แสดง FLOW CHART รวมของการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น.อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

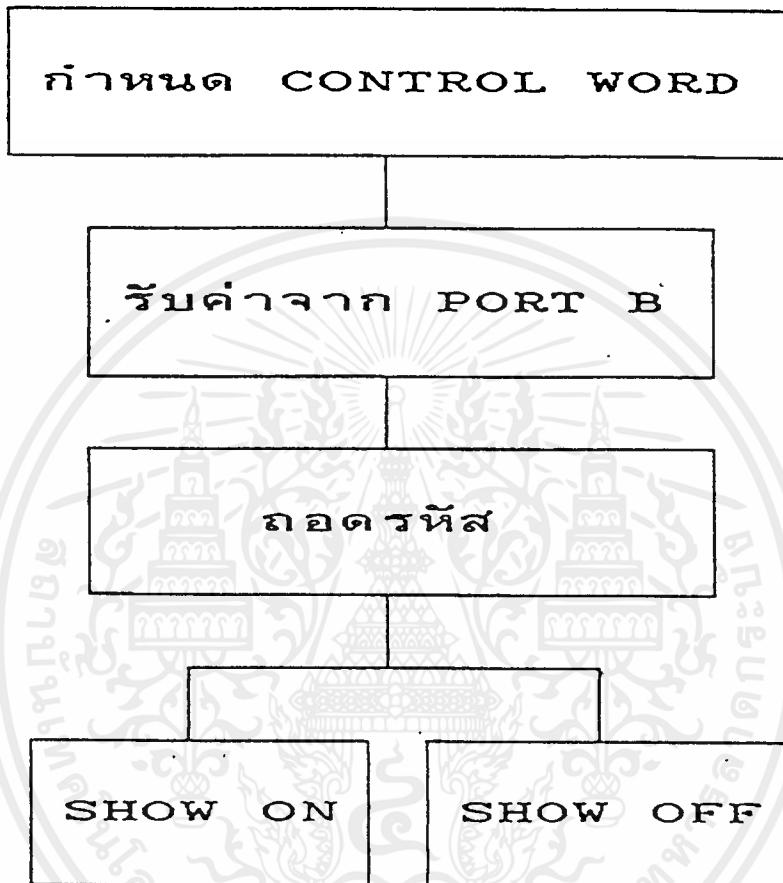
การทำงานของ FLOW CHART นั้นสามารถอธิบายได้ดังนี้

เมื่อเริ่มต้นมีการเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนแรกที่จะปรากฏให้เห็นที่หน้าจอ คือส่วนของกราฟฟิกซึ่งจะเป็นส่วนที่สร้างความสวยงามให้แก่โปรแกรม จากนั้นจะเป็นส่วน SHOW STATUS ซึ่งเป็นส่วนของการตรวจเช็คสถานะของแต่ละแขนแนลแล้วจึงนำมาแสดงผล โดยรวมที่หน้าจอโดยแสดงสถานะ ของแต่ละแขนแนลว่าอุปกรณ์ที่แขนแนลนั้น ๆ กำลังเปิดหรือเปิดอยู่ หลังจากนั้นจะเข้าสู่ส่วนของ FUNCTION CHOICE เป็นการเลือกฟังก์ชันการทำงานหรือก็คือต้องการให้เครื่องคอมพิวเตอร์ทำงานอะไรต่อไป โดยถ้าเลือก FUNCTION SCAN จะมีการตรวจเช็คสถานะของทุก ๆ แขนแนลใหม่เพื่อให้ได้สถานะที่แท้จริงของแต่ละอุปกรณ์ หรือถ้ามีการเลือก FUNCTION ON/OFF ก็จะเกิดการทำการปิดหรือเปิดอุปกรณ์ของแขนแนลนั้น ๆ โดยจะมีการส่งค่า ON CODE หรือ OFF CODE ไป SET ให้กับ PORT A แล้วกำหนดค่า CONTROL WORD เพื่อให้ PORT A เป็นเอาต์พุตเพื่อส่งค่า CODE ดังกล่าวออกไป หรือถ้ามีการเลือก FUNCTION EXIT ก็จะเป็นการออกจากการทำงานระบบ

จาก FLOW CHART ซึ่งแสดงถึงภาพรวมของการทำงานในการที่จะปิดหรือเปิดอุปกรณ์ใด ๆ นั้นจะเห็นได้ว่าในส่วนบล็อกของ SHOW STATUS นั้นจะสามารถแสดงเป็น FLOW CHART ย่อยลงมาได้อีกดังนี้



4.2 FLOW CHART ของส่วน SHOW STATUS



รูปที่ 4 แสดง FLOW CHART ของส่วน SHOW STATUS

สามารถอธิบาย FLOW CHART ได้ดังนี้

ขั้นตอนแรกจะมีการกำหนดค่า CONTROL WORD ให้กับ PORT 307 H ซึ่งก็คือ PORT B จากนั้น PORT B จะกลายเป็นอินพุตพอร์ตรับค่า BINARY CODE จากส่วนของวงจรเข้ามาซึ่งเป็นส่วนบล็อก "รับค่าจาก PORT B" หลังจากนั้นจะนำค่า BINARY CODE ดังกล่าวมาทำการถอดรหัส ในส่วนบล็อก "ถอดรหัส" แล้วจึงนำไปกำหนดตำแหน่งในการแสดงสถานะ

4.3 คำอธิบายโปรแกรม

เนื่องจากในโครงงานนี้ต้องมีการส่งค่าเลขฐานสองไปทำการปิด-เปิด อุปกรณ์ในแต่ละแขนแนล ทั้งนี้ค่าของเลขฐานสองดังกล่าวนั้นจะถูกส่งออกมาจาก คอมพิวเตอร์ ดังนั้นจึงต้องมีโปรแกรมที่ใช้กำหนดค่าเลขฐานสองเพื่อส่งออกไปตาม พอร์ตต่าง ๆ หรือรับค่าสถานะแต่ละแขนแนลเพื่อมาแสดงออกที่หน้าจอ โดยจะอธิบายโปรแกรมดังกล่าวซึ่งประกอบไปด้วยไพรีซีเตอร์หลัก ๆ ดังนี้

1) ไพรีซีเตอร์ SCAN

เป็นไพรีซีเตอร์ที่ใช้รับค่าจากพอร์ต B แล้วนำค่าที่ได้ซึ่งเป็นเลขฐานสิบหกมาแปลงเป็นเลขฐานสอง ค่าเลขฐานสองที่ได้จะถูกนำมาแสดงที่หน้าจอด้วย ไพรีซีเตอร์ SHOW ON และ SHOW OFF

2) ไพรีซีเตอร์ SUBMENU

เนื่องจากโปรแกรมควบคุมนี้เป็นโปรแกรมแบบพลดาวน์ ซึ่งไพรีซีเตอร์นี้เป็นส่วนของเมนูย่อย ใช้สำหรับกำหนดค่าที่จะส่งออกที่พอร์ต A สำหรับแต่ละแขนแนล ซึ่งมีทั้งหมด 8 แขนแนล

3) ไพรีซีเตอร์ MENU

เป็นไพรีซีเตอร์ที่แสดงเมนูหลัก ซึ่งจะประกอบไปด้วยฟังก์ชันการทำงาน 4 ฟังก์ชันคือ ON, OFF, SCAN, EXIT โดยอธิบายแต่ละฟังก์ชันได้ดังนี้

ON

เป็นฟังก์ชันที่ใช้ส่งรหัส ON ซึ่งเป็นเลขฐานสอง เมื่อเลือกฟังก์ชันนี้แล้ว จะปรากฏเมนูย่อย ซึ่งแสดงค่าเลขแต่ละแขนแนล แล้วจึงเลือกหมายเลขแขนแนลที่ต้องการจะส่งรหัส ON ของแขนแนลนั้น

OFF

หลักการทำงานเหมือนกับฟังก์ชัน ON ต่างกันแต่เพียงเป็นการส่งรหัส OFF ของแต่ละแขนแนล

SCAN

เป็นฟังก์ชันที่ใช้แสดงสถานะของแต่ละแขนแนลว่ากำลังปิดหรือเปิดอยู่ ซึ่งหลักการทำงานได้อธิบายไว้ในไพรีซีเตอร์ SCAN แล้ว

EXIT

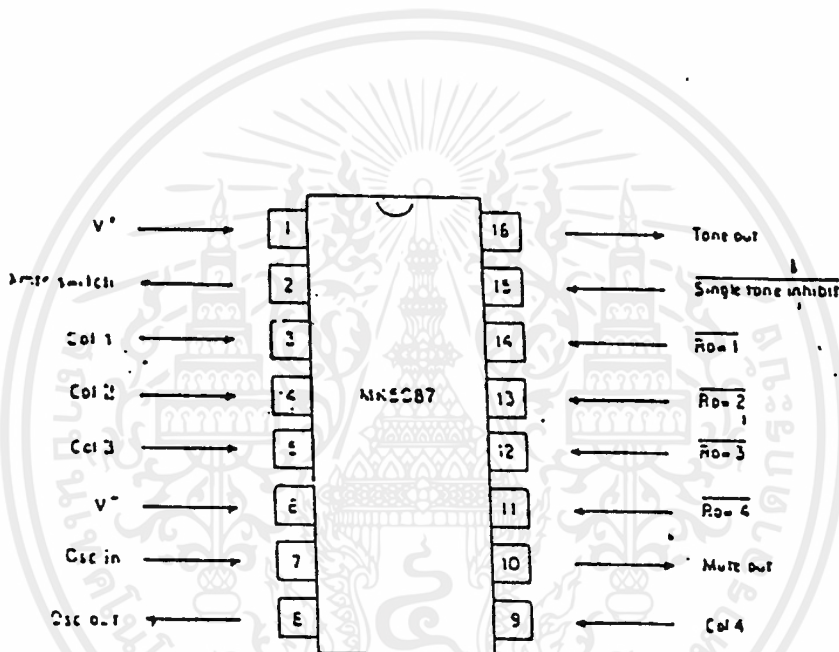
เป็นฟังก์ชันสำหรับออกจากระบบ

บทที่ 5

ระบบสื่อสารข้อมูล DTMF

5.1 การใช้งานของ MK 5087

สำหรับการเข้ารหัสสัญญาณ DTMF (Dual-Tone Multifrequency encoder) ใช้ MK5087 ซึ่งมีการต่อขาของ IC ดังรูปที่ 1

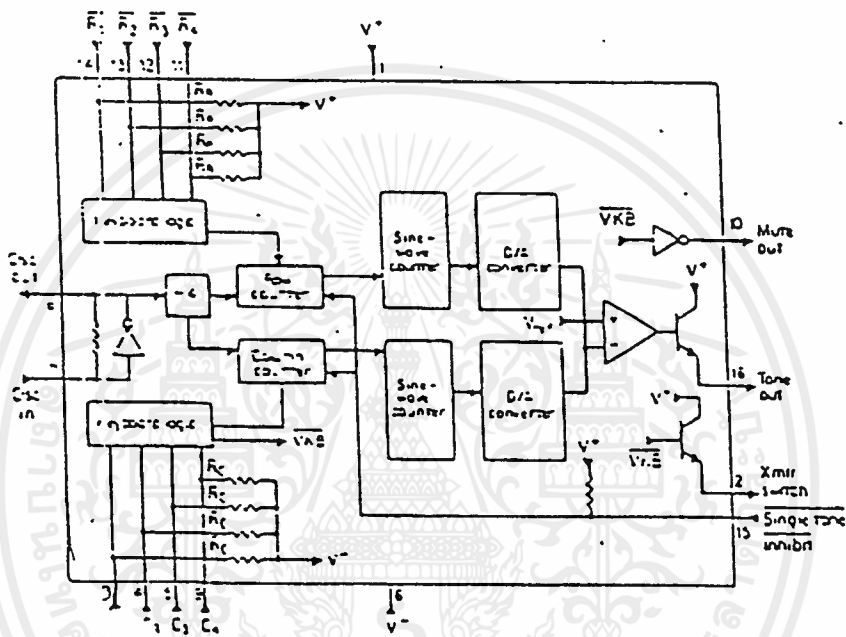


รูปที่ 5 แสดงขาต่างๆ ของ IC MK 5087

การป้อนสัญญาณ Tone 2 Family ของ integrated tone dialer ทำให้เกิดอัตราส่วนที่เหมาะสม ที่จะได้รับความถี่เสียง 2 ความถี่จาก ออลซิลเลเตอร์อ้างอิง 3.58 MHz ใช้วงจร R-2R ladder network ในการแปลงสัญญาณดิจิทัลต่อเนื่องเป็นอนาล็อก (D/A Conversion) สัญญาณเสียงที่เอาท์พุท จะเป็นการประมาณจาก stair-step เป็นสัญญาณรูปซายน์ และแทบไม่ต้องการ การกรองสัญญาณ สำหรับการใช้นี้ที่มีความเพี้ยนต่ำ ออปแอมป์เดียวกันจะทำหน้า

เปลี่ยนกระแสให้เป็นโวลเตจ ที่จำเป็นสำหรับวงจร D/A converter เพื่อผสมสัญญาณในกลุ่มความถี่สูงกับกลุ่มสัญญาณความถี่ต่ำ ความเสถียรของความถี่ในวงจรกำเนิดสัญญาณเสียงแบบนี้ นั้น เกิดจากไม่ต้องการปรับความถี่เพื่อให้ได้มาตรฐานของ DTMF

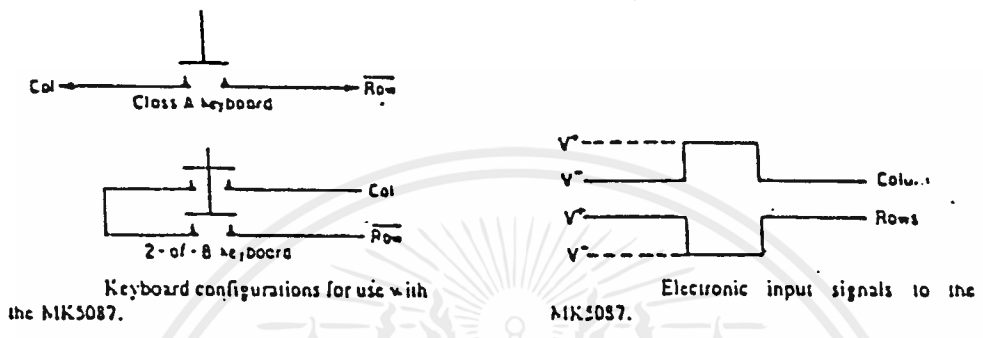
มีรูปแบบของ Block Diagram ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 ภาพวงจรภายใน

Xmtsr Switch output (ขาที่ 2) ถูกต่อเข้ากับขาอิมิตเตอร์ของไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์ ซึ่งมีขาคอลเลคเตอร์ต่อกับ V_{cc} ทรานซิสเตอร์จะทำงานและดึงสัญญาณจากขา 2 จาก V_{cc} ขึ้น V_{be} เมื่อมีสัญญาณจากคีย์บอร์ดเข้ามาเอาท์พุทจะมีสภาพเป็น High Impedance Xmts Switch Output จะทำการสวิตช์ โดยไม่คำนึงถึงสถานะ ของ Single-Tone Inhibit Input (ขา 15)

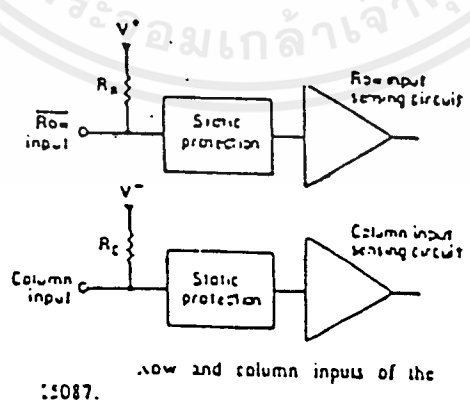
ลักษณะอินพุทของ MK 5087 เหมือนกับมาตรฐาน 2 ใน 8 ของ คีย์บอร์ด เป็นคีย์บอร์ดแบบคอนแทคเดียวที่มีราคาไม่แพง และอินพุทแบบอิเล็กทรอนิกส์ รูปที่ 7 แสดงถึงการต่อกันของคีย์บอร์ด รูปที่ 8 แสดงรูปคลื่นของอิเล็กทรอนิกส์ อินพุทจะมีความเสถียรเนื่องจากไม่เกิดสัญญาณรบกวนขึ้น



รูปที่ 7

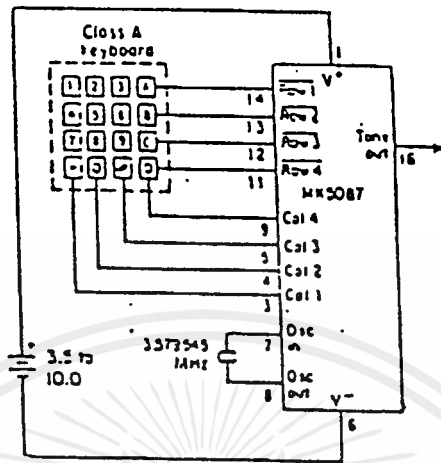
รูปที่ 8

โครงสร้างภายในของอินพุทของ MK 5087 แสดงดังในรูปที่ 9 R_x และ R_c จะดึงกระแสในทิศทางตรงกันข้าม และทำให้วงจร input sensing ไม่ทำงาน แต่เมื่อแถว ROW และ COLUMN ได้มีการต่อกัน วงจร input-sensing จะแสดงระดับ "1/2 V Level" และนำสัญญาณ logic นั้น ไปยังวงจรภายในของ MK 5087 ทำให้เกิดสัญญาณความถี่ที่เหมาะสมนั้น



รูปที่ 9 แสดงโครงสร้างภายในของอินพุทของ MK 5087

วงจรพื้นฐานในการนำ MK 5087 DTMF Encoder แลวดังในรูปที่ 10



A basic DTMF encoder circuit.

รูปที่ 10 การใช้งานเบื้องต้น

5.2 การใช้งานของ MT 8870

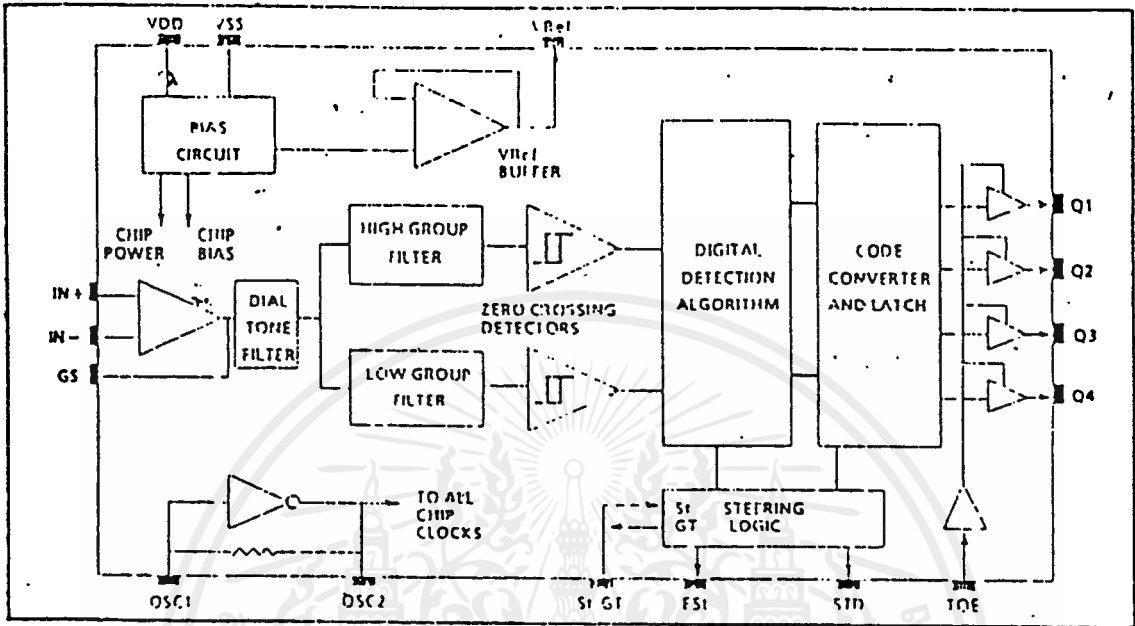


Figure 1 - Functional Block Diagram

รูปที่ 11 โครงสร้างภายในของ MT 8870

ฟังก์ชันการทำงานภายในของ MT 8870

ภายใน MT 8870 ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วนคือ

1. ภาคกรองความถี่ (filter section)
2. ภาคถอดรหัสสัญญาณ (decoder section)
3. ภาคตรวจสอบสัญญาณ (steering circuit)
4. ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง (differential input)
5. ภาคกำเนิดความถี่ (oscillator)

ภาคกรองความถี่

ในส่วนนี้จะแยกสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาออกเป็น 2 กลุ่มความถี่ คือ ช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองแถบความถี่อันดับ 6 ชนิด

สวิตช์คาปาซิเตอร์ (six-order switched capacitor band pass filter) ซึ่งความถี่ที่แยกได้มี 2 ช่วง คือช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ

