

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องสอบถามข้อมูลทางโทรศัพท์อัตโนมัติ

AUTOMATIC TELEPHONE INFORMATION INQUIRY SYSTEM



โดย

นาย ชวเชิด กิมิเส

นาย วัลลภ เทียมวรทัต

นาย ลือชัย จันทะโน

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน..... 32602

วัน, เดือน, ปี 18 พ.ค. 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีโอกาสนำไปใช้

เครื่องสอบถามข้อมูลทางโทรศัพท์อัตโนมัติ

AUTOMATIC TELEPHONE INFORMATION INQUIRY SYSTEM



โดย

นาย ชวเชิด กิมิเส 39013003

นาย วัลลภ เทียมวรทัต 39013022

นาย ลือชัย จันทะโน 39013055

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. สุรพล บุญจันทร์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2541

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องสอบถามข้อมูลทางโทรศัพท์อัตโนมัติ

AUTOMATIC TELEPHONE INFORMATION INQUIRY SYSTEM

ผู้จัดทำ

1. นาย ชวเชิด กิมิเส 39013003
2. นาย วัลลภ เทียมวรทัต 39013022
3. นาย ลือชัย จันทะโน 39013055


อาจารย์ที่ปรึกษา
(อ. สุรพล บุญจันทร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องสอบถามข้อมูลทางโทรศัพท์อัตโนมัติ

AUTOMATIC TELEPHONE INFORMATION

INQUIRY SYSTEM

โดย	นาย ชวเชิด กิมเส	39013003
	นาย วัลลภ เทียมวรชาติ	39013022
	นาย ลือชัย จันทะโน	39013055

อาจารย์ที่ปรึกษา อ. สุรพล บุญจันทร์

บทคัดย่อ

โครงการนี้จัดทำขึ้นเพื่อต้องการที่จะแนะนำเสนอโทรศัพท์ระบบ TONE ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน และคอมพิวเตอร์มาประยุกต์เพื่อใช้งานร่วมกัน คือ โครงการเครื่องสอบถามข้อมูลทางโทรศัพท์อัตโนมัติ ซึ่งสามารถใช้โทรศัพท์ โทรไปสอบถามเรื่องต่างๆ ได้ในส่วนโครงการ เป็นการสอบถามทางโทรศัพท์ที่อัตโนมัติ ซึ่งใช้ PORT 8255 เป็นอุปกรณ์ INPUT-OUTPUT เป็นตัวรับส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกไปยังเครื่อง PC ซึ่งเป็นตัวประมวลผลตามโปรแกรมที่กำหนดไว้

ABSTRACT

This project describes a design and construction of telephone tone system for an Automatic Telephone Information Inquiry System. The caller obtains information from by dialing the telephone number and then responding to a set pre-selected queries by pushing the appropriate codes.

This project uses serial data communication port 8255 for input and output data from the device to the PC according to the program .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	1
บทที่ 2 ทฤษฎี	
2.1 ระบบสัญญาณต่างๆทางโทรศัพท์	3
2.2 MT 8870 DTMF DECODER	8
2.3 ET-PC 8255	17
2.4 อุปกรณ์เซ็คสัญญาณคู่สายโทรศัพท์	21
2.5 วงจรโมโนสเตเบิล	23
2.6 อุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสง	27
2.7 SOUND CARD	29
บทที่ 3 การออกแบบการทำงาน	
3.1 บล็อกไดอะแกรม	34
3.2 ส่วนตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง	35
3.3 ส่วนทำการตัดต่อคู่สาย	38
3.4 ส่วนตรวจจับสัญญาณเรียกกลับ และสัญญาณสายไม่ว่าง	39
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
4.1 ผลการทดลองส่วนตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง	43
4.2 ผลการทดลองส่วนตรวจจับและกำเนิดสัญญาณ DTMF	46
4.3 ผลการทดลองส่วนตรวจจับและสัญญาณสายไม่ว่าง	48
4.4 แบบฟอร์มของโปรแกรม	50
4.5 ลักษณะโครงสร้างของชิ้นงาน	52
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการทำงาน	54
5.2 ข้อเสนอแนะ	54
5.3 ปัญหาและอุปสรรค	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

ภาคผนวก ก. โฟลวชาร์ตและโปรแกรม

ภาคผนวก ข. วงจรและลายวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ค. DATA SHEET

กิตติกรรมประกาศ

เอกสารอ้างอิง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงไฟฟ้ากระแสตรงเลี้ยงตู้สาย	3
2.2 แสดงสัญญาณ DIAL TONE	4
2.3 แสดงสัญญาณ BUSY TONE	4
2.4 แสดงสัญญาณ RINGING BACK TONE	5
2.5 แสดงสัญญาณ RINGING TONE	5
2.6 แสดงตำแหน่งหมายเลขบนแผงโทรศัพท์	6
2.7 ค่าความถี่ประจำหมายเลขในระบบโทรศัพท์แบบกดปุ่ม	7
2.8 ลักษณะสัญญาณ DTMF ที่ได้จากโทรศัพท์	8
2.9 แสดงรายละเอียดของขา MT8870	9
2.10 แสดงความถี่ที่ได้จากภาคกรองความถี่	9
2.11 โครงสร้างภายในของ MT8870	10
2.12 แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณและกำหนดเวลาคาร์ดใหม่	11
2.13 แสดงแผนภูมิเวลา (Timing Diagram) MT8870	12
2.14 แสดงการต่อวงจรภายนอกขยายสัญญาณความแตกต่าง	13
2.15 แสดงการต่อวงจรผลิตความถี่	14
2.16 แสดงวงจรใช้งานของ MT8870	14
2.17 แสดงวงจรแบบแรกๆ	16
2.18 บล็อกไดอะแกรมของระบบ DTMF	17
2.19 แสดงชนิดของปุ่มกดและรูปของสัญญาณ	17
2.20 แสดงขาต่างๆของ NE567(Pin Configuration)	21
2.21 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ NE567	22
2.22 แสดงการต่อวงจรของ NE567	22
2.23 จังหวะการทำงานของวงจร โมโนสเตเบิลแบบไม่รับการกระตุ้นซ้ำ	24
2.24 จังหวะการทำงานของวงจร โมโนสเตเบิลแบบรับการกระตุ้นซ้ำ	24
2.25 การใช้ TTL เบอร์ 74121 เป็นโมโนสเตเบิล	26
2.26 การใช้ TTL เบอร์ 74122 เป็นโมโนสเตเบิล	26
2.27 ขาเบสของตัวเชื่อมโยงทางแสงเบอร์ 4N26 ใช้ต่อเพื่อเพิ่มความเร็วของสวิทซ์	27
2.28 แสดงโครงสร้างเวฟไฟล์ที่มีรูปแบบของไฟล์ RIFF	31
3.1 บล็อกไดอะแกรม	34
3.2 แสดงสัญญาณกระดิ่งและสัญญาณเรียกกลับ	35
3.3 แสดงวงจรจับสัญญาณกระดิ่ง	36