ภาคถอดรหัสสัญญาณ

ความถี่ DTMF ที่ถูกกรองเรียบร้อยแล้ว จะผ่านเข้าวงจรถอดรหัส ความถี่ออกเป็นตัวเลข โดยใช้เทคนิคการนับแบบดิจิทัล และมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่มาตรฐาน DTMF หรือไม่ เพื่อป้องกันความถี่อื่นเข้ามาผสม เมื่อตรวจสอบว่าความถี่นั้นถูกต้อง สัญญาณที่ขา Est (early steering) ก็จะถูกตีฟสำหรับค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่าง ๆ นั้น

f_{LOW}	f_{HIGH}	NO.	LOG	O_4	O_3	O_2	O_1
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	1336	0	H	1	0	1	0
941	1209	*	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
.	.	L	Z	Z	Z	Z	Z

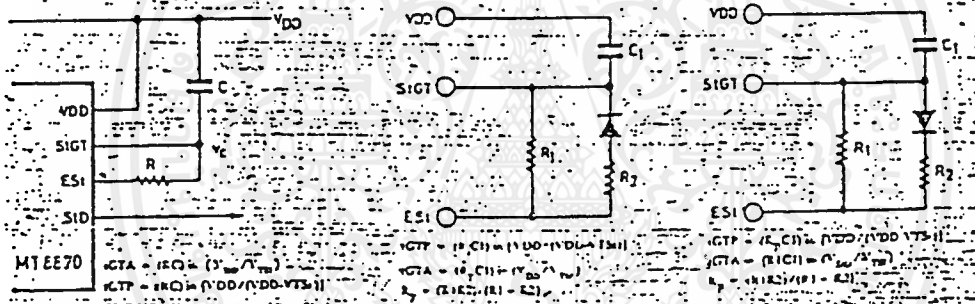
L = LOGIC LOW, H = LOGIC HIGH Z = HIGH IMPEDANCE

รูปที่ 12 แสดงค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคตรวจสอบสัญญาณ

ก่อนที่จะมีการถอดรหัสความถี่ออกไปที่เอาต์พุต จะมีการตรวจสอบช่วงความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะเวลาตามที่กำหนดหรือไม่ โดยสังเกตจากระยะเวลาการกดปุ่มโทรศัพท์ ซึ่งต้องกดปุ่มให้มีความถี่ออกมาเป็นเป็นช่วงเวลาพอสมควร มิฉะนั้นวงจรส่วนนี้จะไม่รับ โดยถือว่าสัญญาณนั้นไม่ถูกต้อง ส่วนช่วงเวลายาวเท่าใดสามารถตั้งได้โดยใช้ RC ต่อภายนอก สัญญาณที่ขา Est จะเป็น "High" นานใกล้เคียง กับระยะเวลาที่มีความถี่ DTMF เข้ามา จากรูปที่ 9 เมื่อขา Est เป็น "High" ทำให้ V_c สูงขึ้นตัวเก็บประจุ C จะคายประจุ ทำให้แรงดัน V_c สูงขึ้นจนถึงค่าเทรชโฮลด์ วงจรถอดรหัส จึงจะถอดรหัสออกเป็นตัวเลขขนาด 4 ซิต



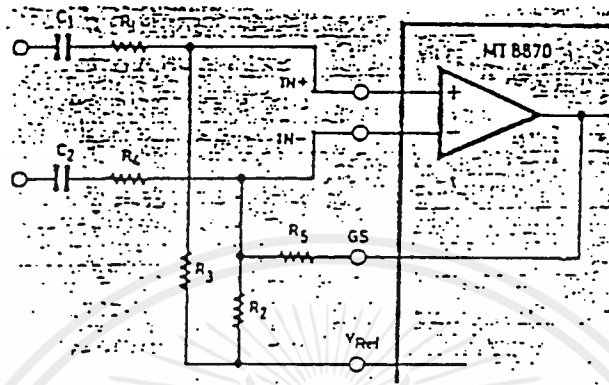
รูปที่ 13 แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณอย่างง่าย ๆ

ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง

วงจรส่วนอินพุตของ MT 8870 เป็นภาคขยายออปแอมป์ ที่สามารถปรับอัตราขยายโดยต่อวงจรภายนอกเพิ่มเข้ามา รูปที่ 14 แสดงการต่อวงจรภายนอกเข้ากับอินพุตซึ่งสามารถคำนวณอัตราขยายความแตกต่างของอินพุต และอิมพีแดนซ์ได้ ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{อัตราขยาย } (A_{v \text{ diff}}) &= R/R_1 \\
 \text{อินพุตอิมพีแดนซ์ } (Z_{in \text{ diff}}) &= 2 R_1^2 + (1)_2 / (wc)
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

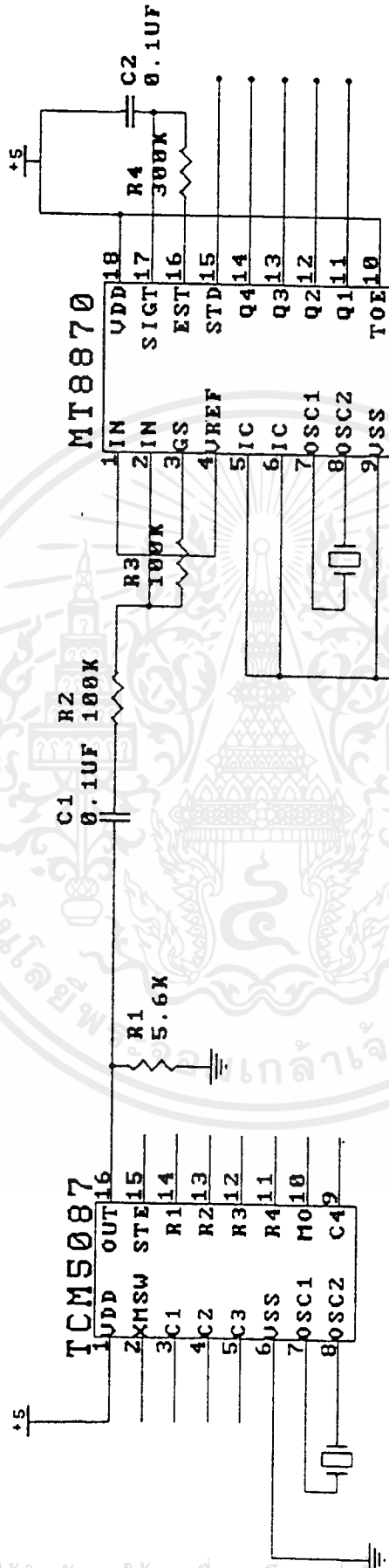


รูปที่ 14 แสดงการต่อวงจรภาคอินพุต

ภาคกำเนิดความถี่

ในภาคนี้ภายในไอซี จะมีวงจรรออยู่ภายใน เพียงแต่ต่อแร่คริสตรอล 3.58 MHz ก็สามารถใช้งานได้ทันที ต่อวงจรกำเนิดความถี่ DTMF ทั้ง 2 ตัวต่างเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ถอดรหัสความถี่ ในโครงการนี้ เราจะใช้ TP 5088 รับเอา input ที่เป็น binary code จาก computer เปลี่ยนเป็น single tone output ส่งไปยัง MT 8870 เพื่อ decode สัญญาณ ไปควบคุมการเปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ

ในทางกลับกัน การตรวจสอบสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้าก็จะใช้ TP 5088 เป็นตัวรับเอาสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้าส่งไปยัง MT 8870 เพื่อ decode และแสดงผลต่อไปทาง computer

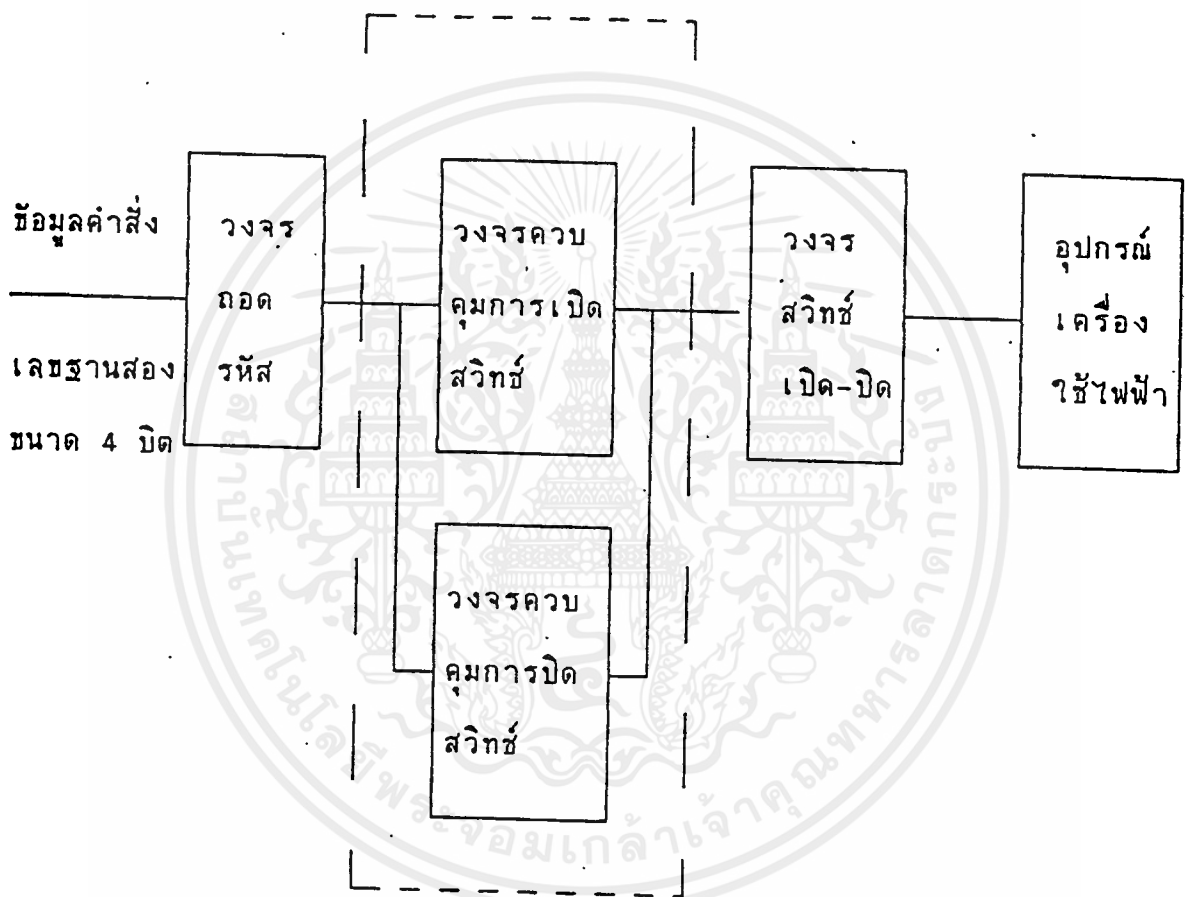


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทุบที่ 15 หากมีการใช้งานระบบสื่อสาร DTMF ให้ทั้งตัวส่งและตัวรับ

บทที่ 6

ส่วนควบคุมและตรวจสอบ

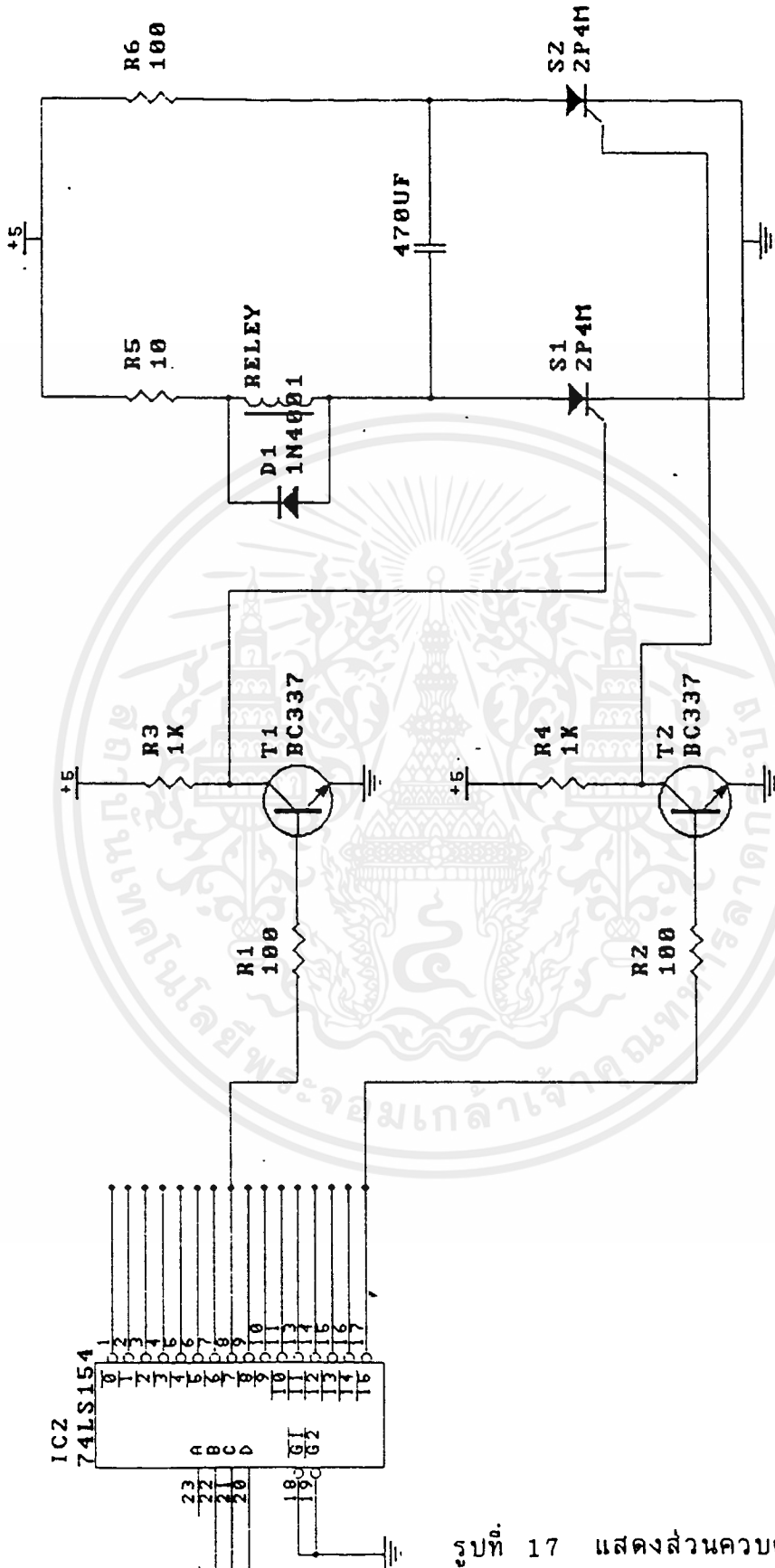
6.1 BLOCK DIAGRAM การทำงานของภาคควบคุมวงจรสวิทช์เปิด-ปิด เครื่องใช้ไฟฟ้า



รูปที่ 16 แสดงการทำงานของภาคควบคุมสวิทช์เปิด-ปิด

ขั้นตอนการทำงานของภาคควบคุมวงจรสวิทช์เปิด-ปิด เครื่องใช้ไฟฟ้า

- 1) เมื่อได้รับสัญญาณข้อมูลคำสั่งซึ่งเป็นรหัสเลขฐานสอง 4 บิตจากส่วน DTMF แล้วเราจะนำเอารหัสที่ได้นี้ไปตีความว่าเป็นคำสั่งเปิดหรือคำสั่งปิด โดยการผ่านเข้าไปในวงจรถอดรหัส



รูปที่ 17 แสดงส่วนควบคุมสวิตซ์

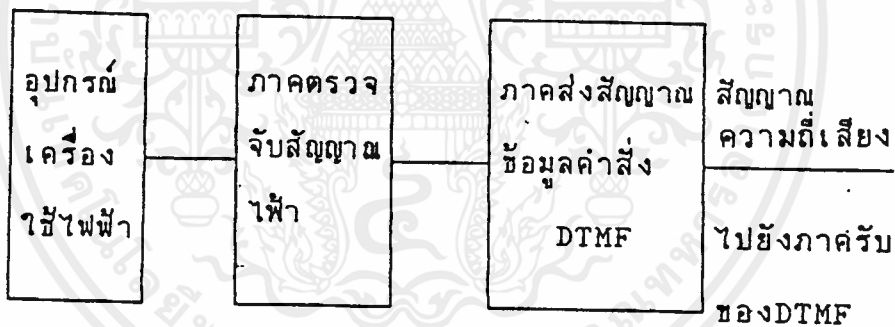
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
 การทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามแก้ไขเปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) สัญญาณที่ออกจากวงจรถอทรหัสในแต่ละหนึ่งคำสั่งนั้น ถ้าเป็นคำสั่งเปิดก็จะถูกส่งไปยังวงจรควบคุมการเปิดสวิตช์ แต่ถ้าเป็นคำสั่งปิดก็จะถูกส่งไปยังวงจรควบคุมการปิดสวิตช์ ดังนั้นสัญญาณที่ได้ก็จะไปทำการควบคุมสวิตช์ให้เปิดหรือปิดตามคำสั่งที่ได้มา

การทำงานของวงจรควบคุมสวิตช์

เมื่อ 74LS154 ได้รับสัญญาณ Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 จาก IC 8870 แล้วจะนำคำสั่งนี้ไปเลือกคำสั่ง โดยให้ O/P ไปทำการ ON-OFF ทรานซิสเตอร์ ทรานซิสเตอร์ที่ได้รับสัญญาณ LOW จาก 74LS154 ก็จะทำกรับ SCR ทำให้สวิตช์ (Relay) เปิดหรือปิดตามคำสั่ง

6.2 BLOCK DIAGRAM การทำงานของส่วนตรวจจับการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้า



รูปที่ 18

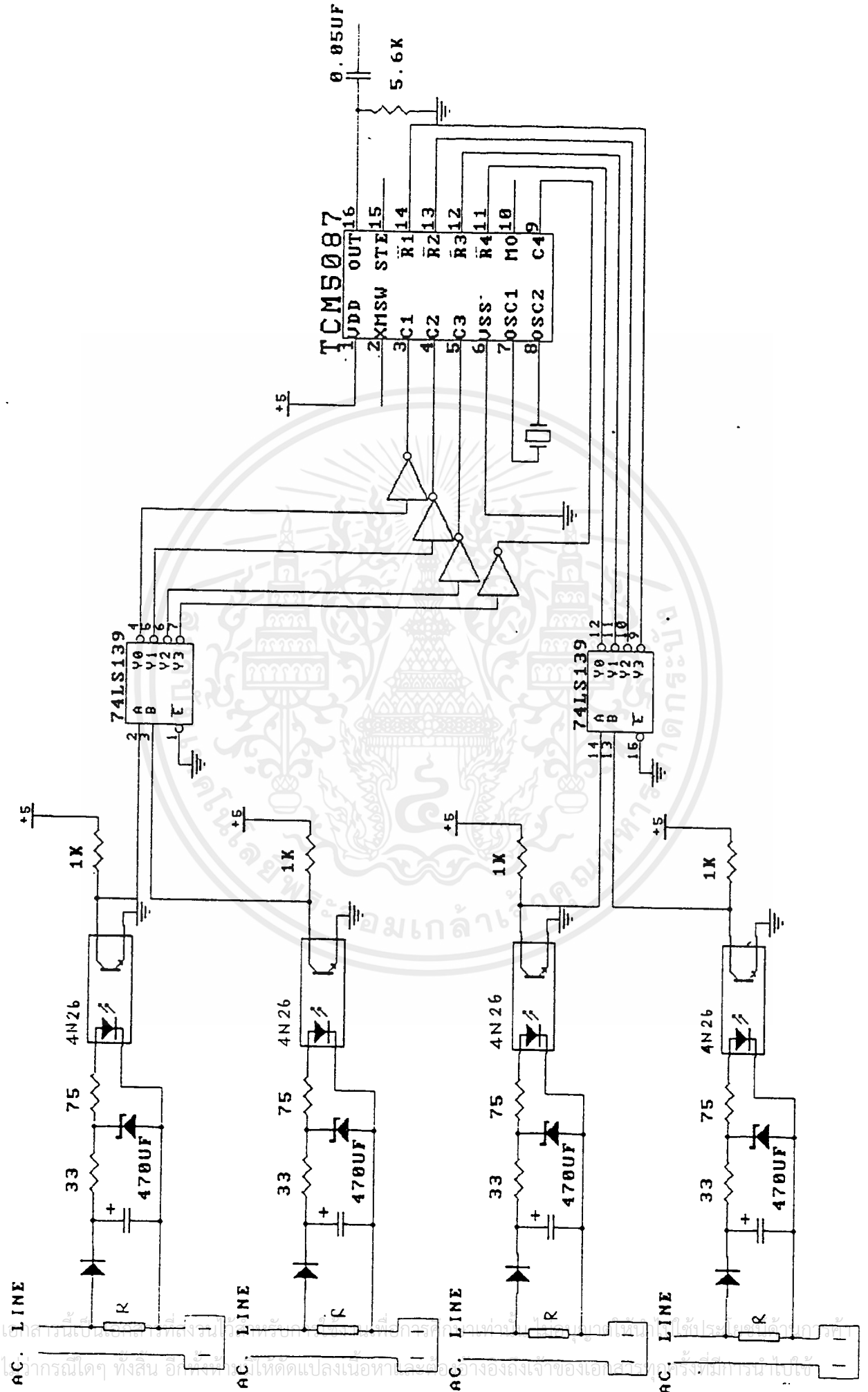
ส่วนตรวจจับการทำงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า