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.4 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณกระดิ่งและสัญญาณเรียกกลับ	37
3.5 แสดงระดับแรงดันของคู่สายเมื่อเครื่องลูกข่ายส่งสัญญาณให้ PABX	38
3.6 แสดงวงจรตัดต่อคู่สาย	39
3.7 แสดงลักษณะของสายสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณสายไม่ว่าง	40
3.8 แสดงวงจรของส่วนตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสายไม่ว่าง	41
3.9 แสดงสัญญาณที่ได้ในการตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสายไม่ว่าง	42
4.1 แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง	43
4.2 แสดงสัญญาณที่ได้จากวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง	44
4.3 สัญญาณ DTMF ของหมายเลข(1,3,5)	46
4.4 แสดงสัญญาณ DTMF ขา STD ของ MT8870	48
4.5 แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสายไม่ว่าง	48
4.6 แสดงสัญญาณสายไม่ว่างและเอาท์พุทที่ได้	49
4.7 แสดงรูปแบบฟอร์มหลักของตัวโปรแกรม	50
4.8 แสดงรูปแบบฟอร์มแจ้งผลการสอบ	51
4.9 แสดงรูปแบบฟอร์มสอบถามข้อมูล	51
4.10 แสดงรูปร่างภายในของโครงการ	52
4.11 แสดงรูปร่างภายนอกของตัวโครงการ	53
4.12 แสดงลักษณะตัวโครงการที่ต่ออยู่กับPC	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงสภาวะต่างๆของตาราง	6
2.2 แสดงความถี่ประจำหมายเลขบนแผงกดปุ่ม	7
2.3 แสดงค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ	11
2.4 แสดงความถี่ผสมที่ใช้ในโทรศัพท์แบบกดปุ่ม	15
2.5 คุณสมบัติของเบอร์ 4N26	28



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

เครื่องสอบถามทางโทรศัพท์อัตโนมัติ

วัตถุประสงค์ปัจจุบัน ได้มีสิ่งอำนวยความสะดวกสบาย แก่มนุษย์มากมาย ซึ่งเกิดขึ้นมาจากการประดิษฐ์คิดค้นเพื่อสนองตอบความต้องการของตนเองซึ่งในสิ่งที่มนุษย์ประดิษฐ์คิดค้นขึ้นมานั้นก็ได้นำเอาสิ่งรอบๆ ตัวของมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นจากธรรมชาติ นำมาใช้ประโยชน์ให้มากขึ้น จากสิ่งของเครื่องใช้ที่มีอยู่แล้วนำมาปรับปรุงหรือเพิ่มเติมเพื่อให้ใช้ประโยชน์ได้หลากหลายขึ้นซึ่งเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ทำให้เกิดมีโครงการนี้ขึ้นมา ซึ่งโครงการนี้ก็มีวัตถุประสงค์เช่นเดียวกันโดยได้นำเอาระบบโทรศัพท์แบบ DTMF (Dual Tone Multi Frequency) มาประยุกต์ใช้ และใช้ IC เบอร์ MT 8870 ซึ่งเป็น DTMF Decoder จะแปลงความถี่ที่ได้จากการกดหมายเลขบนแป้นโทรศัพท์เป็น เลข Binary และเอาเลข Binary นี้ไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ประมวลผลและจัดการให้เอาท์พุท ออกมาเพื่อนำไปเป็นรหัสตอบคำถามตามที่ผู้ใช้บริการสอบถามมาซึ่งจะช่วยอำนวยความสะดวกและรวดเร็วเป็นอย่างมากเช่น ต้องการสอบถามดวงของตัวเองในกรณีที่ไม่มีเวลาว่าง จุดประสงค์อีกหนึ่งประการของโครงการนี้คือ นำคู่สายโทรศัพท์ที่มีความสามารถน้อย ไปเชื่อมต่อกับคู่สายที่มีความสามารถมากกว่า เพื่อให้ใช้ประโยชน์ได้มาก เหมือนกับคู่สายที่มีความสามารถมากกว่า ซึ่งในส่วนนี้จะเหมาะกับระบบชุมสายในอาคาร องค์กร , องค์กร หรือบริษัทต่าง ๆ ซึ่งในส่วนนี้นำเอาแนวคิดมาจากระบบ PIN PHONE ขององค์กรโทรศัพท์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาระดับแรงดันและสัญญาณต่าง ๆ ที่ใช้ในคู่สายโทรศัพท์
2. เพื่อรู้จักและใช้ประโยชน์จากคู่สายโทรศัพท์ให้มากที่สุด
3. เพื่อนำเอาชุมสายระบบ DTMF มาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน
4. สามารถสอบถามดวงของตัวเองทางโทรศัพท์ที่ได้
5. สามารถนำเอาคู่สายโทรศัพท์ที่มีความสามารถน้อยไปเชื่อมกับคู่สายที่มีความสามารถมากกว่าเพื่อใช้ประโยชน์ได้มากขึ้นตามคู่สาย
6. นำเอาแนวคิดของระบบ PIN PHONE ขององค์กรโทรศัพท์มาประยุกต์ใช้