1) ในส่วนของภาคตรวจจับกระแสของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในส่วนนี้จะทำงานหลังจากที่อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้านั้นมีการทำงานเกิดขึ้นนั่นคือจะมีกระแสไหล ซึ่งเราจะนำเอากระแสกลับไปผ่านตัวความต้านทาน ทำให้เกิดความต่างศักย์ตกคร่อมความต้านทานนี้ แล้วนำความต่างศักย์นี้ไปใช้งาน

2) ความต่างศักย์ที่ได้จะถูกนำไปจัดรูปแบบแล้วส่งเข้าระบบการสื่อสารข้อมูลแบบ DTMF โดยที่ทางภาคส่งจะเป็นสัญญาณเสียงไปยังภาครับ จากนั้นภาครับจะส่งรหัสเลขฐานสองไปสู่คอมพิวเตอร์ เพื่อให้ทำการแสดงผลการทำงานของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 19 วงจรตรวจสถานะของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า

การทำงานของวงจร อธิบายได้ดังนี้ R เป็นตัวความต้านทานที่ต้องทนกำลังไปสูง ในการใช้โหลดขนาด 100W คัทคาที่ตกคร่อมในสายไฟ AC line มีค่า 220 โวลต์ คัทคาที่ตกคร่อมในส่วนตรวจจับทั้งหมดที่ต้องการในการตรวจจับกระแสคือ 4.6 โวลต์ จากข้อมูลทั้งหมด สามารถที่จะนำมาคำนวณหาค่าของ R ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 I &= W/V \\
 &= 100/220 \\
 &= 0.45 \text{ A} \\
 R &= V/I \\
 &= 4.6/0.45 \\
 &= 10.22 \text{ Ohm}
 \end{aligned}$$

ดังนั้นจึงเลือกใช้ $R_1 = 12$ โอห์ม 5 วัตต์

D_1 ทำหน้าที่เป็นส่วนเรกติไฟเออร์ (Rectifier) แปลงสัญญาณไฟกระแสสลับเป็นไฟกระแสตรงเป็น ฮาล์ฟเวฟ เรกติไฟเออร์ เลือกใช้ ไดโอดเบอร์ 1N4001

C_1 ทำหน้าที่เป็นฟิลเตอร์ (Filter) แปลงสัญญาณที่ได้จากเรกติไฟเออร์ให้เรียบขึ้น ใช้ C ขนาด 470 μF 50 โวลต์

R_2 และ ซีเนอร์ไดโอด ทำหน้าที่เป็น เรกกูเลเตอร์ โดยเลือกใช้ ซีเนอร์ไดโอดขนาด 3 โวลต์ 0.5 วัตต์ สำหรับ R_2 คำนวณหาค่าได้จาก

ตัวออปโตไดโอดซีเลเตอร์ เบอร์ QTC 4N26 ต้องการคัทคาตกคร่อมในการที่จะแอดคัพ เท่ากับ 1.2 โวลต์ 25 มิลลิแอมป์ และ เนื่องจากซีเนอร์ไดโอดมีโวลต์ตกคร่อม เท่ากับ 3 โวลต์ เพราะฉะนั้น R_4 จะต้องการคัทคาตกคร่อม เท่ากับ 1.8 โวลต์ หาค่า R_4 ได้จาก

$$\begin{aligned}
 R_4 &= V/I \\
 &= 1.8/25\text{m} \\
 &= 72 \text{ Ohm}
 \end{aligned}$$

บทที่ 7

การทดลองและผลการทดลอง

7.1 ระบบการสื่อสารข้อมูลแบบ DTMF

จากการทดลองรับส่งสัญญาณ DTMF เมื่อเราป้อน I/P ให้กับ 5087 และ
วัดค่า O/P ของ 8870 จะได้ดังนี้

Input	ของ	5087	Output	ของ	8870
Column	Row	Q1	Q2	Q3	Q4
1	1	1	0	0	0
1	2	0	0	1	0
1	3	1	1	1	0
1	4	1	1	0	1
2	1	0	1	0	0
2	2	1	0	1	0
2	3	0	0	0	0
2	4	0	1	0	1
3	1	1	1	0	0
3	2	0	1	1	0
3	3	1	0	0	1
3	4	0	0	1	1
4	1	1	0	1	1
4	2	0	1	1	1
4	3	1	1	1	1
4	4	0	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองที่ได้ เป็นค่าที่ถูกต้องตามการทำงานของ DTMF ทุกประการ ในการทดลองบางครั้งเกิดมี NOISE ขึ้นมาในกรณีที่มีการเปลี่ยน INPUT ทาง 5087 สามารถแก้ไขได้โดยต่อ C 0.1 μ F คร่อมที่ไฟเลี้ยงกับกราวด์ของ IC ปัญหานี้ก็จะไม่เกิดขึ้นอีก

7.2 ส่วนวงจรควบคุม SWITCH

เมื่อการส่งค่า-รับค่าของ DTMF ไม่มีปัญหา O/P ของ 8870 จึงถูกนำไปใช้ control Decode 4 to 6 (74LS154) โดยที่กำหนดให้เลขฐานสอง 4 บิต ใช้เป็นคำสั่งเปิด-ปิด ดังตาราง

Q1	Q2	Q3	Q4
0	0	0	0
0	0	0	1
0	0	1	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	0	1
0	1	1	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	0	1
1	1	1	0
1	1	1	1

ซึ่งผลการทดลองที่ได้ถูกต้องตามที่เรากำหนดไว้ทุกประการ แต่เพื่อความปลอดภัยและให้อุปกรณ์ใช้งานได้ดี จึงต้องวางจรรยาบรรณหน้าสัมผัสของ Relay โดยการต่อ C คร่อมหน้าสัมผัสไว้

7.3 ส่วนแสดงสถานะของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า

จากการทดลองวัดกระแสของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ และหาค่า R ที่เหมาะสม

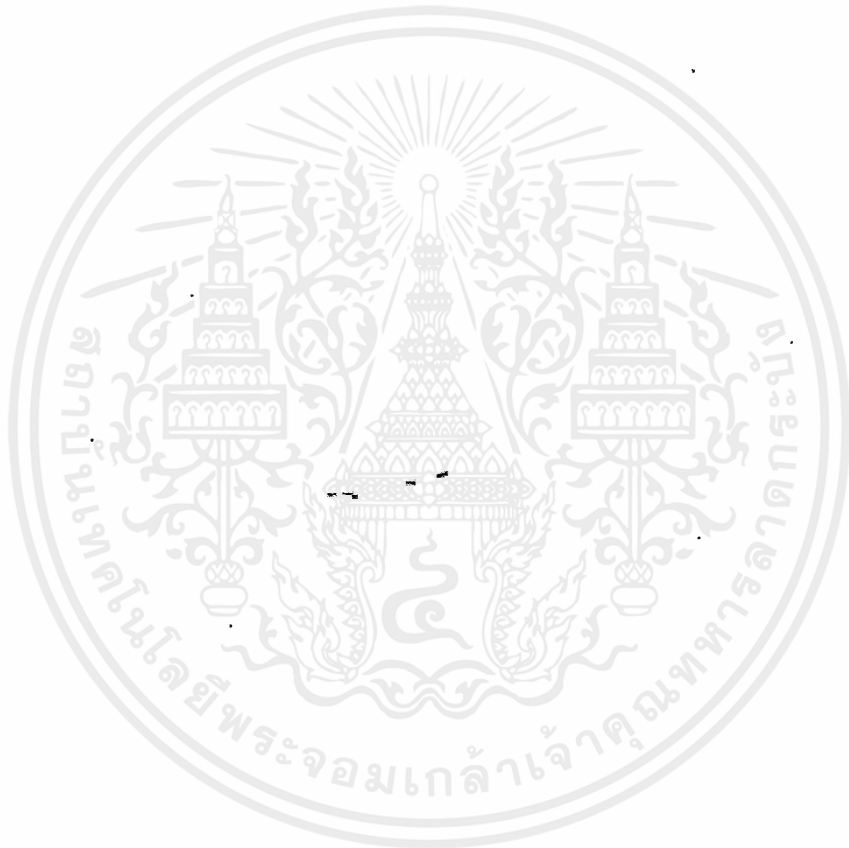
อุปกรณ์	กระแส	R
computer & monitor	210 mA	30
ไฟนีออน 40 W	390 mA	12
วิทยุ	18 mA	300
มอเตอร์ 0.5 Hp.	6 A	
หลอดไส้ 100 W	442 mA	12
หลอดไส้ 60 W	258 mA	20
หลอดไส้ 40 W	174 mA	30
หลอดไส้ 25 W	109 mA	47
พัดลมตั้งพื้น	300 mA	20

แต่มอเตอร์สามารถควบคุมได้โดยผ่าน magnetic connectors ดังนั้นจะวัดกระแสผ่าน magnetic connectors ได้ 31 mA ใช้ R 200

จากผลการทดลอง เราสามารถหาช่วงของค่า R ที่ใช้งานได้

กระแส	R (5W)
20-100	200
100-200	40
200-300	20
300-400	10

จากนั้นจึงต่อวงจรตามค่า R ที่ได้ ปรากฏว่าสามารถทำให้ opto-isolator active ได้ ซึ่งทำให้เราเอาการ active ของ opto-isolator ไปแจ้งสถานะการใช้งานของอุปกรณ์ได้โดยส่งผ่านทาง DTMF 5087



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 8**บทวิจารณ์และสรุป**

HOME-AUTOMATION นี้สามารถใช้งานได้จริง แต่ถ้านำไปใช้ตามบ้านทั่วไป คิดว่า ประโยชน์ของมันจะมีค่าน้อยไป ถ้าจะให้ได้ประโยชน์สูงสุดนั้น ควรที่จะนำไปประยุกต์ใช้กับอาคารสูงต่างๆ เพราะมีการทำงานสม่ำเสมอ สามารถทำให้ประหยัดเวลาในการทำงานต่างๆได้เป็นอย่างดี และนอกจากนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้มีการสั่งงานทางโทรศัพท์ธรรมดาทั่วไปได้อีก





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Program Promenu;
uses graph,crt,dos,opengr;
const posx:array[0..1] of word=(40,130);
      posy:array[0..3] of word=(20,100,180,260);
      numhex:array[0..7] of word=($01,$02,$04,$08,$10,$20,$40,$80);
      numdec:array[0..7] of word=(1,2,4,8,16,32,64,128);
var   p,m,r,k,x,l,sum,Choice,Choicesub,channel:byte;
      ch,funckey:char;
      graphdriver,graphmode:integer;
      pic:array[1..4] of pointer;
      picmain,picsub,state:pointer;
      regs:registers;
      portA,portB,y:word;
      bit:array[0..7] of byte;
      q:boolean;

```

```
{ $I gather_1 }
```

```
PROCEDURE Readchar;
```

```
begin
```

```
  Regs.AH:=$0; intr($16,regs);
```

```
  ch:=chr(regs.AX); funckey:=#0;
```

```
  if ch=#0 then funckey:=chr(regs.AH);
```

```
end;
```

```
PROCEDURE Clsgr(x1,y1,x2,y2:integer);
```

```
begin
```

```
  setviewport(x1,y1,x2,y2,clipon);
```

```
  clearviewport;
```

```
  setviewport(0,0,Getmaxx,Getmaxy,clipon);
```

```
end;
```

```
PROCEDURE Horizslide(x,y1,y2:word; max:byte);
```

```
begin
```

```
  Choice:=1;
```

```
  getimage(x+(Choice-1)*87,y1,x+Choice*87,y2,picmain^);
```

```
  putimage(x+(Choice-1)*87,y1,picmain^,4);
```

```
  repeat
```

```
    repeat
```

```
      begin
```

```
        putimage(x+(Choice-1)*87,y1,picmain^,0);delay(150);
```

```
        putimage(x+(Choice-1)*87,y1,picmain^,4);delay(150);
```

```
      end;
```

```
    until keypressed;
```

```
  readchar;
```

```
  case funckey of
```

```
    #75:begin
```

```
      putimage(x+(Choice-1)*87,y1,picmain^,0);
```

```
      dec(Choice);
```

```
      if Choice=0 then Choice:=max;
```

```
      getimage(x+(Choice-1)*87,y1,x+Choice*87,y2,picmain^);
```

```
      putimage(x+(Choice-1)*87,y1,picmain^,4);
```

```
    end;
```

```
    #77:begin
```

```
      putimage(x+(Choice-1)*87,y1,picmain^,0);
```

```
      inc(Choice);
```

```
      if Choice=(max+1) then Choice:=1;
```

```
      getimage(x+(Choice-1)*87,y1,x+Choice*87,y2,picmain^);
```

```
      putimage(x+(Choice-1)*87,y1,picmain^,4);
```

```
    end;
```

```
  end;
```

```
until ch=#13;
```

```
putimage(x+(Choice-1)*87,y1,picmain^,0);
```

```
end;
```

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสถาบันวิจัยสํานักงานเพื่อการศึกษานานาชาติ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่มีการเปิดเผยใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

PROCEDURE Vertislide(x1,x2,y:word; max:byte);
begin
  Choicesub:=1;
  getimage(x1,y+(Choicesub-1)*25,x2,y+Choicesub*25,picsub^);
  putimage(x1,y+(Choicesub-1)*25,picsub^,4);
  repeat
    repeat
      begin
        putimage(x1,y+(Choicesub-1)*25,picsub^,0);delay(150);
        putimage(x1,y+(Choicesub-1)*25,picsub^,4);delay(150);
      end;
    until keypressed;
    readchar;
    case funckey of
      #72:begin
        putimage(x1,y+(Choicesub-1)*25,picsub^,0);
        dec(Choicesub);
        if Choicesub=0 then Choicesub:=max;
        getimage(x1,y+(Choicesub-1)*25,x2,
          y+Choicesub*25,picsub^);
        putimage(x1,y+(Choicesub-1)*25,picsub^,4);
      end;
      #80:begin
        putimage(x1,y+(Choicesub-1)*25,picsub^,0);
        inc(Choicesub);
        if Choicesub=(max+1) then Choicesub:=1;
        getimage(x1,y+(Choicesub-1)*25,x2,
          y+Choicesub*25,picsub^);
        putimage(x1,y+(Choicesub-1)*25,picsub^,4);
      end;
    end;
  until ch=#13;
  putimage(x1,y+(Choicesub-1)*25,picsub^,0)
end;

```

```

PROCEDURE Submenu;
begin
  if r=1 then
    begin
      setcolor(yellow);
      rectangle(250,50,337,275);
      outtextxy(293,63,'1');
      outtextxy(293,88,'2');
      outtextxy(293,113,'3');
      outtextxy(293,138,'4');
      outtextxy(293,163,'5');
      outtextxy(293,188,'6');
      outtextxy(293,213,'7');
      outtextxy(293,238,'8');
      outtextxy(293,263,'QUIT');
      Vertislide(250,337,50,9);
      case choicesub of
        1:portA:=$4E;
        2:portA:=$4D;
        3:portA:=$4B;
        4:portA:=$47;
        5:portA:=$8E;
        6:portA:=$8D;
        7:portA:=$8B;
        8:portA:=$87;
        9:Clsgr(245,50,350,300);
      end;
    end;

```

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะในรูปแบบใดก็ตาม หากมีให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Port[$307]:= $82;
Port[$304]:= portA;
if r=2 then
begin
rectangle(337,50,424,275);
outtextxy(380,63,'1');
outtextxy(380,88,'2');
outtextxy(380,113,'3');
outtextxy(380,138,'4');
outtextxy(380,163,'5');
outtextxy(380,188,'6');
outtextxy(380,213,'7');
outtextxy(380,238,'8');
outtextxy(380,263,'QUIT');
Vertislide(337,424,50,9);
case choicesub of
1:portA:= $1E;
2:portA:= $1D;
3:portA:= $1B;
4:portA:= $17;
5:portA:= $2E;
6:portA:= $2D;
7:portA:= $2B;
8:portA:= $27;
9:Clsgr(330,50,430,300);
end;
end;
Port[$307]:= $82;
Port[$304]:= portA;
end;

PROCEDURE Showon(x1,y1,a1,a2:integer);
begin
setcolor(yellow);setfillstyle(11,lightred);
rectangle(x1,y1,x1+a1,y1+a2);bar(x1,y1,x1+a1,y1+a2);
end;

PROCEDURE Showoff(x1,y1,a1,a2:integer);
begin
setcolor(yellow);setfillstyle(11,lightblue);
rectangle(x1,y1,x1+a1,y1+a2);bar(x1,y1,x1+a1,y1+a2);
end;