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาระบบโทรศัพท์ทั้งระบบ PULSE และระบบ TONE
2. ศึกษา INPUT และ OUTPUT ของระบบโครงการที่ต้องการ
3. ออกแบบ BLOCK DIAGRAM ของโครงการทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ออกแบบวงจรที่ใช้ใน BLOCK DIAGRAM ที่ออกแบบไว้แล้ว
5. ทดสอบวงจรที่ออกแบบ ให้ได้คุณสมบัติตามที่ต้องการ
6. นำวงจรที่ผ่านการทดลองแล้วในแต่ละส่วน มาประกอบรวมกัน และทำการทดสอบให้ได้ตามต้องการและ แก้ไขปรับปรุงเมื่อไม่ได้ตามต้องการ
7. ศึกษาและเขียนโปรแกรมเพื่อนำมาควบคุมโครงงาน
8. ทำการทดสอบ SOFTWARE กับ HARDWARE
9. ทดสอบโครงงานที่ประกอบทั้งหมดแล้ว ให้ได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี

ระบบสัญญาณต่างๆ ทางโทรศัพท์

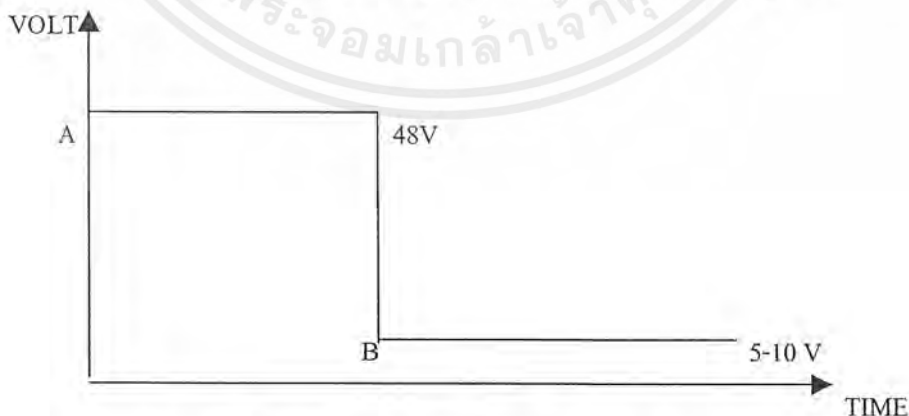
ขั้นตอนการทำงานของโทรศัพท์แบ่งออกเป็น สองกรณี คือผู้เรียก (CALLING) กับ ผู้ถูกเรียก (CALLED)

กรณีผู้เรียก (CALLING SUBSCRIBER)

ขณะที่หูโทรศัพท์วางไว้นั้นจะมี ไฟ กระแสตรงตก คร่อม คู่สายโทรศัพท์ที่อยู่ +48 โวลท์และเมื่อหูโทรศัพท์ถูกยกขึ้นไฟกระแสตรงที่ตกคร่อมคู่สายโทรศัพท์ +48 โวลท์ จะตกลงมาเหลือ 5 - 10 โวลท์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระบบชุมสายย่อย ขณะเดียวกันนั้น ก็จะมีสัญญาณส่งมาจากชุมสายเสียงที่เราได้ยินคือ สัญญาณ DIAL TONE แสดงว่าพร้อมที่จะหมุนเลขหมายได้หรือพร้อมที่จะกดเลขหมายได้ ถ้าเลขหมายที่ถูกเรียกไม่ว่าง ผู้เรียกจะได้ยินเสียง BUSY TONE ในกรณีที่คู่สายเลขหมายจะถูกเรียกว่างคือชุมสายจะต่อหมายเลขที่เรียกให้ได้ยินเสียงสัญญาณ RING BACK TONE หรือ RINGING TONE แสดงว่าเลขหมายที่เรียกไปพร้อมจะพูดได้ให้คอยจนกว่าผู้ถูกเรียกจะยกหูรับ

กรณีผู้ถูกเรียก (CALLED SUBSCRIBER)

ขณะที่คู่สายว่างจะมีไฟกระแสตรงคร่อมคู่สาย +48 โวลท์ และเมื่อมีการเรียกเลขหมายทางชุมสายจะต่อให้ส่งสัญญาณเรียก RINGING เป็นแรงดันไฟสลับประมาณ 110 - 150 โวลท์ และเมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ทำให้วงจรภายในของเครื่องรับโทรศัพท์ที่มีอิมพีแดนซ์ ประมาณ 600 โอห์ม ต่อเข้ากับชุมสายในขณะเดียวกันชุมสายจะหยุดส่งสัญญาณ RINGING และทำการต่อคู่สายโทรศัพท์ให้



ช่วง A ขณะที่วางคู่สายโทรศัพท์ที่มีไฟ DC ตกคร่อม +48 โวลท์

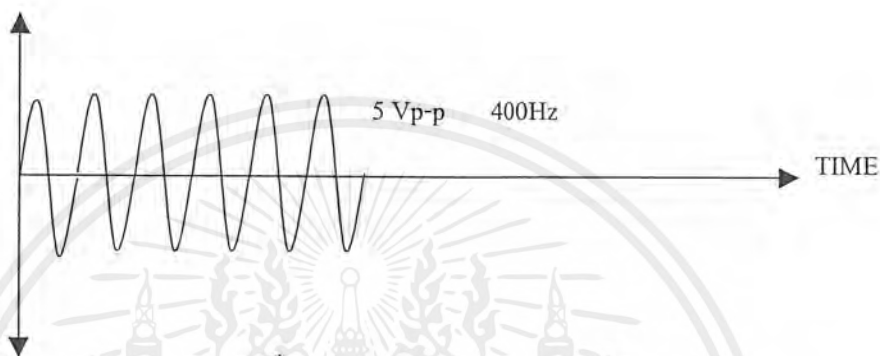
ช่วง B ขณะที่หูโทรศัพท์ถูกยกขึ้นมีไฟ DC ตกคร่อม 5-10 โวลท์

รูปที่ 2.1 แสดงไฟกระแสตรงเลี้ยงคู่สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

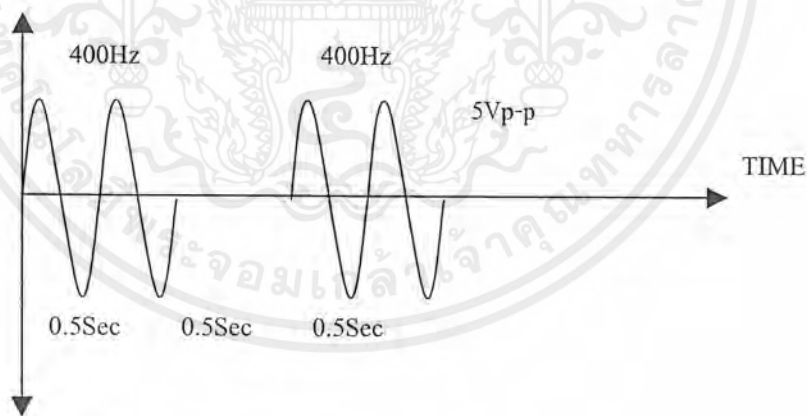
ความถี่สัญญาณต่าง ๆ ที่เป็นมาตรฐานขององค์การโทรศัพท์

- DIAL TONE ใช้เพื่อแสดงให้ผู้เช่าทราบว่าจะขณะนี้ผู้เช่าสามารถที่จะเรียกไปยังหมายเลขอื่นได้ ลักษณะสัญญาณเป็นดังรูป



รูปที่ 2.2 แสดงสัญญาณ DIAL TONE

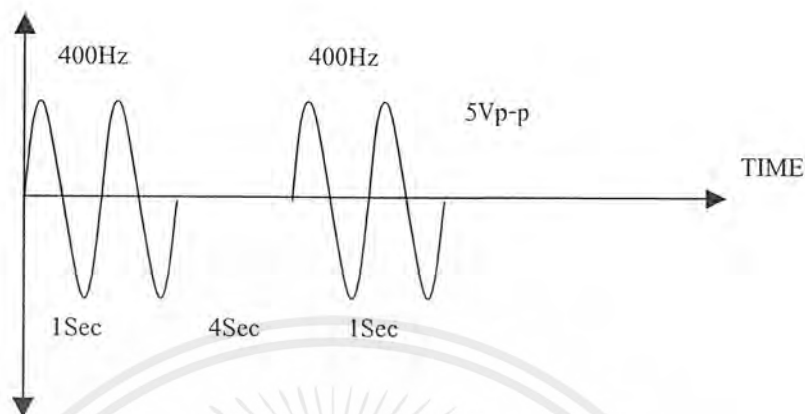
- BUSY TONE ใช้เพื่อให้ผู้เรียกทราบว่าโทรศัพท์หมายเลขที่ต้องการติดต่อกับขณะนี้ยังไม่ว่างควรจะวางหูสักระยะหนึ่งก่อนจึงเรียกหมายเลขใหม่อีกที ลักษณะสัญญาณเป็นดังรูป



รูปที่ 2.3 แสดงสัญญาณ BUSY TONE

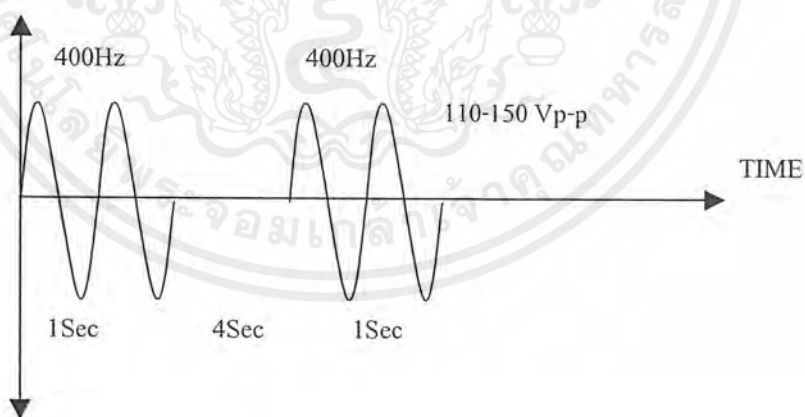
- RINGING BACK TONE ใช้แสดงให้ผู้เรียกทราบว่าสามารถที่จะติดต่อกับผู้ที่ติดต่อสนทนาด้วยได้แล้ว แต่อยู่ระหว่างรอการยกหู โดยลักษณะสัญญาณเป็นดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แสดงสัญญาณ RINGING BACK TONE