PROCEDURE Scan;
begin
Port[$307]:= $82;
portB:=Port[$305];
case portB of
$88:portB:= $00;
$8E:portB:= $01;
$82:portB:= $02;
$8D:portB:= $03;
$8C:portB:= $04;
$89:portB:= $05;
$86:portB:= $06;
$83:portB:= $07;
$84:portB:= $08;
$81:portB:= $09;
$8A:portB:= $0A;
$85:portB:= $0B;
$8B:portB:= $0C;
$8F:portB:= $0D;
$87:portB:= $0E;
$80:portB:= $0F;

```

\$E8:portB:=\$10;
\$EE:portB:=\$11;
\$E2:portB:=\$12;
\$ED:portB:=\$13;
\$EC:portB:=\$14;
\$E9:portB:=\$15;
\$E6:portB:=\$16;
\$E3:portB:=\$17;
\$E4:portB:=\$18;
\$E1:portB:=\$19;
\$EA:portB:=\$1A;
\$E5:portB:=\$1B;
\$EB:portB:=\$1C;
\$EF:portB:=\$1D;
\$E7:portB:=\$1E;
\$E0:portB:=\$1F;
\$28:portB:=\$20;
\$2E:portB:=\$21;
\$22:portB:=\$22;
\$2D:portB:=\$23;
\$2C:portB:=\$24;
\$29:portB:=\$25;
\$26:portB:=\$26;
\$23:portB:=\$27;
\$24:portB:=\$28;
\$21:portB:=\$29;
\$2A:portB:=\$2A;
\$25:portB:=\$2B;
\$2B:portB:=\$2C;
\$2F:portB:=\$2D;
\$27:portB:=\$2E;
\$20:portB:=\$2F;
\$D8:portB:=\$30;
\$DE:portB:=\$31;
\$D2:portB:=\$32;
\$DD:portB:=\$33;
\$DC:portB:=\$34;
\$D9:portB:=\$35;
\$D6:portB:=\$36;
\$D3:portB:=\$37;
\$D4:portB:=\$38;
\$D1:portB:=\$39;
\$DA:portB:=\$3A;
\$D5:portB:=\$3B;
\$DB:portB:=\$3C;
\$DF:portB:=\$3D;
\$D7:portB:=\$3E;
\$D0:portB:=\$3F;
\$C8:portB:=\$40;
\$CE:portB:=\$41;
\$C2:portB:=\$42;
\$CD:portB:=\$43;
\$CC:portB:=\$44;
\$C9:portB:=\$45;
\$C6:portB:=\$46;
\$C3:portB:=\$47;
\$C4:portB:=\$48;
\$C1:portB:=\$49;
\$CA:portB:=\$4A;
\$C5:portB:=\$4B;
\$CB:portB:=\$4C;
\$CF:portB:=\$4D;
\$C7:portB:=\$4E;
\$C0:portB:=\$4F;



เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของราชการ ใช้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่าในรูปแบบใดก็ตาม หากมีให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

\$98:portB:=\$50;
\$9E:portB:=\$51;
\$92:portB:=\$52;
\$9D:portB:=\$53;
\$9C:portB:=\$54;
\$99:portB:=\$55;
\$96:portB:=\$56;
\$93:portB:=\$57;
\$94:portB:=\$58;
\$91:portB:=\$59;
\$9A:portB:=\$5A;
\$95:portB:=\$5B;
\$9B:portB:=\$5C;
\$9F:portB:=\$5D;
\$97:portB:=\$5E;
\$90:portB:=\$5F;
\$68:portB:=\$60;
\$6E:portB:=\$61;
\$62:portB:=\$62;
\$6D:portB:=\$63;
\$6C:portB:=\$64;
\$69:portB:=\$65;
\$66:portB:=\$66;
\$63:portB:=\$67;
\$64:portB:=\$68;
\$61:portB:=\$69;
\$6A:portB:=\$6A;
\$65:portB:=\$6B;
\$6B:portB:=\$6C;
\$6F:portB:=\$6D;
\$67:portB:=\$6E;
\$60:portB:=\$6F;
\$38:portB:=\$70;
\$3E:portB:=\$71;
\$32:portB:=\$72;
\$3D:portB:=\$73;
\$3C:portB:=\$74;
\$39:portB:=\$75;
\$36:portB:=\$76;
\$33:portB:=\$77;
\$34:portB:=\$78;
\$31:portB:=\$79;
\$3A:portB:=\$7A;
\$35:portB:=\$7B;
\$3B:portB:=\$7C;
\$3F:portB:=\$7D;
\$37:portB:=\$7E;
\$30:portB:=\$7F;
\$48:portB:=\$80;
\$4E:portB:=\$81;
\$42:portB:=\$82;
\$4D:portB:=\$83;
\$4C:portB:=\$84;
\$49:portB:=\$85;
\$46:portB:=\$86;
\$43:portB:=\$87;
\$44:portB:=\$88;
\$41:portB:=\$89;
\$4A:portB:=\$8A;
\$45:portB:=\$8B;
\$4B:portB:=\$8C;
\$4F:portB:=\$8D;
\$47:portB:=\$8E;
\$40:portB:=\$8F;



เอกสารนี้จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่าในรูปแบบใดก็ตาม หากมีให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

\$18:portB:=\$90;
\$1E:portB:=\$91;
\$12:portB:=\$92;
\$1D:portB:=\$93;
\$1C:portB:=\$94;
\$19:portB:=\$95;
\$16:portB:=\$96;
\$13:portB:=\$97;
\$14:portB:=\$98;
\$11:portB:=\$99;
\$1A:portB:=\$9A;
\$15:portB:=\$9B;
\$1B:portB:=\$9C;
\$1F:portB:=\$9D;
\$17:portB:=\$9E;
\$10:portB:=\$9F;
\$A8:portB:=\$A0;
\$AE:portB:=\$A1;
\$A2:portB:=\$A2;
\$AD:portB:=\$A3;
\$AC:portB:=\$A4;
\$A9:portB:=\$A5;
\$A6:portB:=\$A6;
\$A3:portB:=\$A7;
\$A4:portB:=\$A8;
\$A1:portB:=\$A9;
\$AA:portB:=\$AA;
\$A5:portB:=\$AB;
\$AB:portB:=\$AC;
\$AF:portB:=\$AD;
\$A7:portB:=\$AE;
\$A0:portB:=\$AF;
\$58:portB:=\$B0;
\$5E:portB:=\$B1;
\$52:portB:=\$B2;
\$5D:portB:=\$B3;
\$5C:portB:=\$B4;
\$59:portB:=\$B5;
\$56:portB:=\$B6;
\$53:portB:=\$B7;
\$54:portB:=\$B8;
\$51:portB:=\$B9;
\$5A:portB:=\$BA;
\$55:portB:=\$BB;
\$5B:portB:=\$BC;
\$5F:portB:=\$BD;
\$57:portB:=\$BE;
\$50:portB:=\$BF;
\$B8:portB:=\$C0;
\$BE:portB:=\$C1;
\$B2:portB:=\$C2;
\$BD:portB:=\$C3;
\$BC:portB:=\$C4;
\$B9:portB:=\$C5;
\$B6:portB:=\$C6;
\$B3:portB:=\$C7;
\$B4:portB:=\$C8;
\$B1:portB:=\$C9;
\$BA:portB:=\$CA;
\$B5:portB:=\$CB;
\$BB:portB:=\$CC;
\$BF:portB:=\$CD;
\$B7:portB:=\$CE;
\$B0:portB:=\$CF;



เอกสารนี้เป็นฉบับร่าง ไม่ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่าในรูปแบบใดก็ตาม หากมีให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

$F8:portB:=$D0;
$FE:portB:=$D1;
$F2:portB:=$D2;
$FD:portB:=$D3;
$FC:portB:=$D4;
$F9:portB:=$D5;
$F6:portB:=$D6;
$F3:portB:=$D7;
$F4:portB:=$D8;
$F1:portB:=$D9;
$FA:portB:=$DA;
$F5:portB:=$DB;
$FB:portB:=$DC;
$FF:portB:=$DD;
$F7:portB:=$DE;
$F0:portB:=$DF;
$78:portB:=$E0;
$7E:portB:=$E1;
$72:portB:=$E2;
$7D:portB:=$E3;
$7C:portB:=$E4;
$79:portB:=$E5;
$76:portB:=$E6;
$73:portB:=$E7;
$74:portB:=$E8;
$71:portB:=$E9;
$7A:portB:=$EA;
$75:portB:=$EB;
$7B:portB:=$EC;
$7F:portB:=$ED;
$77:portB:=$EE;
$70:portB:=$EF;
$08:portB:=$F0;
$0E:portB:=$F1;
$02:portB:=$F2;
$0D:portB:=$F3;
$0C:portB:=$F4;
$09:portB:=$F5;
$06:portB:=$F6;
$03:portB:=$F7;
$04:portB:=$F8;
$01:portB:=$F9;
$0A:portB:=$FA;
$05:portB:=$FB;
$0B:portB:=$FC;
$0F:portB:=$FD;
$07:portB:=$FE;
$00:portB:=$FF;

```

```
end;
```

```
x:=7;sum:=0;y:=portB;
```

```
repeat
```

```
  repeat
```

```
    q:=(y>=numhex[x]);
```

```
    dec(x);
```

```
  until q=true;
```

```
  inc(x);
```

```
  y:=y-numhex[x];
```

```
  sum:=sum+numdec[x];
```

```
  dec(x);
```

```
until y=$0;
```

for k:=7 downto 0 do

```
  begin
```

if sum and numdec[k] = numdec[k] then bit[k]:=1

```
  else bit[k]:=0;
```



```

end;
k:=0;l:=0;
repeat
  if k<=3 then
    begin
      if bit[k]=0 then Showon(40,psy[k],80,60)
        else Showoff(40,psy[k],80,60);
    end
  else begin
    if bit[k]=0 then Showon(130,psy[l],80,60)
      else Showoff(130,psy[l],80,60);
    inc(l);
  end;
  inc(k);
until k=8;
end;

```

PROCEDURE Menu;

```

begin
  repeat
    setcolor(yellow);
    setlinestyle(SolidLn,0,ThickWidth);
    setttextjustify(CenterText,CenterText);
    setttextstyle(SansSerifFont,HorizDir,4);
    rectangle(230,10,620,340);
    rectangle(250,20,600,50);
    outtextxy(293,35,'ON');
    outtextxy(380,35,'OFF');
    outtextxy(467,35,'SCAN');
    outtextxy(554,35,'EXIT');
    outtextxy(480,320,'# BUILDING AUTAMATION SYSTEM #');
    rectangle(30,10,220,340);
    for p:=0 to 1 do
      begin
        for m:=0 to 3 do
          rectangle(posx[p],psy[m],posx[p]+80,psy[m]+60);
        end;
        DrawComp(45,30,1,0);
        DrawTV(140,30,1,0);
        DrawRadio(44,105,1,0);
        DrawAir(140,115,1,0);
        DrawLamp(65,185,1,0);
        DrawIron(142,195,1,0);
        outtextxy(80,90,'CH:1');
        outtextxy(80,170,'CH:2');
        outtextxy(80,250,'CH:3');
        outtextxy(80,330,'CH:4');
        outtextxy(170,90,'CH:5');
        outtextxy(170,170,'CH:6');
        outtextxy(170,250,'CH:7');
        outtextxy(170,330,'CH:8');
        Horizslide(250,20,50,4);
        r:=Choice;
        case Choice of
          1:begin
              repeat Submenu; until Choicesub=9;
            end;
          2:begin
              repeat Submenu; until Choicesub=9;
            end;
          3:begin
              สารที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
              Scan;
              ไม่ว่าจะกรณีใดก็ตามมีให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
            end;
          4:exit;
        end;
      end;
    end;
  end;
end;

```

```
end;
until (Choice=4)and(ch=#13);
end;

begin
write('Output for portA is :');write(portA);writeln;
write('Input Hexadecimal Code of portB ?');writeln;read(portB);
Opengraph;
getmem(picmain,imagesize(0,0,135,90));
getmem(picsub,imagesize(0,0,getmaxx,300));
getmem(state,imagesize(0,0,249,300));
Menu;
freemem(picmain,imagesize(0,0,135,90));
freemem(picsub,imagesize(0,0,getmaxx,300));
freemem(state,imagesize(0,0,249,300));
closegraph;
end.
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Program Ani_1;
uses graph,crt,dos,opengr;
var k:integer;
    piccar:array[1..4] of pointer;
    picflag:array[1..3] of pointer;
    picbldg_1:pointer;
    {$I gather_3}

PROCEDURE ReadChar;
var regs:registers;
begin
    regs.AH:=$00; intr($16,regs);
    ch:=chr(regs.AL);
    if ch=#0 then Funckey:=Chr(regs.AH);
end;

PROCEDURE Clsgr(x1,y1,x2,y2:integer);
begin
    setviewport(x1,y1,x2,y2,clipon);
    clearviewport;
    setviewport(0,0,Getmaxx,Getmaxy,clipon);
end;

PROCEDURE Animation;
var no,fo:byte;
    k,a,b:word;
begin
    setvisualpage(1);setactivepage(0);
    Drawcar_1(10,0,3,3,11,1,1,0); getimage(10,0,80,40,piccar[1]^);
    Drawcar_2(10,50,3,3,11,1,1,0); getimage(10,50,80,90,piccar[2]^);
    Drawcar_3(10,150,3,3,11,1,1,0); getimage(10,150,80,190,piccar[3]^);
    Drawcar_4(10,250,3,3,11,1,1,0); getimage(10,250,80,290,piccar[4]^);
    Drawflag_1(510,10,1,0); getimage(510,10,530,20,picflag[1]^);
    Drawflag_2(540,10,1,0); getimage(540,10,560,20,picflag[2]^);
    Drawflag_3(570,10,1,0); getimage(570,10,590,20,picflag[3]^);
    Drawbldg_1(100,0,12,3,15,14,11,2,0); getimage(100,0,500,250,picbldg_1^);
    setactivepage(1);
    no:=1; fo:=1; a:=5; b:=3;
    putimage(200,55,picbldg_1^,0);
    for k:=0 to 260 do
        begin
            putimage(50+a,275,piccar[no]^,0); clsgr(50+a,275,50+a,325);
            putimage(326,43,picflag[fo]^,0);
            inc(no); inc(fo); inc(a); if a>150 then inc(b); delay(b);
            if no>4 then no:=1; if fo>3 then fo:=1;
        end;
        putimage(50+a,275,piccar[no]^,0);
        readchar;
    end;
begin
    Opengraph;
    for k:=1 to 4 do getmem(piccar[k],imagesize(10,0,80,40));
    for k:=1 to 3 do getmem(picflag[k],imagesize(100,10,120,20));
    getmem(picbldg_1,imagesize(100,0,500,250));
    Animation;
    for k:=1 to 4 do freemem(piccar[k],imagesize(10,0,80,40));
    for k:=1 to 3 do freemem(picflag[k],imagesize(100,10,120,20));
    freemem(picbldg_1,imagesize(100,0,500,250));
    closegraph;
end.

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Program Ani_2;
uses graph,crt,dos,opengr;
var k:integer;
    picman:array[1..5] of pointer;
    picbldg_1,piccar:pointer;
{$I accumulate}

PROCEDURE ReadChar;
var regs:registers;
begin
    regs.AH:=$00; intr($16,regs);
    ch:=chr(regs.AL);
    if ch=#0 then Funckey:=Chr(regs.AH);
end;

PROCEDURE Clsgr(x1,y1,x2,y2:integer);
begin
    setviewport(x1,y1,x2,y2,clipon);
    clearviewport;
    setviewport(0,0,Getmaxx,Getmaxy,clipon);
end;

PROCEDURE Animation;
var no,fo:byte;
    k,a,b:word;
begin
    setvisualpage(1);setactivepage(0);
    Drawcar(10,0,1,11,7,1,0); getimage(10,0,150,100,piccar^);
    Drawbldg_1(100,0,12,3,15,14,11,4,0); getimage(100,0,300,300,picbldg_1^);
    Drawman_1(120,50,1,0); getimage(120,50,140,90,picman[1]^);
    Drawman_2(150,50,1,0); getimage(150,50,170,90,picman[2]^);
    Drawman_3(180,50,1,0); getimage(180,50,200,90,picman[3]^);
    Drawman_4(210,50,1,0); getimage(210,50,230,90,picman[4]^);
    Drawman_5(240,50,1,0); getimage(240,50,260,90,picman[5]^);
    setactivepage(1);
    no:=1; a:=5;
    putimage(400,30,picbldg_1^,0);
    putimage(10,250,piccar^,0);
    putimage(200,250,picman[1]^,0);
    for k:=0 to 70 do
        begin
            putimage(200+a,250,picman[no]^,0); clsgr(200+a,250,202+a,320);
            inc(no);inc(a,3);delay(250);
            if no>5 then no:=2;
        end;
        putimage(200+a,250,picman[1]^,0);
    readchar;
end;

begin
    Opengraph;
    for k:=1 to 5 do getmem(picman[k],imagesize(0,0,100,100));
    getmem(piccar,imagesize(10,0,150,100));
    getmem(picbldg_1,imagesize(100,0,300,300));
    Animation;
    for k:=1 to 5 do freemem(picman[k],imagesize(0,0,100,100));
    freemem(piccar,imagesize(10,0,150,100));
    freemem(picbldg_1,imagesize(100,0,300,300));
    closegraph;
end.

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Program Ani_3;
uses graph, crt, dos, opengr;
var k:integer;
    picwork:array[1..2] of pointer;
    picbldg_s:pointer;
{$I accumulate}

PROCEDURE ReadChar;
var regs:registers;
begin
    regs.AH:=$00; intr($16,regs);
    ch:=chr(regs.AL);
    if ch=#0 then Funckey:=Chr(regs.AH);
end;

PROCEDURE Clsgr(x1,y1,x2,y2:integer);
begin
    setviewport(x1,y1,x2,y2,clipon);
    clearviewport;
    setviewport(0,0,Getmaxx,Getmaxy,clipon);
end;

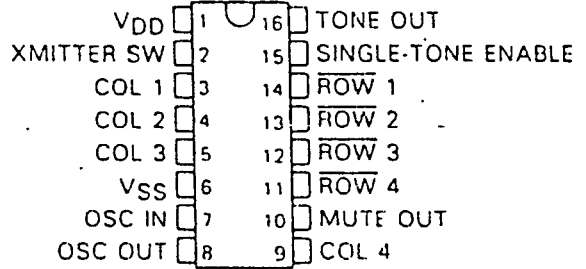
PROCEDURE Animation;
var no,wo:byte;
    k,a,b:word;
begin
    setvisualpage(1);setactivepage(0);
    Drawbldg_s(10,110,12,3,15,14,11,3,0); getimage(10,110,400,330,picbldg_s);
    Drawwork_1(270,50,1,0); getimage(270,50,313,75,picwork[1]^);
    Drawwork_2(315,50,1,0); getimage(315,50,348,75,picwork[2]^);
    setactivepage(1);
    putimage(100,50,picbldg_s^,0);
    putimage(161,212,picwork[1]^,0);
    wo:=1;
    for k:=0 to 5 do
        begin
            putimage(161,212,picwork[wo]^,0);clsgr(161,212,163,237);
            if wo=1 then
                begin
                    setfillstyle(1,10);bar(242,216,248,225);
                    setfillstyle(1,11);bar(332,216,338,225);
                    setfillstyle(1,12);bar(380,216,392,231);
                    setfillstyle(1,15);bar(410,216,422,231);
                end;
            if wo=2 then
                begin
                    setfillstyle(1,12);bar(242,216,248,225);
                    setfillstyle(1,14);bar(332,216,338,225);
                    setfillstyle(1,10);bar(380,216,392,231);
                    setfillstyle(1,6);bar(410,216,422,231);
                end;
            inc(wo); if wo>2 then wo:=1; delay(2500);
        end;
    readchar;
end;

begin
    Opengraph;
    getmem(picbldg_s,imagesize(10,110,400,330));
    for k:=1 to 2 do getmem(picwork[k],imagesize(270,50,313,75));
    Animation;
    freemem(picbldg_s,imagesize(10,110,400,330));
    for k:=1 to 2 do freemem(picwork[k],imagesize(270,50,313,75));
    closegraph;

```

- Low-Cost TV Color-Burst Crystal Sine-Wave Input Produces Highly Accurate and Stable Tones
- Device Powered Directly by Telephone or Small Batteries
- Keyboard or Electronic Input Capability
- Dual-Tone and Single-Tone Capability
- Minimal Standby Power Requirement
- Total Harmonic Distortion Meets EIA Standard RS-470
- PEP3 Processing Available
- Wide Supply-Voltage Range
- Minimal Parts Required
- Single-Tone Production Can be Inhibited
- Auxiliary Switching Outputs: One Bipolar Transistor and One CMOS Gate
- Designed to be Interchangeable with Mostek MK5087

N DUAL-IN-LINE PACKAGE
(TOP VIEW)



Caution. These devices have limited built-in gate protection. The leads should be shorted together or the device placed in conductive foam during storage or handling to prevent electrostatic damage to the MOS gates.

description

The TCM5087 tone encoder is a CMOS integrated circuit designed specifically to generate the dial tones used in dual-tone telephone dialing systems. It requires a sine-wave input normally supplied by a low-cost TV color-burst crystal at 3.579545 MHz to generate eight different audio sinusoidal frequencies. With this input the encoder generates dial tones that are very low in total harmonic distortion and comply with standard Dual Tone Multi-Frequency (DTMF) specifications without any need for frequency adjustment.

When generating a dual-tone signal, the encoder generates one column tone and one row tone and adds them for its output. The table below presents the frequencies produced by the tone encoder with the 3.579545-MHz TV-crystal signal input. Any deviation in this frequency will be reflected in the frequency output. The tolerance of the crystal is normally 0.02%.

TONE	DTMF STANDARD (Hz)	ENCODER OUTPUT* (Hz)	ERROR, FROM STANDARD* (%)
Row 1	697	701.3	+0.62
Row 2	770	771.4	+0.19
Row 3	852	857.2	+0.61
Row 4	941	935.1	-0.63
Column 1	1209	1215.9	+0.57
Column 2	1336	1331.7	-0.32
Column 3	1477	1471.9	-0.35
Column 4	1633	1645	+0.73

*Using an input signal from a 3.579545-MHz crystal.

TCM5087 TONE ENCODER

operation

keyboard and electronic inputs

The specific tone or tones generated are determined by inputs designated \overline{ROW} 1 through \overline{ROW} 4 and \overline{COLUMN} 1 through \overline{COLUMN} 4. The inputs are normally received from a 2-of-8 DTMF (DPST) keyboard, a Class A (SPST) keyboard, or an electronic circuit. Unlike dynamic or scanned inputs, the static inputs of the TCM5087 do not generate noise. See function table for input and output description.



single-tone enable input

This input inhibits the generation of single tones when taken low. All other chip functions remain unchanged. If the input is high or left open, single-tone operation is enabled.