- RINGING TONE ใช้พร้อมกับ RINGING BACK TONE เมื่อสัญญาณเรียกคังก็จะมีสัญญาณเรียกคังพร้อม ๆ กัน แต่สัญญาณนี้ดังแรงมากเพื่อไปทำให้กระดิ่งในเครื่องโทรศัพท์ดัง โดยลักษณะสัญญาณเป็นดังรูป



รูปที่ 2.5 แสดงสัญญาณ RINGING TONE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	C1	C2	C3
R1	1	2	3
R2	4	5	6
R3	7	8	9
R4	*	0	#

รูปที่ 2.6 แสดงตำแหน่งหมายเลขบนแผงโทรศัพท์

สภาวะการยกหู	มีการเรียกเข้า	สัญญาณที่ออก
ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
ไม่มี	มี	RINGING
มี	ไม่มี	DIAL
มี	มี	BUSY

ตารางที่ 2.1 แสดงสภาวะต่างๆของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินพุต	ความถี่ (Hz)	% ผิดพลาด
R1	679	+0.31
R2	770	-0.49
R3	852	-0.54
R4	941	+0.54
C1	1209	+0.74
C2	1336	-0.32
C3	1447	-0.35

ตารางที่ 2.2 แสดงความถี่ประจำหมายเลขบนแผงกดปุ่ม

โทรศัพท์ระบบ DTMF

โทรศัพท์ชนิดกดปุ่มระบบ TONE ประกอบด้วยปุ่มกดจำนวน 12 ปุ่ม มีการทำงานเป็นแบบ DUAL MULTI FREQUENCY แป้นกดจะแบ่งเป็น ROW 4 แถว และ COLUMN 3 แถว ประกอบกันเป็นรูป MATRIX ในแต่ละ ROW แต่ละ COLUMN จะมีค่าประจำตำแหน่งอยู่ดังรูปที่ 2.7

	C1	C2	C3
	1209Hz	1336Hz	1447Hz
697Hz	1	2	3
770Hz	4	5	6
852Hz	7	8	9
941Hz	*	0	#

1	2	3
4	5	6
7	8	9
*	0	#

รูปที่ 2.7 ค่าความถี่ประจำหมายเลขในระบบโทรศัพท์แบบกดปุ่ม

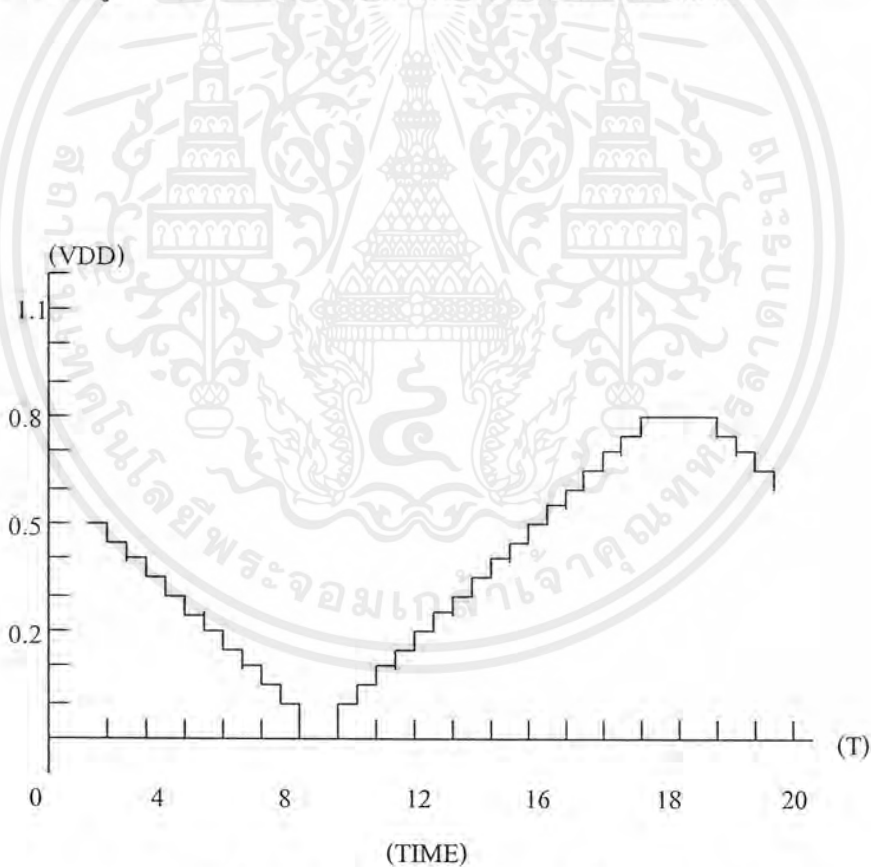
การทำงาน เมื่อกดหมายเลขใดหมายเลขหนึ่ง จะประกอบด้วย TONE เสียง 2 ความถี่ด้วยกันคือความถี่สูงและความถี่ต่ำ (ความถี่ทางด้าน COLUMN และ ROW ตามลำดับ) ซึ่งแต่ละหมายเลขจะให้ความถี่ออกมา 2 ความถี่ด้วยกัน จากปุ่มกดจะพบว่าหมายเลข 1,2,3 อยู่ใน ROW ที่ 1 ตัวเลขแต่ละตัวเป็นการพบกันของความถี่ทาง ROW (ความถี่ต่ำ) และความถี่ทาง COLUMN (ความถี่สูง) ยกตัวอย่างเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งวนไวสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น เมื่อกดปุ่มหมายเลข “5” จะอยู่ใน COLUMN ของ 1366 Hz และ 770 Hz ดังนั้นจะได้ความถี่ OUT PUT ออกมา 2 ความถี่คือ 1336 Hz และ 770 Hz ซึ่งเรียกว่า DTMF