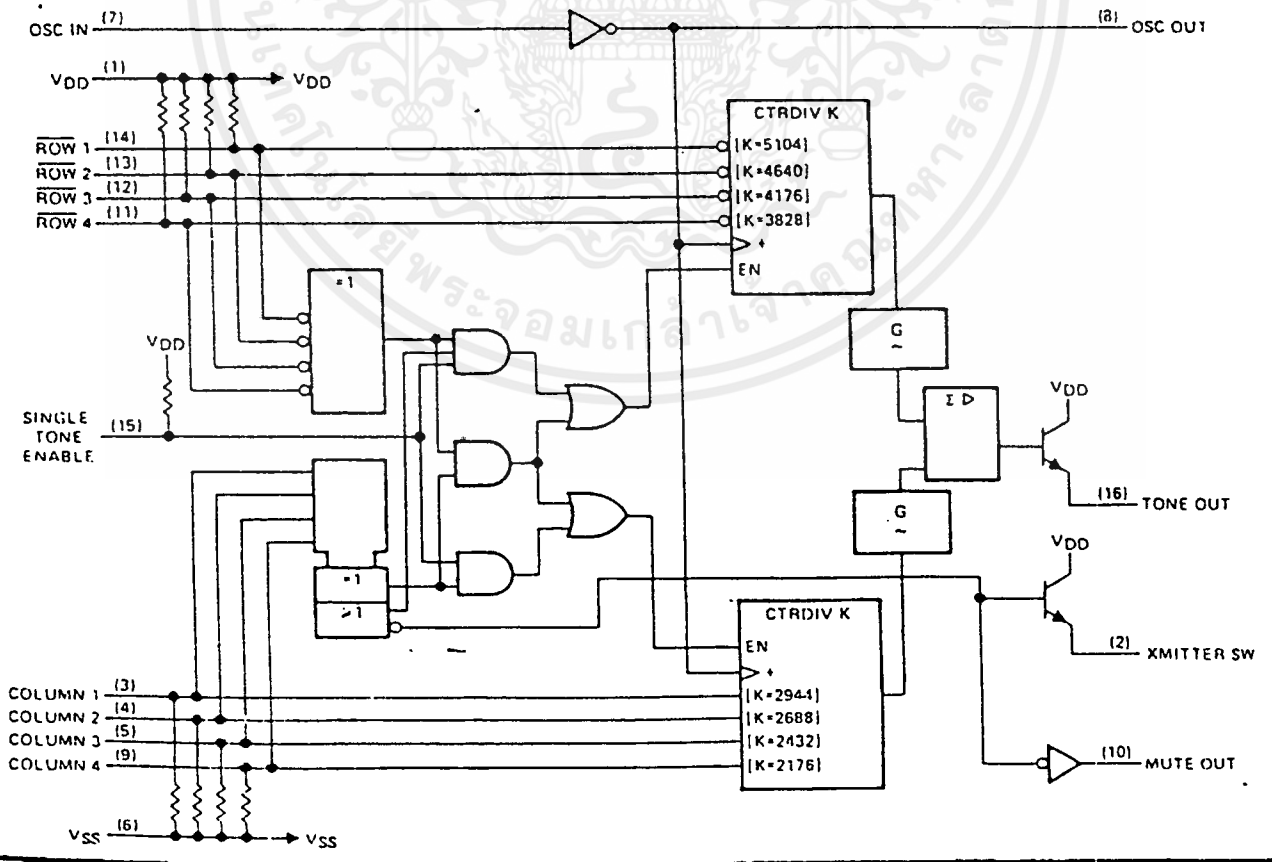
transmitter switch output

This output is at high impedance when one or more of the column inputs are active and is high when all column inputs are inactive. The output is the emitter of a bipolar transistor whose collector is at V_{DD} .

mute output

The mute output is high when one or more column inputs are active and is low when all column inputs are inactive.

functional block diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือใช้ซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลง **TEXAS INSTRUMENTS** จำหน่ายเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TONE ENCODER FUNCTION TABLE

INPUT COMBINATIONS ¹	TONE OUTPUT		MUTE OUTPUT	TRANSMITTER SWITCH OUTPUT
	PIN 15 [†] OPEN	PIN 15 [†] AT V _{SS}		
0 rows 0 columns	0	0	L	H
1 row 1 column	Row and column	Row and column	H	Hi-Z
2 or more rows 1 column	column	0	H	Hi-Z
1 row 2 or more columns	Row	0	H	Hi-Z
2 or more rows 2 or more columns	0	0	H	Hi-Z
0 rows 1 column	Column	0	H	Hi-Z
0 rows 2 or more columns	0	0	H	Hi-Z
1 or more rows 0 columns	0	0	L	H

¹Row inputs will be active (on) when the input voltage is at a low level ($V_I \leq V_{IL}$), and column inputs are active at a high input level. Under keyboard control, connecting a row input to a column input activates both.

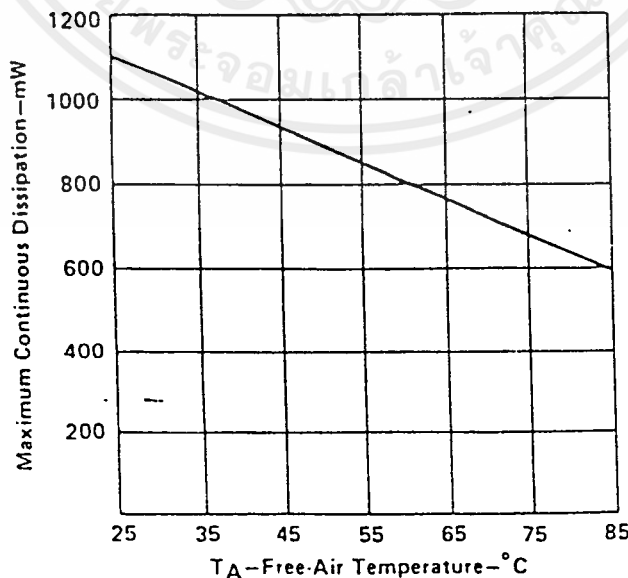
[†]Pin 15 is the single-tone disable input.

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

Supply voltage V _{DD} (see Note 1)	13.5 V
Input voltage range	-0.3 V to V _{DD} + 0.3 V
Output voltage range	-0.3 V to V _{DD} + 0.3 V
Continuous power dissipation at 25°C free-air temperature (see Note 2)	1150 mW
Operating free-air temperature range	-30°C to 70°C
Storage temperature range	-55°C to 150°C

- NOTES: 1 All voltage values are with respect to the V_{SS} terminal.
2 For operation above 25°C free-air temperature see the Dissipation Derating Curve.

DISSIPATION DERATING CURVE



4N25, 4N25A, 4N26, 4N27, 4N28

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
INPUT LED					
Forward Voltage ($I_f = 10\text{ mA}$)	$T_A = 25^\circ\text{C}$	—	1.15	1.5	Volts
	$T_A = -55^\circ\text{C}$	—	1.3	—	
	$T_A = 100^\circ\text{C}$	—	1.05	—	
Reverse Leakage Current ($V_R = 3\text{ V}$)	I_R	—	—	100	μA
Capacitance ($V = 0\text{ V}, f = 1\text{ MHz}$)	C_J	—	18	—	pF
OUTPUT TRANSISTOR					
Collector-Emitter Dark Current ($V_{CE} = 10\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$)	4N25, 25A, 26, 27	—	1	50	nA
	4N28	—	1	100	
($V_{CE} = 10\text{ V}, T_A = 100^\circ\text{C}$)	All Devices	—	1	—	μA
Collector-Base Dark Current ($V_{CB} = 10\text{ V}$)	I_{CBO}	—	0.2	—	nA
Collector-Emitter Breakdown Voltage ($I_C = 1\text{ mA}$)	$V_{(BR)CEO}$	30	45	—	Volts
Collector-Base Breakdown Voltage ($I_C = 100\text{ }\mu\text{A}$)	$V_{(BR)CBO}$	70	100	—	Volts
Emitter-Collector Breakdown Voltage ($I_E = 100\text{ }\mu\text{A}$)	$V_{(BR)ECO}$	7	7.8	—	Volts
DC Current Gain ($I_C = 2\text{ mA}, V_{CE} = 5\text{ V}$)	h_{FE}	—	500	—	—
Collector-Emitter Capacitance ($f = 1\text{ MHz}, V_{CE} = 0$)	C_{CE}	—	7	—	pF
Collector-Base Capacitance ($f = 1\text{ MHz}, V_{CB} = 0$)	C_{CB}	—	19	—	pF
Emitter-Base Capacitance ($f = 1\text{ MHz}, V_{EB} = 0$)	C_{EB}	—	9	—	pF
COUPLED					
Output Collector Current ($I_f = 10\text{ mA}, V_{CE} = 10\text{ V}$)	I_C	4N25, 25A, 26	2	7	mA
		4N27, 28	1	5	
Collector-Emitter Saturation Voltage ($I_C = 2\text{ mA}, I_f = 50\text{ mA}$)	$V_{CE(sat)}$	—	0.15	0.5	Volts
Turn-On Time ($I_f = 10\text{ mA}, V_{CC} = 10\text{ V}, R_L = 100\text{ }\Omega$)	t_{on}	—	2.8	—	μs
Turn-Off Time ($I_f = 10\text{ mA}, V_{CC} = 10\text{ V}, R_L = 100\text{ }\Omega$)	t_{off}	—	4.5	—	μs
Rise Time ($I_f = 10\text{ mA}, V_{CC} = 10\text{ V}, R_L = 100\text{ }\Omega$)	t_r	—	1.2	—	μs
Fall Time ($I_f = 10\text{ mA}, V_{CC} = 10\text{ V}, R_L = 100\text{ }\Omega$)	t_f	—	1.3	—	μs
Isolation Voltage ($f = 60\text{ Hz}, t = 1\text{ sec}$)	V_{ISO}	7500	—	—	$V_{ac(pk)}$
Isolation Resistance ($V = 500\text{ V}$)	R_{ISO}	10^{11}	—	—	Ω
Isolation Capacitance ($V = 0\text{ V}, f = 1\text{ MHz}$)	C_{ISO}	—	0.2	—	pF

TYPICAL CHARACTERISTICS

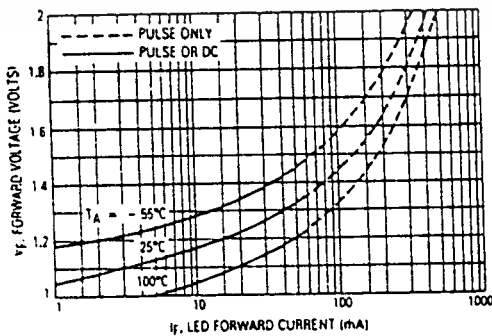


Figure 1. LED Forward Voltage versus Forward Current

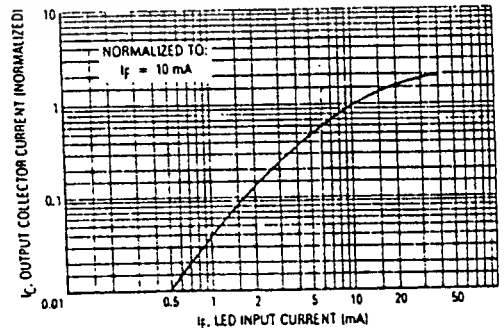


Figure 2. Output Current versus Input Current

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4N25, 4N25A, 4N26, 4N27, 4N28

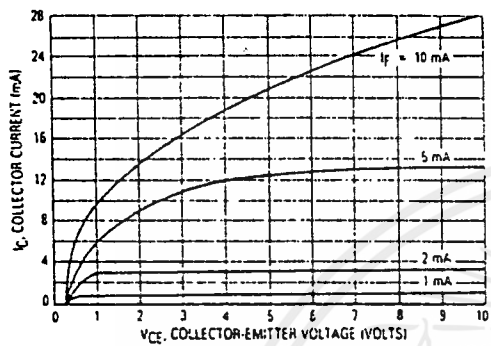


Figure 3. Collector Current versus Collector-Emitter Voltage

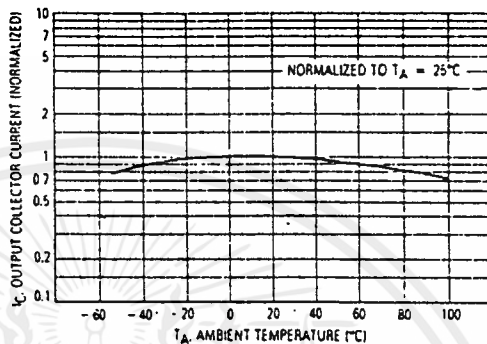


Figure 4. Output Current versus Ambient Temperature

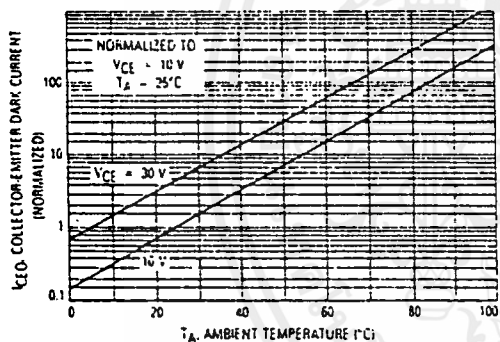


Figure 5. Dark Current versus Ambient Temperature

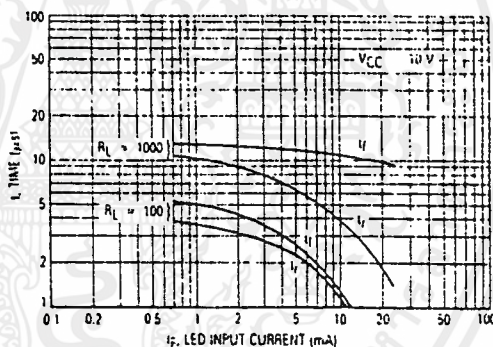


Figure 6. Rise and Fall Times

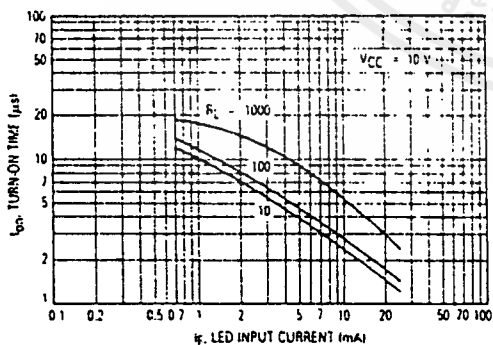


Figure 7. Turn-On Switching Times

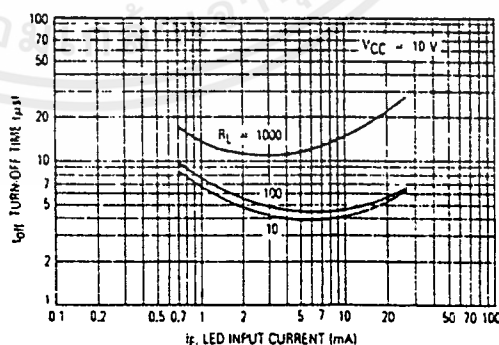
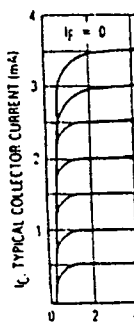
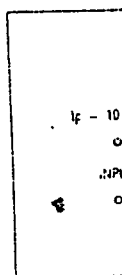


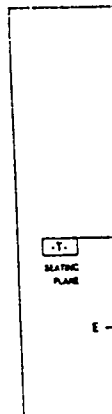
Figure 8. Turn-Off Switching Times



Figure



Figure



Figure

4N25, 4N25A, 4N26, 4N27, 4N28

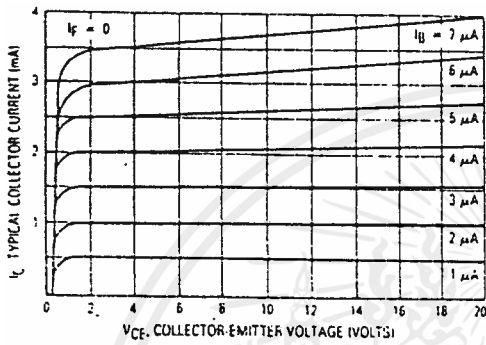


Figure 9. DC Current Gain (Detector Only)

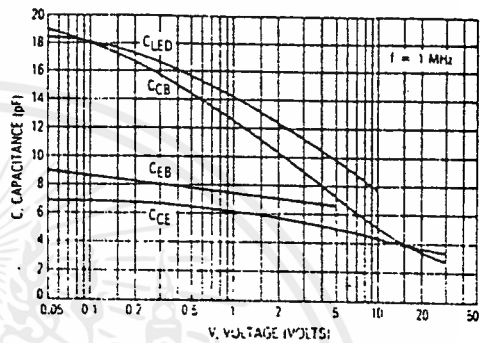


Figure 10. Capacitances versus Voltage

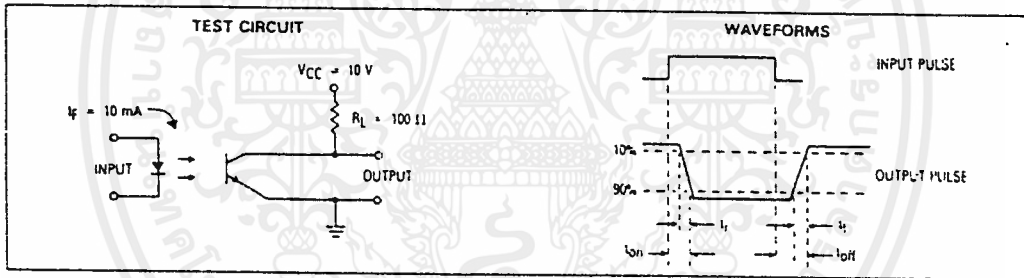
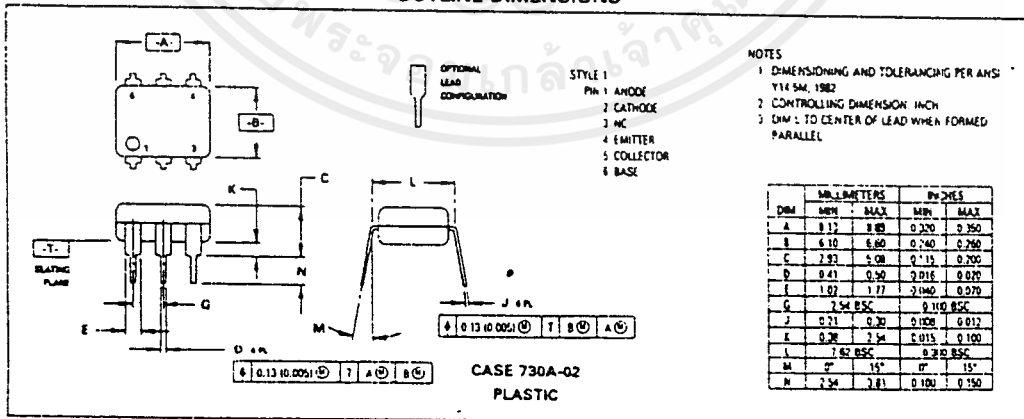


Figure 11. Switching Times

OUTLINE DIMENSIONS



6

21 S.A. 2536



MV5087

DTMF GENERATOR

The MV5087 is fabricated using Plessey Semiconductors' ISO-CMOS high density technology and offers low power and wide voltage operation. An inexpensive 3.58MHz TV crystal completes the reference oscillator. From this frequency are derived 8 different sinusoidal frequencies which, when appropriately mixed, provide Dual-Tone Multi-Frequency (DTMF) tones.

Inputs are compatible with either a standard 2-of-8, or single contact (form A), keyboard. The keyboard entries determine the correct division of the reference frequency by the row and column counters.

D-to-A conversion, using R-2R ladder networks, results in a staircase approximation of a sinewave with low total distortion.

Frequency and amplitude stability over operating voltage and temperature range are maintained within industry DTMF specifications.

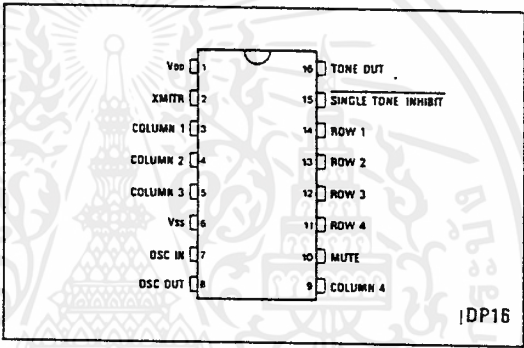


Fig.1 Pin connections - top view

FEATURES

- Pin-for-Pin Replacement for MK5087
- Low Standby Power
- Minimum External Parts Count
- 3.5V to 10V Operation
- 2-of-8 Keyboard or Calculator-Type Single Contact (Form A) Keyboard Input
- On-Chip Regulation of Output Tone
- Mute and Transmitter Drivers On-Chip
- High Accuracy Tones Provided by 3.58MHz Crystal Oscillator
- Pin-Selectable Inhibit of Single Tone Generation

APPLICATIONS

- DTMF Signalling for
 - Telephone Sets
 - Mobile Radio
 - Remote Control
 - Point-of-Sale and Banking Terminals
 - Process Control

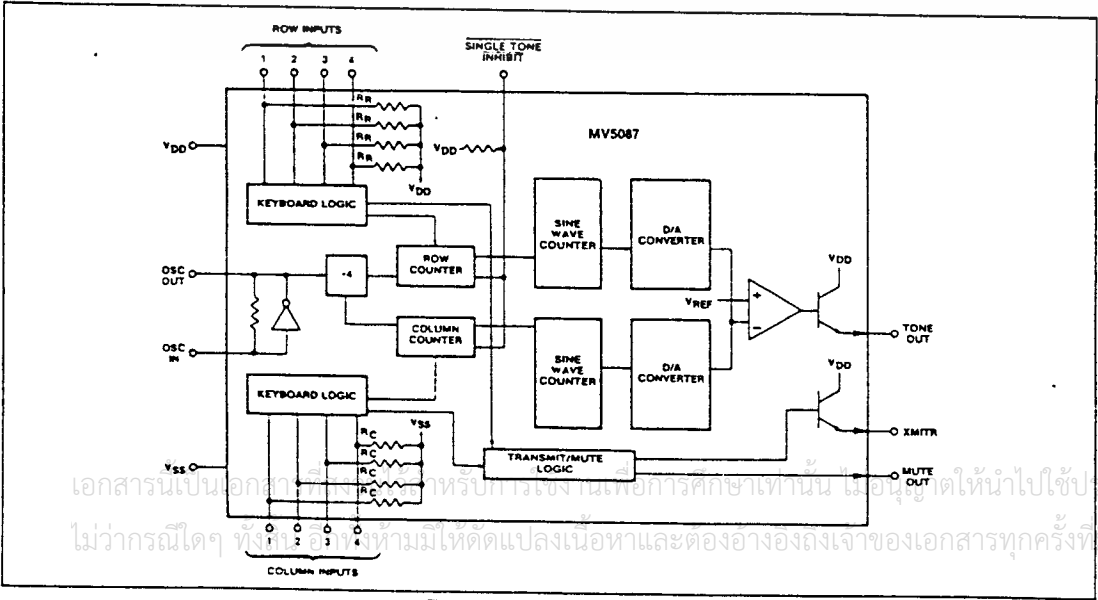


Fig.2 Functional block diagram

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.
$V_{DD} - V_{SS}$ Voltage on any pin	-0.3V	10.5V		
Current on any pin	$V_{SS} - 0.3V$	$V_{DD} + 0.3V$		
Operating temperature	-40°C	+85°C		
Storage temperature	-65°C	+150°C		
				850 mW
			Power dissipation Derate 16 mW/°C above 75°C (All leads soldered to PCB)	

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Test conditions (unless otherwise stated):
 $T_{amb} = +25^\circ C$, $V_{DD} = 3.5V$ to $10V$

CHARACTERISTICS		SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS		
S U P P L Y	Operating Supply Voltage	V_{DD}	3.5		10	V	Ref. to V_{SS}	
	Standby Supply Current	I_{DDS}		0.2	100	μA	$V_{DD} = 3.5V$ No Key Depressed All outputs Unloaded	
				0.5	200	μA	$V_{DD} = 10V$	
Operating Supply Current	I_{DD}		1.0	2.0	mA	$V_{DD} = 3.5V$ One Key Depressed		
			5.0	10.0	mA	$V_{DD} = 10V$ All outputs Unloaded		
I N P U T S	SINGLE TONE INHIBIT	V_{IH}	$0.7V_{DD}$		V_{DD}	V		
	INPUT HIGH VOLTAGE	V_{IH}	0		$0.3V_{DD}$	V		
	INPUT LOW VOLTAGE	V_{IL}		60		K Ω		
	INPUT RESISTANCE	R_{IN}				V		
ROW 1-4	INPUT HIGH VOLTAGE	V_{IH}	$0.9V_{DD}$			V		
	INPUT LOW VOLTAGE	V_{IL}			$0.3V_{DD}$	V		
COLUMN 1-4	INPUT HIGH VOLTAGE	V_{IH}	$0.7V_{DD}$			V		
	INPUT LOW VOLTAGE	V_{IL}			$0.1V_{DD}$	V		
O U T P U T S	XMTR	SOURCE CURRENT	I_{OH}	-15	-25		mA	$V_{DD} = 3.5V, V_{OH} = 2.5V$ No Keyboard Entry
				-50	-100		mA	$V_{DD} = 10V, V_{OH} = 8V$
	MUTE	LEAKAGE CURRENT	I_{OZ}		0.1	10	μA	$V_{DD} = 10V, V_{OH} = 0V$ Keyboard Entry
			I_{OL}	0.5			mA	$V_{DD} = 3.5V, V_{OL} = 0.5V$ No Keyboard Entry
SOURCE CURRENT	I_{OH}		-0.5			mA	$V_{DD} = 10V, V_{OL} = 0.5V$ Keyboard Entry	
			-1.0			mA	$V_{DD} = 3.5V, V_{OH} = 3.0V$ $V_{DD} = 10V, V_{OH} = 9.5V$	

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Test conditions (unless otherwise stated):
 $T_{amb} = +25^\circ C$, $V_{DD} = 3.5V$ to $10V$

CHARACTERISTICS		SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	
TONE OUT	ROW TONE OUTPUT VOLTAGE	V_{OR}	320	400	500	mV _{RMS}	Single Tone $R_L = 1K\Omega$
	COLUMN TONE OUTPUT VOLTAGE	V_{OC}	400	500	630	mV _{RMS}	
	EXTERNAL LOAD IMPEDANCE	R_L	700			Ω	$V_{DD} = 3.5V$ $V_{DD} = 10V$
OUTPUT DISTORTION					-20	dB	Total out-of-band power relative to sum of row and column fundamental power
PRE EMPHASIS, High Band			f	3	3	dB	
Tone Output Rise Time		t_r		3	5	ms	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN FUNCTIONS

PIN	NAME	DESCRIPTION
1	V _{DD}	Positive Power Supply
2	XMITR	Emitter output of a bipolar transistor whose collector is connected to V _{DD} . With no keyboard input this output remains at V _{DD} and a keyboard input changes the output to a high impedance state. The state of Single Tone Inhibit input has no effect on XMITR output.
3,4,5,9	Column 1-4	These inputs are held at V _{SS} by resistors R _C and sense a valid logic level (approx 1/2 V _{DD}) when tied to a Row input.
6	V _{SS}	Negative Power Supply (OV)
7,8	OSC In, OSC Out	On-chip inverter completes the oscillator when a 3,579545 MHz crystal is connected to these pins. OSC In is the inverter input and OSC Out is the output.
10	Mute	This CMOS Output switches to V _{SS} with no keyboard input and to V _{DD} with a keyboard input. This output is unaffected by the state of Single Tone Inhibit.
11,12,13,14	Row 1-4	These inputs are held at V _{DD} by resistors R _R and sense a valid logic level (Approx 1/2 V _{DD}) when tied to a column input.
15	Single Tone Inhibit	This input has a pull-up resistor to V _{DD} and when left unconnected or tied to V _{DD} , single or dual tones may be generated. When V _{SS} is applied dual tones only are generated and no input combinations will cause generation of a single tone.
16	Tone Out	Emitter output of a bipolar NPN transistor whose collector is tied to V _{DD} . Input to this transistor is from an op-amp which mixes, and regulates the output level of, the row and column tones.

ROW AND COLUMN INPUTS

These inputs are compatible with the standard 2-of-8 keyboard, single contact (form A) keyboard and electronic input. Figures 3 and 4 show these input configurations, and Fig. 5 shows the internal structure of these inputs.

When operating with a keyboard, dual tones are generated when any single button is pushed. Single tones are generated when more than one button is pushed in any row

or column. No tones are generated when diagonally-positioned buttons are simultaneously pressed.

An electronic input to a single column generates that single column tone. Inputs to multiple columns generates no tone. An electronic input to a single row generates no tone and a single row tone may be generated only by activating 2 columns and the desired row.

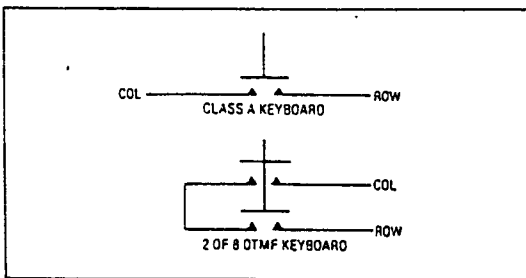


Fig.3 Keyboard configuration

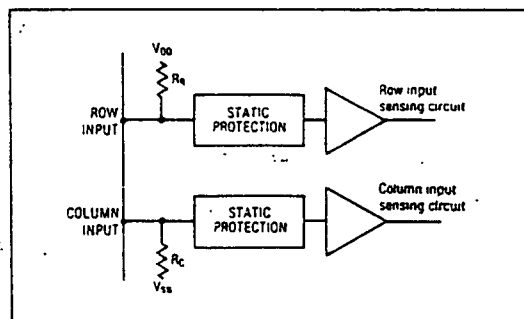


Fig.5 Row and column inputs

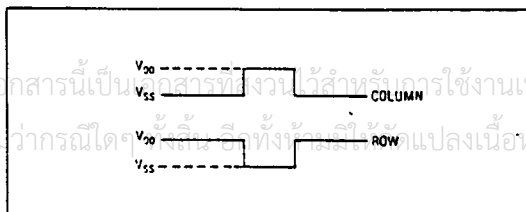


Fig.4 Electronic input

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบุคลากรใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น สิทธิทั้งหมดนี้สงวนไว้แก่ผู้แต่งเอกสารและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OUTPUT FREQUENCY

Table 1 shows the output frequency deviation from the standard DTMF frequencies when a 3.58MHz crystal is used as the reference.

The row and column output waveforms are digitally synthesised using R-2R D-to-A converters (see Fig.6), resulting in a 'staircase' approximation to a sinewave. An op-amp mixes these tones to produce a dual-tone waveform. Single tone distortion is typically better than 7% and all distortion components of the mixed dual-tone should be -30dB relative to the strongest fundamental (column tone).

	Standard DTMF (Hz)	Tone Output Frequency Using 3.579545 MHz Crystal	% Deviation From Standard	
Row	f ₁ 697	701.3	+0.62	Low Group
	f ₂ 770	771.4	+0.19	
	f ₃ 852	857.2	+0.61	
	f ₄ 941	935.1	-0.63	
Column	f ₅ 1209	1215.9	+0.57	High Group
	f ₆ 1336	1331.7	-0.32	
	f ₇ 1477	1471.9	-0.35	
	f ₈ 1633	1645.0	+0.73	

Table 1 Output frequency deviation

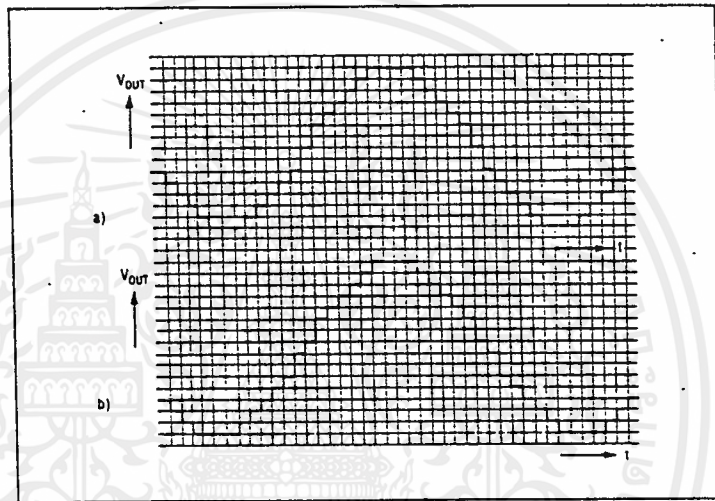


Fig.6 Typical sinewave output (a) Row tones (b) Column tones

DISTORTION MEASUREMENTS

THD for the single tone is defined by:

$$100 \left(\frac{\sqrt{V_{2f}^2 + V_{3f}^2 + V_{4f}^2 + \dots + V_{nf}^2}}{V_{\text{fundamental}}} \right) \%$$

Where V_{2f} - V_{nf} are the Fourier components of the waveform.

THD for the dual-tone is defined by:

$$100 \left(\frac{\sqrt{V_{2R}^2 + V_{3R}^2 + \dots + V_{nR}^2 + V_{2C}^2 + V_{3C}^2 + \dots + V_{nC}^2 + V_{\text{IMD}}^2}}{\sqrt{V_{\text{ROW}}^2 + V_{\text{COL}}^2}} \right)$$

- where V_{ROW} is the row fundamental amplitude
- V_{COL} is the column fundamental amplitude
- V_{2R} - V_{nR} are the Fourier component amplitudes of the row frequencies
- V_{2C} - V_{nC} are the Fourier component amplitudes of the column frequencies
- V_{IMD} is the sum of all intermodulation components.

MV5087

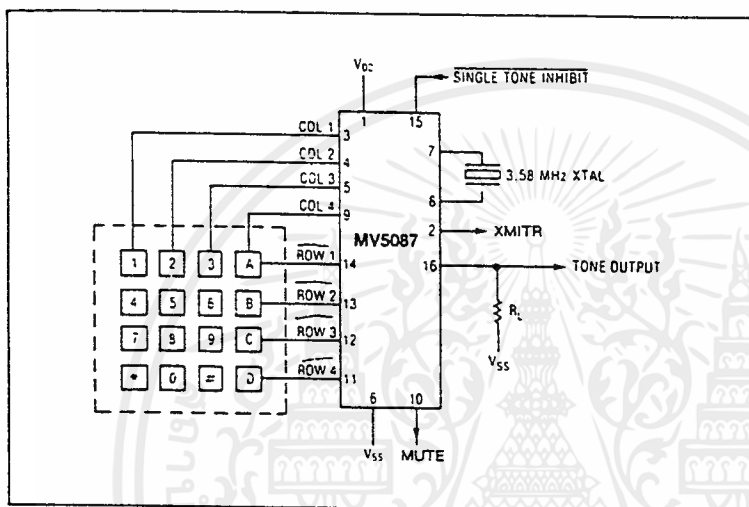


Fig.7 Connection diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5404/7404 Hex Inverter

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL																																														
	Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package																																												
	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF																																											
T.I.	SN54S04	J	C		W	I		SN54M04	J	C		W	I		SN54LS04	J	C		W	I		SN5404	J	C		W	I		SN54L04	J	C		W	I		SN74S04	J	C		W	I		SN7404	J	C		W	I		SN74LS04	J	C		W	I		SN74L04	J	C		W	I	
FAIRCHILD	FMS4S04/FM9S04	D	C					FMS4M04/FM9M04	D	C					FMS4LS04/FM9LS04	D	C					FMS404/FM904	D	C					FMS4L04/FM9L04	D	C																																
MOTOROLA								MC3108	L	C					MC5404	L	C					MC7404	L	C																																							
N.S.C.	DM74S04							DM74M04						DM74LS04							DM5404							DM7404							DM54L04							DM74L04																					
PHILIPS	N74S04							N74M04						N74LS04							S5404							N7404																																			
SIGNETICS	S54S04	F	C					S54M04	F	C				N74LS04							N7404																																										
SIEMENS																					FLH211																																										
FUJITSU														74LS04							MS618																																										
HITACHI	HD74S04													HD74LS04							HD7404/HD2522																																										
MITSUBISHI	M55004													M74LS04							M53204																																										
NEC	74S04													74LS04							μ PB235																																										
TOSHIBA																					TD3404A																																										

Electrical Characteristics SN54LS04/SN74LS04

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage V _{CC}	7V	Operating power temperature range	SN54LS	-55°C to 125°C
Input voltage	7V	Storage temperature range	SN74LS	0°C to 70°C
				-65°C to 150°C

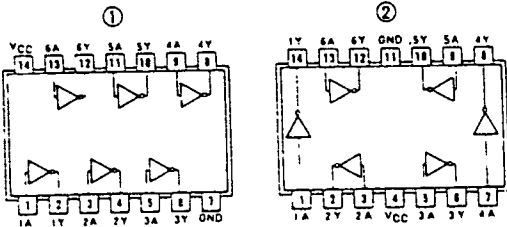
recommended operating conditions

	SN54LS04			SN74LS04			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage V _{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current I _{OH}			-400			-400	μ A
Low-level output current I _{OL}			4			8	mA
Operating power temperature T _a	-55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

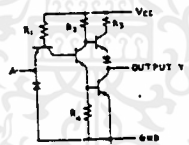
PARAMETER	TEST CONDITIONS 1	MIN	TYP 3	MAX	UNIT	
V _{IH}	High-level input voltage		2		V	
V _{IL}	Low-level input voltage		0.8		V	
V _I	Input clamp voltage	V _{CC} = MIN, I _I = -18 mA		-1.5	V	
V _{OH}	High-level output voltage	V _{CC} = MIN, V _{IH} = V _{IH} max, I _{OH} = MAX	2.7	3.4	V	
V _{OL}	Low-level output voltage	V _{CC} = MIN, V _{IL} = 2V, I _{OL} = 4mA		0.4	V	
I _I	input current at maximum input voltage	V _{CC} = MAX, V _I = 7V		0.1	mA	
I _{IH}	High-level input current	V _{CC} = MAX, V _{IH} = 2.7V		20	μ A	
I _{IL}	Low-level input current	V _{CC} = MAX, V _{IL} = 0.4V		-0.4	mA	
I _{OS}	Short-circuit output current *	V _{CC} = MAX	54LS Family	-20	-100	mA
I _{CCM}	Supply current	V _{CC} = MAX	Total, outputs high	1.2	2.4	mA
I _{CCL}	Supply current	V _{CC} = MAX	Total, outputs low	3.6	6.6	mA
I _{CC}	Supply current	V _{CC} = 5V	Average per gate (50% duty cycle)	0.4		mA
t _{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output	V _{CC} = 5V, T _a = 25°C, C _L = 15PF, R _L = 2K Ω		9	15	ns
t _{PLL}	Propagation delay time, high-to-low-level output	V _{CC} = 5V, T _a = 25°C, C _L = 15PF, R _L = 2K Ω		10	15	ns

Pin Assignments (Top View)



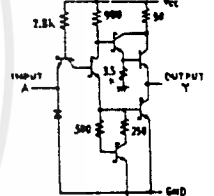
positive logic:
Y = \bar{A}

Schematics (each gate)

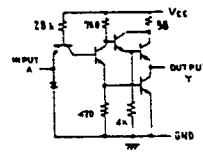


CIRCUIT 1 R1 R2 R3 R4
'04 4M 10M 100 1K
'L04 40K 20K 100 12K

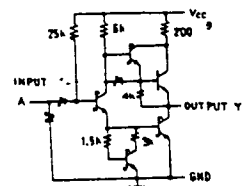
Input clamp diodes not on SN54LS04/SN74LS04 circuits.



'S04 CIRCUIT



'H04 CIRCUIT



'LS04 CIRCUIT

Resistor values shown are nominal and in ohms.

* For conditions shown, 25 MIN or MAX use the appropriate value specified under recommended operating conditions
 1. 2.1. typical values are at V_{CC} = 5V, T_a = 25°C
 * Note: more than one output should be shorted at a time, and for SN54M, SN74M and SN54S, SN74S duration of short-circuit should not exceed 1 second

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

54138/74138 3-Line-to-8-Line Decoder

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL				
	Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			
		C	P	MICF		C	P	MICF		C	P	MICF		C	P	MICF		C	P	MICF	
T.I.	SN54S138	J	Q	W					SN54LS138	J	Q	W									
	SN74S138	J	Q	W					SN74LS138	J	Q	W									
FAIRCHILD	74S138	J	Q	W					74LS138	J	Q	W									
	74LS138	J	Q	W					74ALS138	J	Q	W									
MOTOROLA									SN74LS138	J	Q	W									
N.S.C.	DM74S138	J	Q	W					DM74LS138	J	Q	W									
									DM54LS138	J	Q	W									
PHILIPS	N74S138	J	Q	W					N74LS138	J	Q	W									
SIGNETICS	SS4S138	J	Q	W					N74LS138	J	Q	W									
	N74S138	J	Q	W																	
SIEMENS																					
FUJITSU									74LS138	J	Q	W									
HITACHI									HD74LS138	J	Q	W									
MTSUBISHI	M74S138	J	Q	W					M74LS138	J	Q	W									
NEC									74LS138	J	Q	W									
TOSHIBA																					

Electrical Characteristics SN54LS138/SN74LS138

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V _{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS	-55°C to 125°C
Input voltage	7V		SN74LS	0°C to 70°C
		Storage temperature range		-65°C to 150°C

recommended operating conditions

	SN54LS138			SN74LS138			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V _{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I _{OH}			400			400	mA
Low-level output current, I _{OL}			4			8	mA
Operating free-air temperature, T _A	-55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER*	TEST CONDITIONS†	MIN	TYP‡	MAX	UNIT		
V _{IH}	High-level input voltage		2		V		
V _{IL}	Low-level input voltage			0.8	V		
V _I	Input clamp voltage			1.5	V		
V _{OH}	High-level output voltage	V _{CC} = MIN, V _{IH} = 2V, I _{OH} = 400 μA	2.5	3.4	V		
		V _{CC} = MAX, V _{IH} = 2V, I _{OH} = 400 μA	2.7	3.4	V		
V _{OL}	Low-level output voltage	V _{CC} = MIN, V _{IL} = 0.8V, I _{OL} = 8mA	0.35	0.5	V		
I _I	Input current at maximum input voltage	V _{CC} = MAX, V _I = 7V		0.1	mA		
I _{IH}	High-level input current	V _{CC} = MAX, V _I = 2.7V		20	μA		
I _{IL}	Low-level input current	V _{CC} = MAX, V _I = 0.4V		0.4	mA		
I _{OS}	Short-circuit output current*	V _{CC} = MAX	-20	-100	mA		
I _{CC}	Supply current	V _{CC} = MAX, Outputs enabled and open	6.3	10	mA		
t _{PLH}	from Binary select	V _{CC} = 5V, T _A = 25°C, C _L = 150pF, R _L = 2kΩ	levels of delay	2	13	20	ns
t _{PHL}				27	41		
t _{PLM}				3	18	27	ns
t _{PML}	to Any output			2	26	39	ns
t _{PLH}				2	12	18	ns
t _{PML}	from Enable			2	21	32	ns
t _{PML}				3	17	26	ns
t _{PML}	to Any output			3	25	38	ns
t _{PML}							

* For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions for the applicable device type.

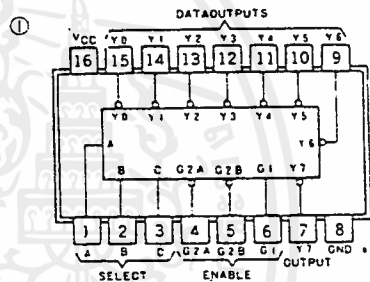
† All typical values are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.

‡ Not more than one output should be shorted at a time and duration of the short-circuit test should not exceed one second.

* t_{PLH} = propagation delay time, low-to-high-level output.

t_{PML} = propagation delay time, high-to-low-level output.