ดังนั้นในการสร้างวงจรเพื่อถอดค่ารหัสความถี่เหล่านั้นนั่นเอง ในปัจจุบันได้มีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่นี้โดยเฉพาะ คือ IC#MT8870 ของบริษัทINTELซึ่งจะทำหน้าที่รับสัญญาณ DTMF มาแปลงให้เป็นค่าเลขฐานสองขนาด 4 บิต ดังนั้นโครงงานนี้จึงเลือกใช้ IC เบอร์นี้มาทำเป็นวงจรถอดรหัส DTMF

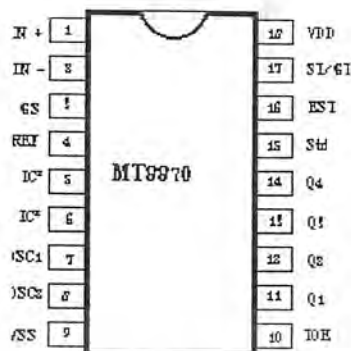
MT8870 DTMF DECODER

IC เบอร์ MT8870 นี้จะทำหน้าที่ รับสัญญาณ DTMF ซึ่งเป็นสัญญาณอะนาลอก (Analog) 2 ความถี่ได้อย่างดี ถึงแม้ว่าสัญญาณที่ได้จากการกดปุ่มของโทรศัพท์แบบทัช โทนจะมีลักษณะไม่เป็นคลื่นขายนต์ที่แท้จริงดังรูปที่ 2.8 IC เบอร์นี้ก็ยังสามารถยอมรับและถอดรหัสออกมาได้



รูปที่ 2.8 ลักษณะสัญญาณ DTMF ที่ได้จากโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



* หนีกับ vss

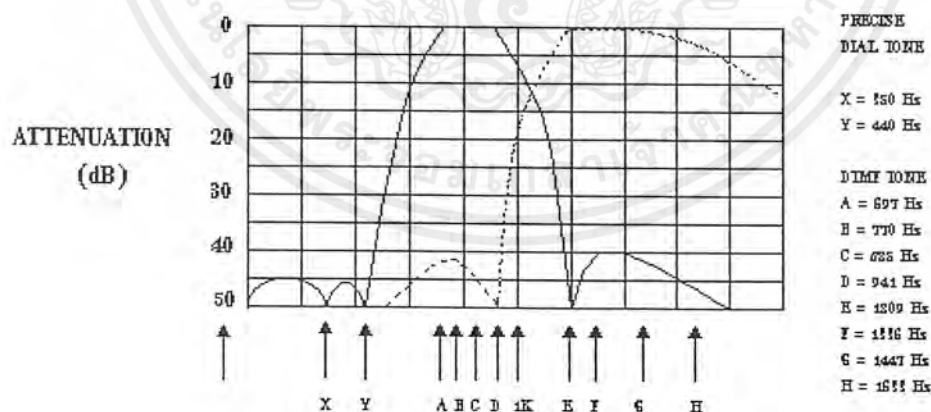
MT8870BE 19 PIN PLASTIC

MT8870BC 19 PIN CERDIP

รูปที่ 2.9 แสดงรายละเอียดของ MT8870

คุณสมบัติของ MT8870

- เป็นตัวรับและถอดรหัสความถี่ DTMF
- กินไฟน้อย ใช้ไฟเลี้ยงระดับเดียวกับ TTL
- สามารถตั้งอัตราขยายภายในตัวไอซีได้
- สามารถปรับการ์ดไทม์ (Guard Time) ได้
- เป็นไอซีคุณภาพสูง