Pin Assignment (Top View)



positive logic: see function table

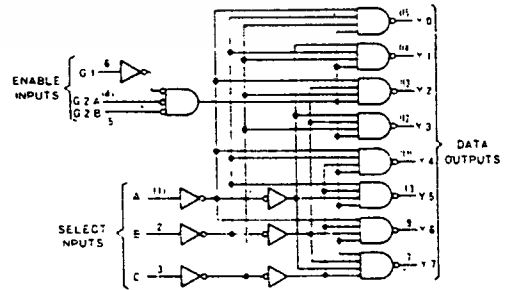
Function Table

*S138*LS138

INPUTS		OUTPUTS							
ENABLE	SELECT	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7
G1	G2	C	B	A					
X	H	X	X	X	H	H	H	H	H
L	X	X	X	X	H	H	H	H	H
H	L	L	L	L	L	H	H	H	H
H	L	L	L	L	H	L	H	H	H
H	L	L	L	L	H	H	L	H	H
H	L	L	L	L	H	H	H	L	H
H	L	L	L	L	H	H	H	H	L
H	L	L	L	L	H	H	H	H	L
H	L	L	L	L	H	H	H	H	L
H	L	L	L	L	H	H	H	H	L
H	L	L	L	L	H	H	H	H	L
H	L	L	L	L	H	H	H	H	L
H	L	L	L	L	H	H	H	H	L
H	L	L	L	L	H	H	H	H	L

* G2 = G2A - G2B
H = high level, L = low level, X = irrelevant

Functional Block Diagram



*S138*LS138 DECODER/DEMULTIPLEXER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ISO²-CMOS MT8870C/MT8870C-1 Integrated DTMF Receiver

Features

- Complete DTMF Receiver
- Low Power Consumption
- Internal Gain Setting Amplifier
- Adjustable Guard Time
- Central Office Quality
- Power-down Mode
- Inhibit Mode

Applications

- Receiver System for British Telecom (BT) or CEPT Spec (MT8870C-1)
- Paging Systems
- Repeater Systems/Mobile Radio
- Credit Card Systems
- Remote Control
- Personal Computers
- Telephone Answering Machine

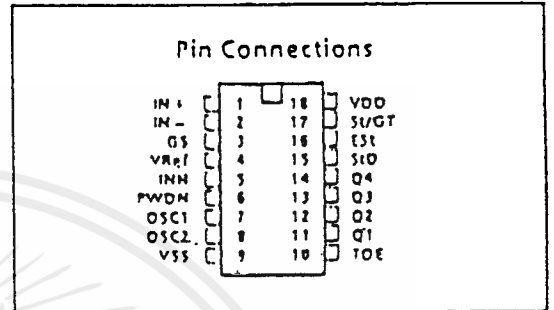
Description

The MT8870C/MT8870C-1 is a complete DTMF receiver integrating both the bandsplit filter and digital decoder functions, fabricated in Mitel's double poly ISO²-CMOS technology. The filter section uses switched capacitor techniques for

9161-002-094-NA

ISSUE 1

November 1987



Ordering Information

MT8870CE/MT8870CE-1 Plastic DIP
 MT8870CC/MT8870CC-1 GerBip
 MT8870CS/MT8870CS-1 SOIC
 -40°C to +85°C

high and, low group filters; the decoder uses digital counting techniques to detect and decode all 16 DTMF tone-pairs into a 4-bit code. External component count is minimized by on chip provision of a differential input amplifier, clock oscillator and latched three-state bus interface.

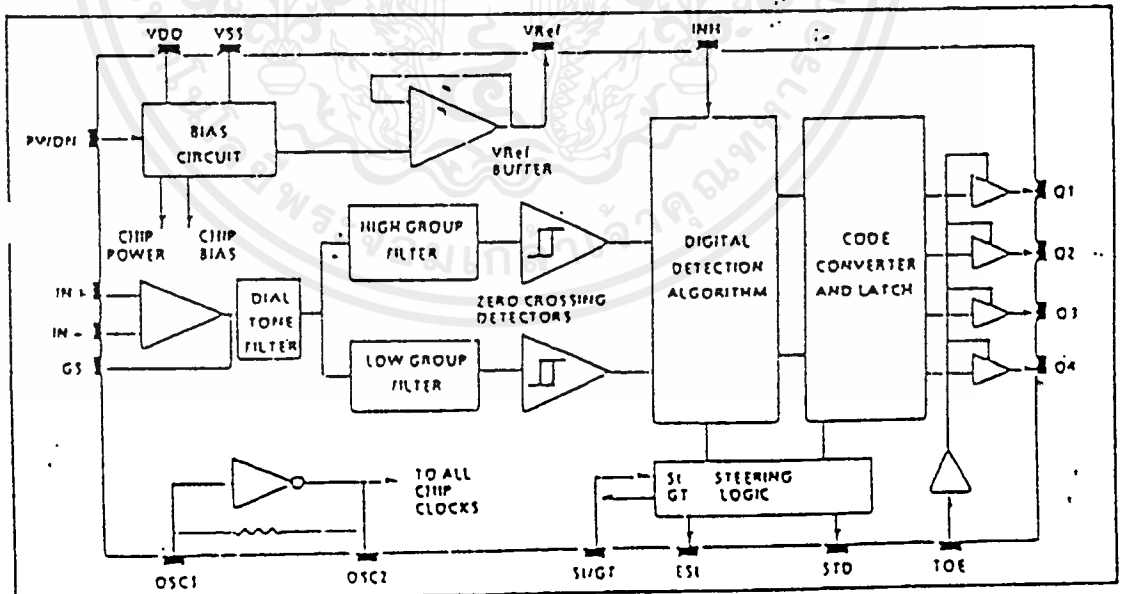


Figure 1 - Functional Block Diagram

MT8870C/MT8870C-1 ISO².CMOS

Absolute Maximum Ratings

	Parameter	Symbol	Min	Max	Units
1	DC Power Supply Voltage	V_{DD}		6	V
2	Voltage on any pin	V_I	$V_{SS} - 0.3$	$V_{DD} + 0.3$	V
3	Current at any pin (other than supply)	I_I		10	mA
4	Storage temperature	T_{STG}	-65	+150	°C
5	Package power dissipation	P_D		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

	Parameter	Sym	Min	Typ	Max	Units	Test Conditions
1	DC Power Supply Voltage	V_{DD}	4.75	5.0	5.25	V	
2	Operating Temperature	T_O	-40		+85	°C	
3	Crystal/Clock Frequency	f_c		3.579545		MHz	
4	Crystal/Clock Freq. Tolerance	Δf_c		± 0.1		%	

* Typical figures are at 25°C and are for design aid only; not guaranteed and not subject to production testing.

DC Electrical Characteristics - $V_{DD} = 5.0V \pm 5\%$, $V_{SS} = 0V$, 40°C $\leq T_D \leq 85^\circ C$, unless otherwise stated

	Characteristics	Sym	Min	Typ	Max	Units	Test Conditions	
1	S U P P L Y	Standby supply current	I_{DD0}		100	μA	$PW_{DN} = V_{DD}$	
2		Operating supply current	I_{DD1}	3.0	9.0	mA		
3		Power consumption	P_D	15	50	mW	$f_c = 3.579545$ MHz	
4	I N P U T	High level input	V_{IH}	3.5		V	$V_{DD} = 5.0V$	
5		Low level input voltage	V_{IL}			1.5	V	$V_{DD} = 5.0V$
6		Input leakage current	I_{IH}/I_{IL}		0.1	μA	$V_{IN} = V_{SS}$ or V_{DD}	
7		Pull up (source) current	I_{C0}		7.5	20	μA	TOE (pin 10) = 0, $V_{DD} = 5.0V$
8		Pull down (sink) current	I_{S1}		15	45	μA	$I_{N1} = 5.0V$, $PW_{DN} = 5.0V$, $V_{DD} = 5.0V$
9		Input impedance (I_{N+} , I_{N-})	R_{IN}		10		$M\Omega$	@ 1 kHz
10		Steering threshold voltage	V_{IS1}	2.2		2.5	V	$V_{DD} = 5.0V$
11	O U T P U T	Low level output voltage	V_{OL}		$V_{SS} + 0.03$	V	No load	
12		High level output voltage	V_{OH}	$V_{DD} - 0.03$			V	No load
13		Output low (sink) current	I_{OL}	1.0	2.5		mA	$V_{OUT} = 0.4$ V
14		Output high (source) current	I_{OH}	0.4	0.8		mA	$V_{OUT} = 4.6$ V
15		V_{REF} output voltage	V_{REF}	2.4		2.7	V	No load, $V_{DD} = 5.0V$
16		V_{REF} output resistance	R_{ON}		10		$k\Omega$	

* Typical figures are at 25°C and are for design aid only; not guaranteed and not subject to production testing.

ISO²-CMOS MT8870C/MT8870C-1

Operating Characteristics - $V_{DD} = 5.0V \pm 5\%$, $V_{SS} = 0V$, $-40^\circ C \leq T_O \leq +85^\circ C$, unless otherwise stated.
Gain Setting Amplifier

	Characteristics	Sym	Min	Typ ¹	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 Ω	
3	Input offset voltage	V_{OS}			25	mV	
4	Power supply rejection	PSRR	50			dB	1 kHz
5	Common mode rejection	CMRR	40			dB	$-3.0V \leq V_{IN} \leq 3.0V$
6	DC open loop voltage gain	A_{VOL}	32			dB	
7	Unity gain bandwidth	f_c	0.30			MHz	
8	Output voltage swing	V_O	4.0			V_{DD}	Load $\geq 100 k\Omega$ to V_{SS}
9	Maximum capacitive load (GS)	C_L			100	pF	
10	Maximum resistive load (GS)	R_L			50	k Ω	
11	Common mode range	V_{CM}	2.5			V_{DD}	No Load

MT8870C AC Electrical Characteristics - $V_{DD} = 5.0V \pm 5\%$, $V_{SS} = 0V$, $-40^\circ C \leq T_O \leq +85^\circ C$; using Test Circuit shown in Figure 2.

	Characteristics	Sym	Min	Typ ¹	Max	Units	Notes [*]
1	Valid input signal levels (each tone of composite signal)		-29			dBm	1, 2, 3, 5, 8, 9
			-27.5			mV _{RMS}	1, 2, 3, 5, 8, 9
					+1	dBm	1, 2, 3, 5, 8, 9
					869	mV _{RMS}	1, 2, 3, 5, 8, 9
2	Negative twist accept				6	dB	2, 3, 6, 9
3	Positive twist accept				6	dB	2, 3, 6, 9
4	Frequency deviation accept		$\pm 1.5\% \pm 2 \text{ Hz}$				2, 3, 5, 9
5	Frequency deviation reject		$\pm 3.5\%$				2, 3, 5, 9
6	Third tone tolerance			-16		dB	2, 3, 4, 5, 9, 10
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

¹Typical figures are at 25°C and are for design aid only; not guaranteed and not subject to production testing.

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 $\pm 1.5\% \pm 2 \text{ Hz}$.
7. Bandwidth limited (3 kHz) 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 standard DTMF calculation purposes.

MT8870C/MT8870C-1 ISO²-CMOS

MT8870C-1 AC Electrical Characteristics¹. $V_{DD} = 5.0V \pm 5\%$, $V_{II} = 0V$, $-40^\circ C \leq T_o \leq 85^\circ C$, using Test Circuit shown in Figure 2.

	Characteristics	Sym	Min	Typ ²	Max	Units	Notes ³
1	Valid input signal levels (each tone of composite signal)		-31		+1	dBm	$V_{DD} = 5.0V$ 1, 2, 3, 5, 6, 9
			21.8		869	mV _{RMS}	
2	Input Signal Level Reject		-37		.	dBm	$V_{DD} = 5.0V$ 1, 2, 3, 5, 6, 9
			10.9			mV _{RMS}	
3	Negative twist accept				6	dB	2, 3, 6, 9
4	Positive twist accept				6	dB	2, 3, 6, 9
5	Frequency deviation accept		$\pm 1.5\% \pm 2 \text{ Hz}$				2, 3, 5, 9
6	Frequency deviation reject.		$\pm 3.5\%$				2, 3, 5, 9
7	Third tone tolerance		-18.5			dB	2, 3, 4, 5, 9, 13
8	Noise tolerance			-12		dB	2, 3, 4, 5, 7, 9, 10
9	Dial tone tolerance			+22		dB	2, 3, 4, 5, 8, 9, 11

¹Typical figures are at 25°C and are for design aid only; not guaranteed and not subject to production testing.

²NOTES

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 $\pm 1.5\% \pm 2 \text{ Hz}$.
7. Bandwidth limited (3 kHz) 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.
13. Referenced to Fig. 10 Input DTMF tone level at -25dBm (-28dBm at G3 Pin) Interference frequency range between 480-3400Hz.

ISO²-CMOS MT8870C/MT8870C-1

AC Electrical Characteristics - $V_{DD} = 5.0V \pm 3\%$, $V_{IH} = 0V$, $-40^\circ C \leq T_a \leq +85^\circ C$, using Test Circuit shown in Figure 2.

		Characteristics	Sym	Min	Typ ¹	Max	Units	Conditions
TIMING	1	Tone present detect time	t_{OP}	5	11	14	ms	Note 12
	2	Tone absent detect time	t_{OA}	0.5	4	8.5	ms	Note 12
	3	Tone duration accept	t_{REC}			40	ms	User adjustable
	4	Tone duration reject	t_{REJ}	20			ms	User adjustable
	5	Interdigit pause accept	t_{IP}			40	ms	User adjustable
	6	Interdigit pause reject	t_{IPR}	20			ms	User adjustable
OUTPUTS	7	Propagation delay (St to Q)	t_{PQ}		8	11	μs	TOE = V_{DD}
	8	Propagation delay (St to StD)	t_{PStD}		12	16	μs	TOE = V_{DD}
	9	Output data set up (Q to StD)	t_{QStD}		3.4		μs	TOE = V_{DD}
	10	Propagation delay (TOE to Q ENABLE)	t_{PTE}		50		ns	load of 10 k Ω , 50 pF
	11	Propagation delay (TOE to Q DISABLE)	t_{PTrD}		300		ns	load of 10 k Ω , 50 pF
CLOCK	12	Crystal/clock frequency	f_c	3.5759	3.5795	3.5831	MHz	
	13	Clock Input rise time	t_{MCL}			110	ns	Ext. clock
	14	Clock Input fall time	t_{MLC}			110	ns	Ext. clock
	15	Clock Input duty cycle	DCCL	40	50	60	%	Ext. clock
	16	Capacitive load (OSC2)	C_{CL}			30	pF	

¹ Typical figures are at 25°C and are for design aid only; not guaranteed and not subject to production testing.

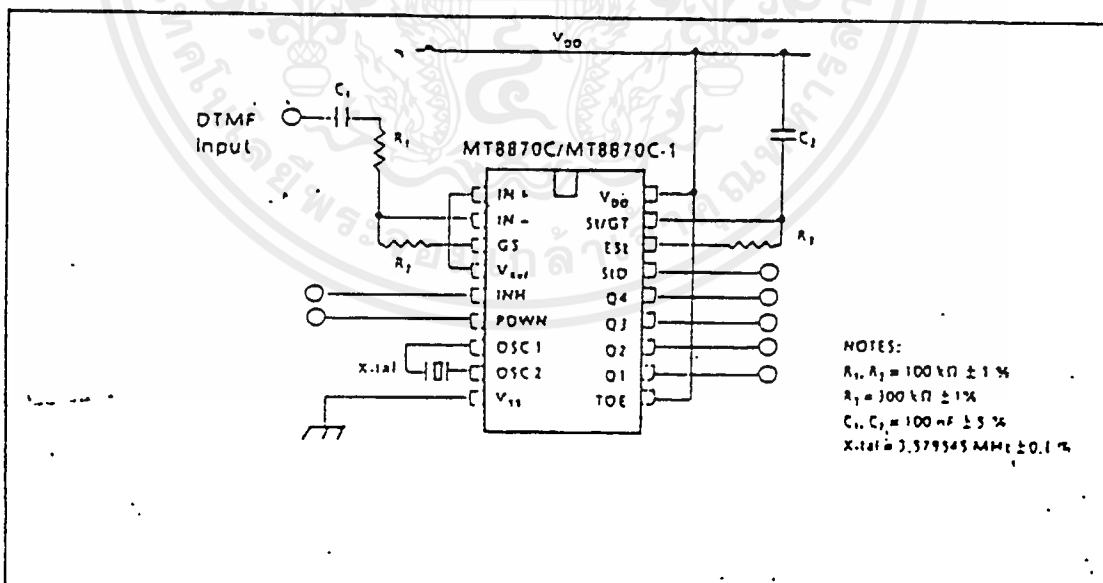


Figure 2 - Single-Ended Input Configuration

MT8870C/MT8870C-1 ISO²-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 _{Ref}	Reference Voltage (Output). Nominally V _{DD} /2 is used to bias inputs at mid-rail (see Fig.2).
5	INH	Inhibit (Input). Logic high inhibits the detection of tones representing characters A, B, C and D. This pin input is internally pulled down.
6	PWDN	Power Down (Input). Active high. Powers down the device and inhibits the oscillator. This pin input is internally pulled down.
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 _{SS}	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	SID	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 SI/GT falls below V _{TS1} .
16	EST	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 EST to return to a logic low.
17	SI/GT	Steering Input/Guard time (Output) Bidirectional. A voltage greater than V _{TS1} detected at SI causes the device to register the detected tone pair and update the output latch. A voltage less than V _{TS1} 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 EST and the voltage on SI.
18	V _{DD}	Positive power supply (Input).

MT8870C/MT8870C-1 ISO²-CMOS

Functional Description

The MT8870C/MT8870C-1 monolithic DTMF receiver offers small size, low power consumption and high performance. Its architecture consists of a bandsplit filter section, which separates the high and low group tones, followed by a digital counting section which verifies the frequency and duration of the received tones before passing the corresponding code to the output bus.

Filter Section

Separation of the low-group and high group tones is achieved by applying the DTMF signal to the inputs of two sixth-order switched capacitor bandpass filters, the bandwidths of which correspond to the low and high group frequencies. The filter section also incorporates notches at 350 and 440 Hz for exceptional dial tone rejection (see Figure 4). Each filter output is followed by a single order switched capacitor filter section which smooths the signals prior to limiting. Limiting is performed by high-gain comparators which are provided with hysteresis to prevent detection of unwanted low-level signals. The outputs of the comparators provide full rail logic swings at the frequencies of the incoming DTMF signals.

Decoder Section

Following the filter section is a decoder employing digital counting techniques to determine the frequencies of the incoming tones and to verify that they correspond to standard DTMF frequencies. A complex averaging algorithm protects against tone

simulation by extraneous signals such as voice while providing tolerance to small frequency deviations and variations. This averaging algorithm has been developed to ensure an optimum combination of immunity to talk-off and tolerance to the presence of interfering frequencies (third tones) and noise. When the detector recognizes the presence of two valid tones (this is referred to as the "signal condition" in some industry specifications) the "Early Steering" (EST) output will go to an active state. Any subsequent loss of signal condition will cause EST to assume an inactive state (see "Steering Circuit").