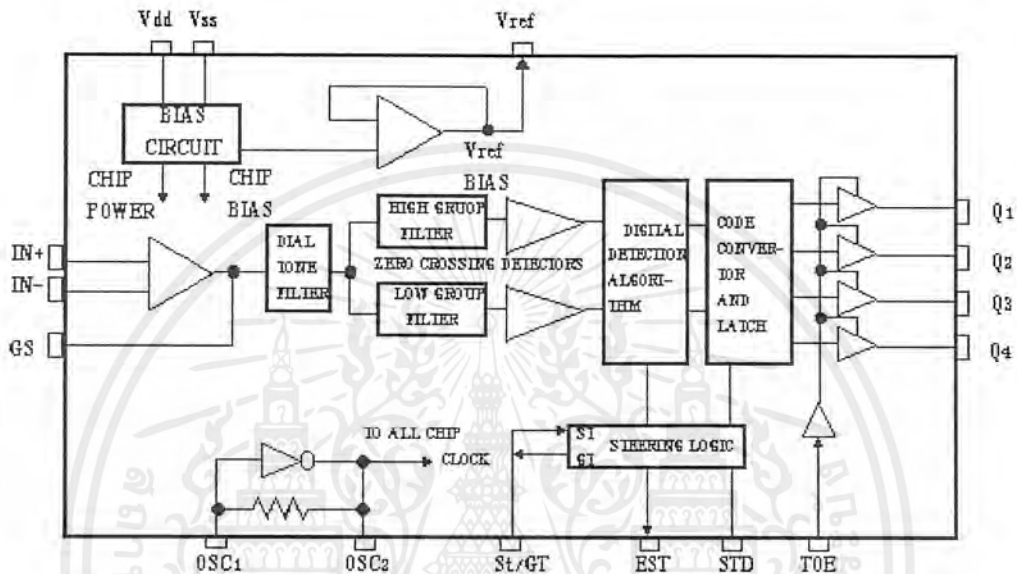


รูปที่ 2.10 แสดงความถี่ที่ได้จากภาคกรองความถี่

โครงสร้างภายในของ MT8870

IC MT8870 ประกอบไปด้วยวงจรกรองความถี่ และวงจรถอดรหัสฟังก์ชันทางดิจิทัล (Digital) ในส่วนของวงจรกรองความถี่ใช้เทคนิคของสวิทช์ Capacitor Filter สำหรับกรองความถี่สูง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และต่ำ ส่วนวงจรถอดรหัส (Decode) ใช้เทคนิคการนับทางดิจิทัล เพื่อตรวจจับและถอดรหัสทั้ง 16 ความถี่ ออกเป็นเลขฐาน สองขนาด 4 บิต และตรวจสอบช่วงเวลาที่สำคัญๆเข้ามา ส่วนภาคอินพุต เป็นออปแอมป์ที่สามารถปรับอัตราขยายได้ โดยต่ออุปกรณ์ภายนอกเอาต์พุตเป็นวงจรถอดรหัส 3 สถานะ



รูปที่ 2.11 โครงสร้างภายในของ MT8870

ฟังก์ชันการทำงานภายใน MT8870 ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วนคือ

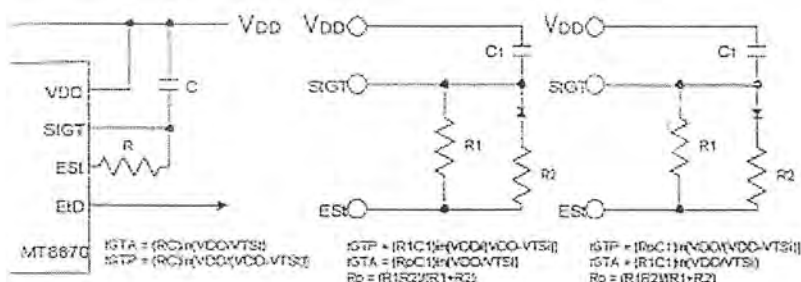
1. ภาคกรองความถี่ (Filter Section) ในส่วนนี้จะแยกสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาออกเป็น 2 กลุ่ม ความถี่คือช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองแถบความถี่อันดับ 6 ชนิดสวิทซ์คาปาซิเตอร์ (Six-Order Switched Capacitor Band Pass Filter) ซึ่งความถี่ที่แยกได้มี 2 ช่วงคือช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ
2. ภาคถอดรหัส (Decoder Section) ความถี่ DTMF ที่ถูกกรองเรียบร้อยแล้วจะผ่านเข้าวงจรถอดรหัสความถี่ออกเป็นตัวเลข โดยใช้เทคนิคการนับแบบดิจิทัลและมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่มาตรฐาน DTMF หรือไม่เพื่อป้องกันความถี่อื่นเข้ามาผสมเมื่อตรวจสอบว่าความถี่นั้นถูกต้อง สัญญาณที่ขา Est (Early Steering) ก็จะแอกตีฟ สำหรับค่าถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ นั้นแสดงในตารางที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

F _{LOW}	F _{HIGH}	NO	TOE	Q4	Q3	Q2	Q1
697	1209	1	H	0	0	0	1
697	1336	2	H	0	0	1	0
679	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

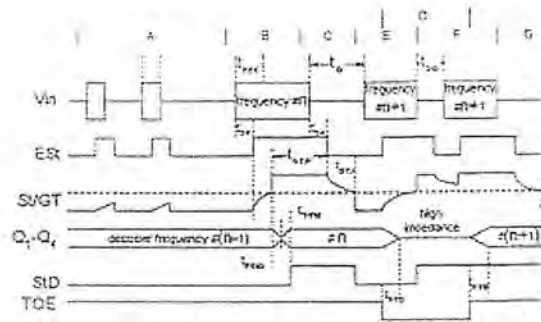
ตารางที่ 2.3 แสดงค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่าง ๆ

3. ภาคตรวจสอบสัญญาณ (Steering Circuit) ก่อนที่จะมีการถอดรหัสความถี่ออกไปที่เอาต์พุต จะมีการตรวจสอบช่วงความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะเวลาตามที่กำหนดหรือไม่ โดยสังเกตจากระยะเวลาการกดปุ่มโทรศัพท์ซึ่งต้องกดปุ่มให้มีความถี่ออกมาเป็นช่วงเวลาพอสมควรมิฉะนั้นวงจรส่วนนี้จะไม่รับ โดยถือว่าสัญญาณนั้นไม่ถูกต้อง ส่วนช่วงเวลายาวเท่าใดสามารถตั้งได้โดยใช้ RC ต่อภายนอก สัญญาณที่เข้า Est จะเป็น “สูง” นานใกล้เคียงกับระยะเวลาที่มีความถี่ DTMF เข้ามา จากรูปที่ 2.12 เมื่อขา Est เป็น “สูง” ทำให้ Vc สูงขึ้น ตัวเก็บประจุ C จะคายประจุ ทำให้แรงดัน Vc สูงขึ้นจนถึงค่าเทรชโฮลด์ วงจรถอดรหัสจึงจะถอดรหัสออกเป็นตัวเลขขนาด 4 บิต รายละเอียดการทำงานสามารถดูได้จากแผนภูมิเวลา (Timing Diagram) ในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.12 แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณ และการกำหนดเวลาการ์ตไทม์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 แสดงแผนภูมิเวลา (Timing Diagram) ของ MT8870