Steering Circuit

Before registration of a decoded tone pair, the receiver checks for a valid signal duration (referred to as character recognition condition). This check is performed by an external RC time constant driven by EST. A logic high on EST causes v_c (see Figure 5) to rise as the capacitor discharges. Provided signal condition is maintained, (EST remains high) for the validation period (t_{GTP}), v_c reaches the threshold (V_{TST}) of the steering logic to register the tone pair, latching its corresponding 4-bit code (see Table 1) into the output latch. At this point the GT output is activated and drives v_c to V_{DD} . GT continues to drive high as long as EST remains high. Finally, after a short delay to allow the output latch to settle, the delayed steering output flag (StD) goes high, signalling that a received tone pair has been registered. The contents of the output latch are made available on the 4-bit output bus by raising the three state control input (TOE) to a logic high. The steering circuit works in reverse to validate

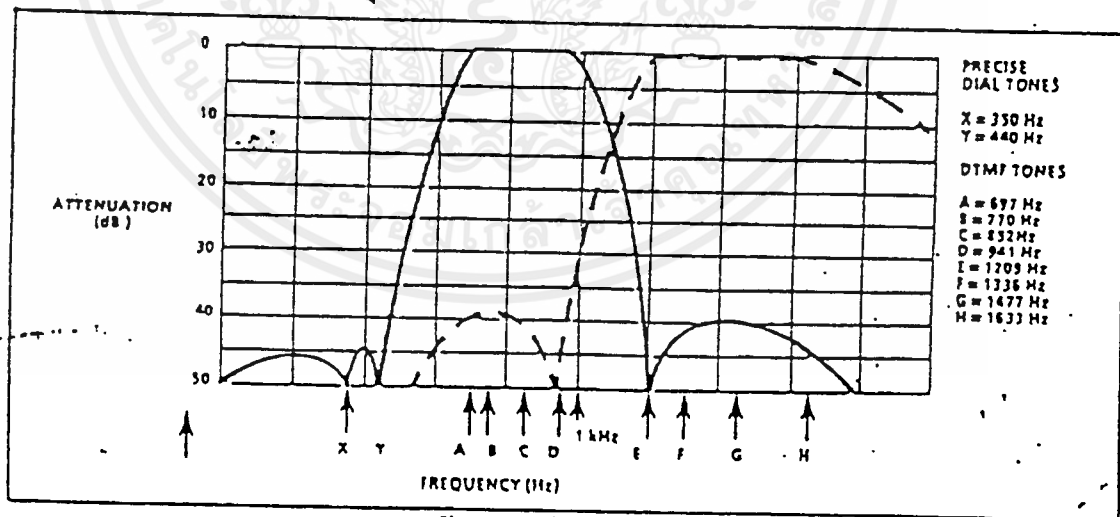


Figure 4. Filter Response

Digit	TOE	INH	EST	Q ₄	Q ₃	Q ₂	Q ₁
ANY	L	X	-	Z	Z	Z	Z
1	H	L	H	0	0	0	1
2	H	L	H	0	0	1	0
3	H	L	H	0	1	0	0
4	H	L	H	0	1	1	0
5	H	L	H	1	0	0	0
6	H	L	H	1	0	1	0
7	H	L	H	1	1	0	0
8	H	L	H	1	1	1	0
9	H	L	H	1	1	1	1
A	H	L	H	1	1	0	1
B	H	L	H	1	1	1	1
C	H	L	H	0	0	0	0
D	H	L	H	0	0	0	1
1	H	H	H	0	0	0	1
2	H	H	H	0	0	1	0
3	H	H	H	0	0	1	1
4	H	H	H	0	1	0	0
5	H	H	H	0	1	0	1
6	H	H	H	0	1	1	0
7	H	H	H	0	1	1	1
8	H	H	H	1	0	0	0
9	H	H	H	1	0	0	1
A	H	H	H	1	0	1	0
B	H	H	H	1	1	0	0
C	H	H	H	1	1	0	1
D	H	H	H	1	1	1	0
A	H	H	L	undetected, the output code will remain the same as the previous detected code			
B	H	H	L				
C	H	H	L				
D	H	H	L				

L = LOGIC LOW, H = LOGIC HIGH, Z = HIGH IMPEDANCE
Table 1 - Functional Decode Table

The interdigit pause between signals. Thus, as well as rejecting signals too short to be considered valid, the receiver will tolerate signal interruptions (dropout) too short to be considered a valid pause. This facility, together with the capability of selecting the steering time constants externally, allows the designer to tailor performance to meet a wide variety of system requirements.

Guard-Time Adjustment

In many situations not requiring selection of tone duration and interdigit pause, the simple steering

circuit shown in Figure 5 is applicable. Component values are chosen according to the formula:

$$t_{REC} = t_{DP} + t_{GTP}$$

$$t_{ID} = t_{DA} + t_{GTA}$$

The value of t_{DP} is a device parameter (see Figure 3) and t_{REC} is the minimum signal duration to be recognized by the receiver. A value for C of 0.1 μ F is recommended for most applications, leaving R to be selected by the designer.

Different steering arrangements may be used to select independently the guard times for tone present (t_{GTP}) and tone absent (t_{GTA}). This may be necessary to meet system specifications which place both accept and reject limits on both tone duration and interdigit pause. Guard time adjustment also allows the designer to tailor system parameters such as talk off and noise immunity. Increasing t_{REC} improves talk-off performance since it reduces the probability that tones simulated by speech will maintain signal condition long enough to be registered. Alternatively, a relatively short t_{REC} with a long t_{ID} would be appropriate for extremely noisy environments where fast acquisition time and immunity to tone drop-outs are required. Design information for guard time adjustment is shown in Figure 6.

Power-down and Inhibit Mode

A logic high applied to pin 6 (PWDN) will power down the device to minimize the power consumption in a standby mode. It stops the oscillator and the functions of the filters.

Inhibit mode is enabled by a logic high input to the pin 5 (INH). It inhibits the detection of tones representing characters A, B, C and D. The output code will remain the same as the previous detected code (see Table 1).

Differential Input Configuration

The input arrangement of the MT8870C/MT8870C-1 provides a differential-input operational amplifier as well as a bias source (V_{REF}) which is used to bias the inputs at mid-rail. Provision is made for connection of a feedback resistor to the op-amp output (GS) for adjustment of gain. In a single-ended configuration, the input pins are connected as shown in Figure 2 with the op-amp connected for unity gain and V_{REF} biasing the input at $\frac{1}{2}V_{DD}$. Figure 7 shows the differential configuration, which permits the adjustment of gain with the feedback resistor R_S .

Digit	TOE	INH	EST	Q ₂	Q ₁	Q ₀	Q ₋₁
ANY	L	X	-	Z	Z	Z	Z
1	H	L	H	0	0	0	1
2	H	L	H	0	0	1	0
3	H	L	H	0	0	1	1
4	H	L	H	0	1	0	0
5	H	L	H	0	1	0	1
6	H	L	H	0	1	1	0
7	H	L	H	0	1	1	1
8	H	L	H	1	0	0	0
9	H	L	H	1	0	0	1
0	H	L	H	1	0	1	0
.	H	L	H	1	0	1	1
#	H	L	H	1	1	0	0
A	H	L	H	1	1	0	1
B	H	L	H	1	1	1	0
C	H	L	H	1	1	1	1
D	H	L	H	0	0	0	0
1	H	H	H	0	0	0	1
2	H	H	H	0	0	1	0
3	H	H	H	0	0	1	1
4	H	H	H	0	1	0	0
5	H	H	H	0	1	0	1
6	H	H	H	0	1	1	0
7	H	H	H	0	1	1	1
8	H	H	H	1	0	0	0
9	H	H	H	1	0	0	1
0	H	H	H	1	0	1	0
.	H	H	H	1	0	1	1
#	H	H	H	1	1	0	0
A	H	H	L	undetected, the output code will remain the same as the previous detected code			
B	H	H	L				
C	H	H	L				
D	H	H	L				

L = LOGIC LOW, H = LOGIC HIGH, Z = HIGH IMPEDANCE
Table 1 - Functional Decode Table

The interdigit pause between signals. Thus, as well as rejecting signals too short to be considered valid, the receiver will tolerate signal interruptions (dropout) too short to be considered a valid pause. This facility, together with the capability of selecting the steering time constants externally, allows the designer to tailor performance to meet a wide variety of system requirements.

Guard-Time Adjustment

In many situations not requiring selection of tone duration and interdigit pause, the simple steering

circuit shown in Figure 5 is applicable. Component values are chosen according to the formula:

$$t_{REC} = t_{OP} + t_{GTP}$$

$$t_{IO} = t_{DA} + t_{GTA}$$

The value of t_{OP} is a device parameter (see Figure 3) and t_{GTC} is the minimum signal duration to be recognized by the receiver. A value for C of 0.1 μ F is recommended for most applications, leaving R to be selected by the designer.

Different steering arrangements may be used to select independently the guard times for tone present (t_{GTP}) and tone absent (t_{GTA}). This may be necessary to meet system specifications which place both accept and reject limits on both tone duration and interdigit pause. Guard time adjustment also allows the designer to tailor system parameters such as talk off and noise immunity. Increasing t_{GTC} improves talk-off performance since it reduces the probability that tones stimulated by speech will maintain signal condition long enough to be registered. Alternatively, a relatively short t_{GTC} with a long t_{IO} would be appropriate for extremely noisy environments where fast acquisition time and immunity to tone drop-outs are required. Design information for guard time adjustment is shown in Figure 6.

Power-down and Inhibit Mode

A logic high applied to pin 6 (PWDN) will power down the device to minimize the power consumption in a standby mode. It stops the oscillator and the functions of the filters.

Inhibit mode is enabled by a logic high input to the pin 5 (INH). It inhibits the detection of tones representing characters A, B, C and D. The output code will remain the same as the previous detected code (see Table 1).

Differential Input Configuration

The input arrangement of the MT8870C/MT8870C-1 provides a differential-input operational amplifier as well as a bias source (V_{REF}) which is used to bias the inputs at mid-rail. Provision is made for connection of a feedback resistor to the op-amp output (GS) for adjustment of gain. In a single-ended configuration, the input pins are connected as shown in Figure 2 with the op-amp connected for unity gain and V_{REF} biasing the input at $\frac{1}{2}V_{DD}$. Figure 7 shows the differential configuration, which permits the adjustment of gain with the feedback resistor R_s .

MT8870C/MT8870C-1 ISO²-CMOS

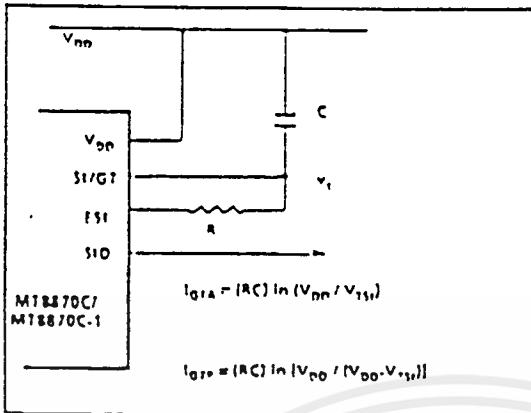


Figure 5- Basic Slewing Circuit

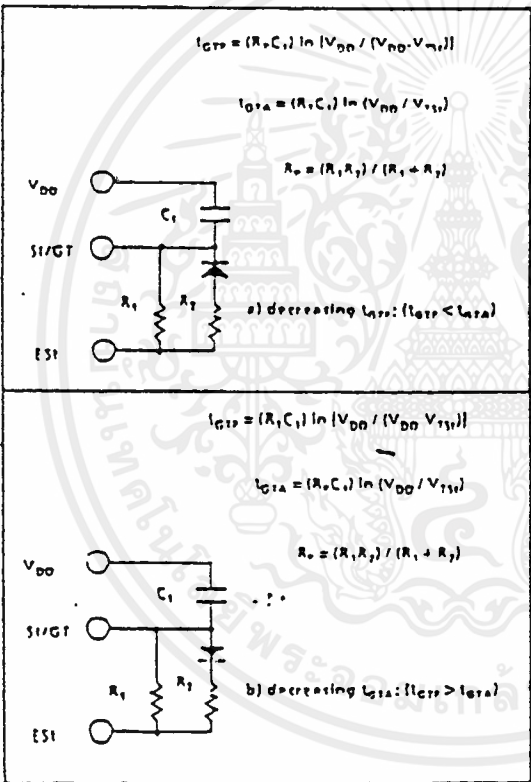


Figure 6- Guard Time Adjustment Crystal Oscillator

The internal clock circuit is completed with the addition of an external 3.579545 MHz crystal and is normally connected as shown in Figure 2 (Single Ended Input Configuration). However, it is possible to configure several MT8870C/MT8870C-1 devices

3-62

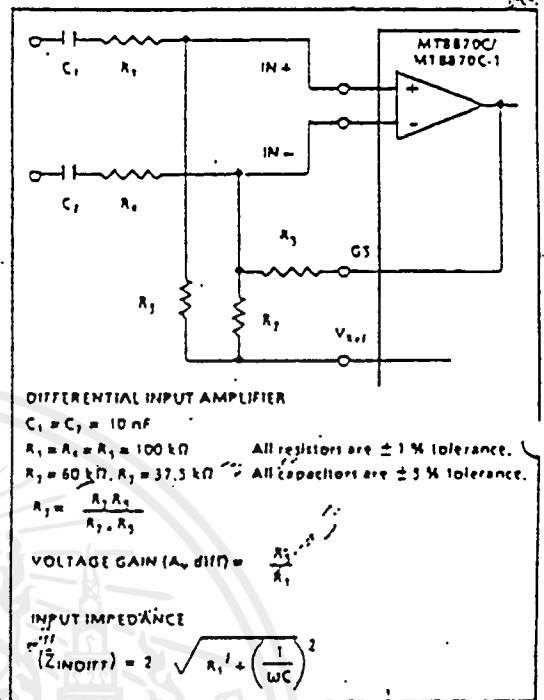


Figure 7- Differential Input Configuration employing only a single oscillator crystal. The oscillator output of the first device in the chain is coupled through a 30 pF capacitor to the oscillator input (OSC1) of the next device. Subsequent devices are connected in a similar fashion. Refer to Figure 8 for details. The problems associated with unbalanced loading are not a concern with the arrangement shown, i.e. precision balancing capacitors are not required.

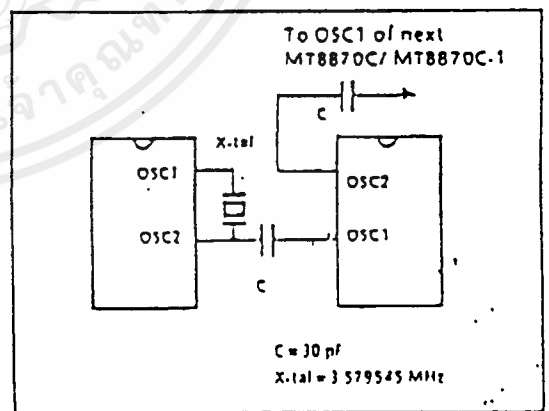


Figure 8- Oscillator Connection

APPLICATION

RECEIVER SYSTEM FOR BRITISH TELECOM SPEC POR 1151

The circuit shown in Fig. 10 illustrates the use of MT8870C-1 device in a typical receiver system. BT Spec defines the input signals less than -34 dBm as the non-operate level. This condition can be attained by choosing a suitable values of R_1 and R_2 to provide 3 dB attenuation, such that -34 dBm input signal will correspond to -37 dBm at the gain setting pin GS of MT8870C-1. As shown in the diagram, the component values of R_1 and C_1 are the guard time requirements when the total component tolerance is 6%. For better performance, it is recommended to use the non-symmetric guard time circuit in Fig. 9.

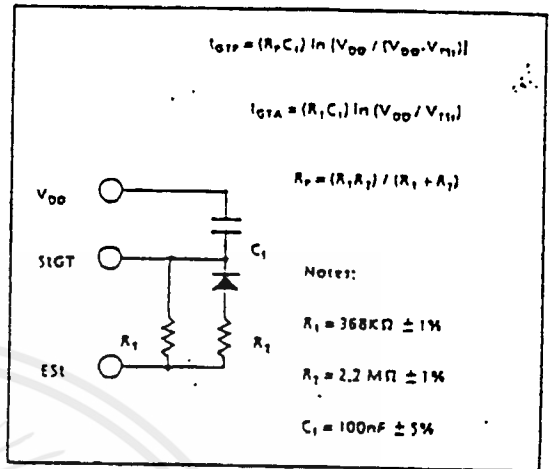


Figure 9 - Non-Symmetric Guard Time Circuit

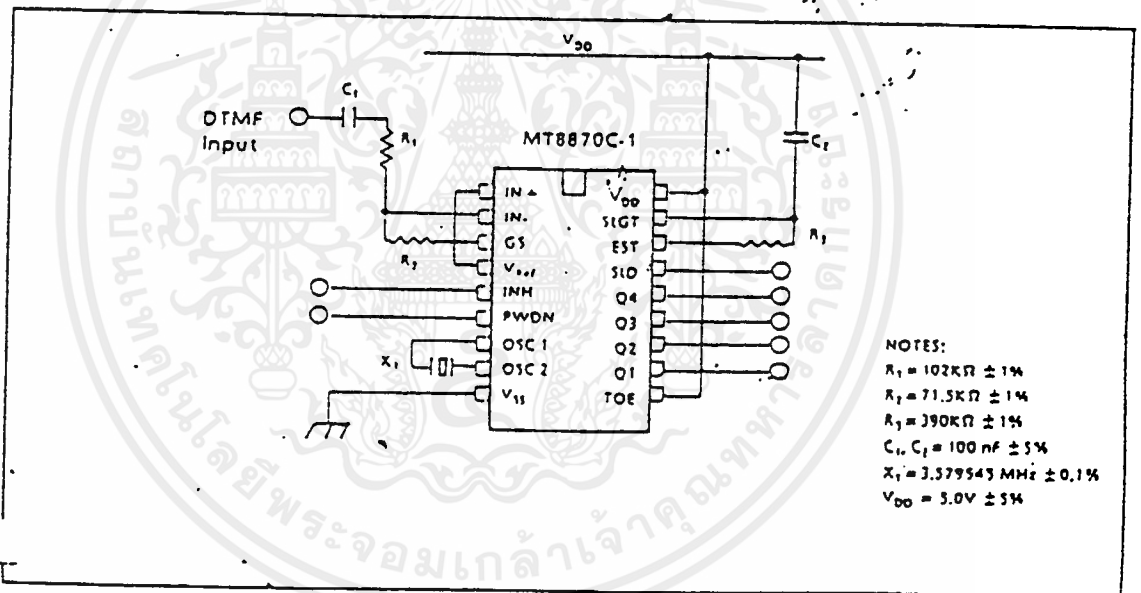
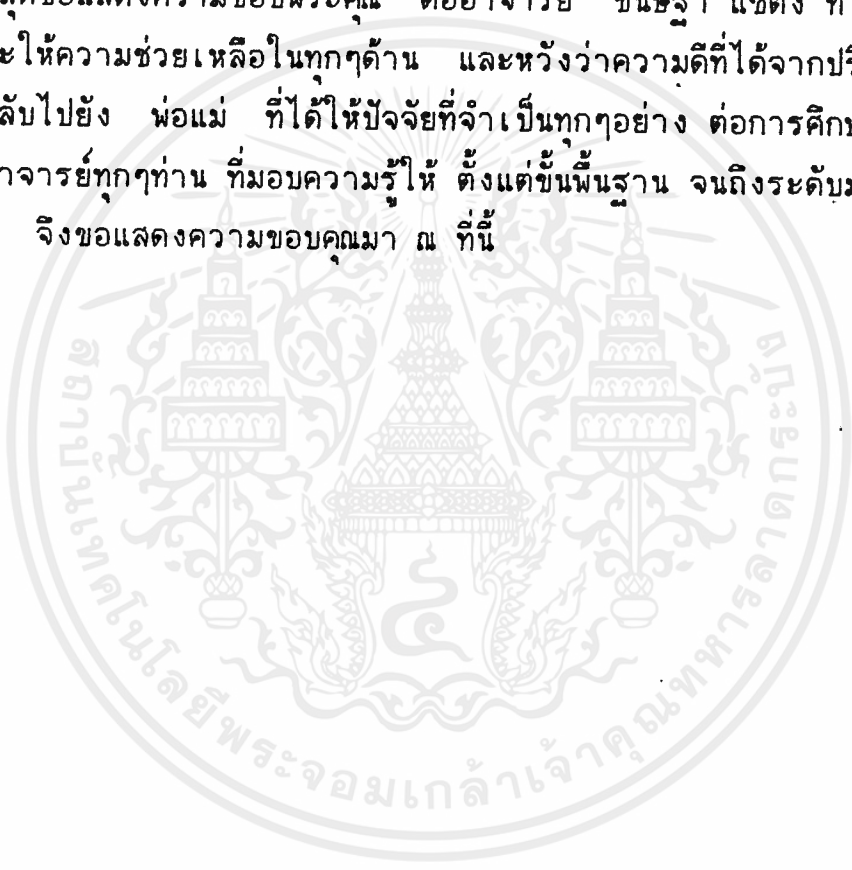


Figure 10 - Single-Ended Input Configuration for BT or CEPT Spec

กิตติกรรมประกาศ

โครงการ และ ปรินญาณิพนธ์นี้มีอาจจะที่สำเร็จลงได้ ตามวัตถุประสงค์ ถ้าหาก
ขาดความร่วมมือ คำแนะนำ และกำลังใจ ในนามของผู้จัดทำจึงต้องขอขอบคุณแก่
ผู้ที่ให้ความร่วมมือทุกฝ่าย อันได้แก่ อาจารย์ เพื่อนๆ ที่ได้ช่วยให้ความคิดเห็นและ
ที่สำคัญที่สุดขอแสดงความขอบพระคุณ ต่ออาจารย์ ขนิษฐา แซ่ตั้ง ที่ได้เสียสละ
เวลาและให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้าน และหวังว่าความดีที่ได้จากปรินญาณิพนธ์
จงมอบกลับไปยัง พ่อแม่ ที่ได้ให้ปัจจัยที่จำเป็นทุกอย่าง ต่อการศึกษาตลอดจน
คุณครู อาจารย์ทุกๆท่าน ที่มอบความรู้ให้ ตั้งแต่ชั้นพื้นฐาน จนถึงระดับมหาวิทยาลัย
จึงขอแสดงความขอบคุณมา ณ ที่นี้



บรรณานุกรม

1. ซีเอ็ดยูเคชั่น , "ไอซีน่าส่น" , วารสารเซมิคอนดัคเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ ฉบับที่ 88, 2531
2. ยืน ภู่วรรณ , "ทฤษฎีและการประยุกต์ไมโครโพรเซสเซอร์", ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2532
3. Bernard Grob , "Basic Electronics" , McGraw-Hill Book Company, 1984
4. Jacob Millman & Arvin Grabel , "Microelectronics" McGraw-Hill International Editions, 1987
5. Don Lancaster , "ITL Cookbook" , Howard W. Sams. & co., Inc, 1974
6. Motololar , "CMOS Data Book" , prepare by Technical Information Center, third printing, 1979