ขั้นตอนการทำงาน

- A - ตรวจพบความถี่เข้ามาแต่คาบเวลาไม่ถูกต้องเอาต์พุตไม่เปลี่ยน
- B - ความถี่ #n ถูกตรวจพบและมีคาบเวลาที่ต้องความถี่ถูกถอดรหัสและแลทซ์ไว้ที่เอาต์พุต
- C - เอาต์พุตเปลี่ยนเป็นไฮอิมพีแดนซ์
- E - ความถี่ # n+1 ถูกตรวจพบคาบเวลาถูกต้องความถี่ถูกถอดรหัสและแลทซ์อยู่
- F - ความถี่ # n+1 หายไปช่วงห่างไม่ถูกต้องเอาต์พุตยังคงแลทซ์อยู่
- G - จบความถี่ # n+1 ช่วงห่างถูกต้องเอาต์พุตยังคงแลทซ์อยู่จนถึงความถี่ใหม่ที่ต้อง

หน้าที่ของขาต่างๆ

- Vin สัญญาณความถี่ DTMF ที่เข้ามา
- EST (Earthy Steering Output) ใช้แสดงความถี่ที่ถูกต้อง
- St / GT (Steering Input/Guard Time Output) สำหรับ ต่อกับ RC ภายนอก
- Q1 - Q4 เอาต์พุต BCD ขนาด 4 บิต
- StD (Delayed Steering Output) ใช้แสดงค่าความถี่ที่ได้รับหรือหายไปมีคาบ เวลาตามที่กำหนดเพื่อแสดงความถูกต้องของสัญญาณ
- TOE (Tone Output Enable) อินพุตใช้ควบคุม Q1-Q4 ให้เป็นไฮอิมพีแดนซ์
- t_r คาบเวลาสั้นที่สุดที่ตรวจพบความถี่ DTMF แล้วยังไม่ถูกต้อง
- t_{tr} คาบเวลาสั้นที่สุดที่ต้องการเพื่อแสดงว่าสัญญาณถูกต้อง
- t_{red} เวลาสั้นสุดระหว่างสัญญาณ DTMF ที่ถูกต้อง 2 สัญญาณ
- t_{td} เวลารานสุดที่ยอมให้สัญญาณหายไปได้ในคาบเวลาความถี่ที่ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

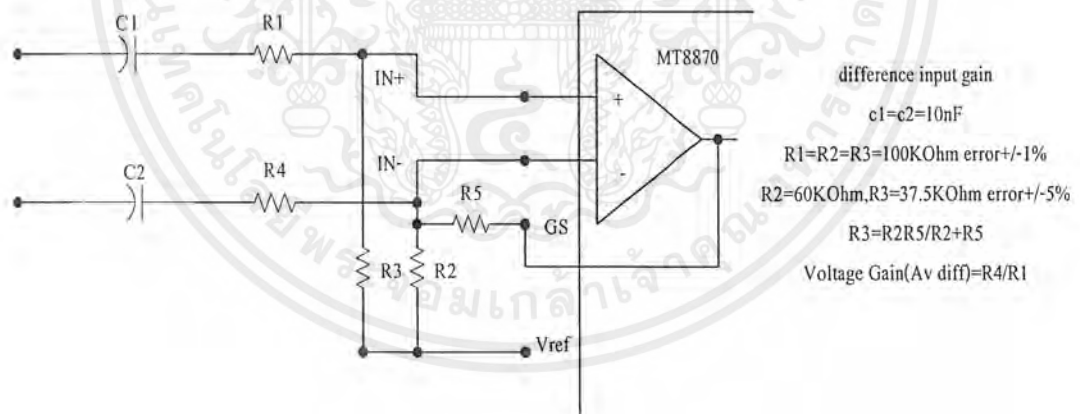
- tdo เวลาที่ใช้ในการตรวจพบสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง
- tdp เวลาที่ใช้ในการตรวจการหายไปของสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง
- tda การ์ดใหม่ของการปรากฏความถี่ DTMF
- tgrp การ์ดใหม่ของการปรากฏความถี่ DTMF
- teta การ์ดใหม่ของการหายไปของความถี่ DTMF

สำหรับคำว่าการ์ดใหม่ (Guard Time) นั้นหมายถึง ช่วงคาบเวลาของความถี่ที่เข้ามาซึ่งจะคือนานเท่ากับหรือมากกว่าช่วงเวลาที่เราตั้งไว้ จึงจะได้รับการยอมรับว่าสัญญาณความถี่นั้นถูกต้อง หรือพูดได้ว่าเวลาที่เรารั้งไว้โดย RC ก็คือ การ์ดใหม่นั้นเอง เมื่อสัญญาณความถี่เข้ามานานเท่ากับหรือมากกว่าเวลาที่ตั้งไว้ จึงจะสามารถแปลงเป็นตัวเลขออกไป การตั้งเวลาและคำนวณเวลาดูได้จากรูปที่ 2.12

4. ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง (Differential Input) วงจรส่วนอินพุตของ MT8870 เป็นภาคขยายออปแอมป์ที่สามารถปรับอัตราขยายโดยต่อวงจรภายนอกเพิ่มเข้าไปดังรูปที่ 2.14 ซึ่งสามารถคำนวณอัตราขยายความแตกต่างของอินพุตและอิมพีแดนซ์ได้ดังนี้

$$\text{อัตราขยาย (A}_{v \text{ diff}}) = R5 / R1$$

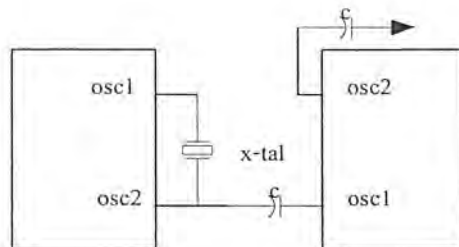
$$\text{อินพุตอิมพีแดนซ์ (Z}_{in \text{ diff}}) = 2/R1^2 + (1/wc)^2$$



รูปที่ 2.14 แสดงการต่อวงจรภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง

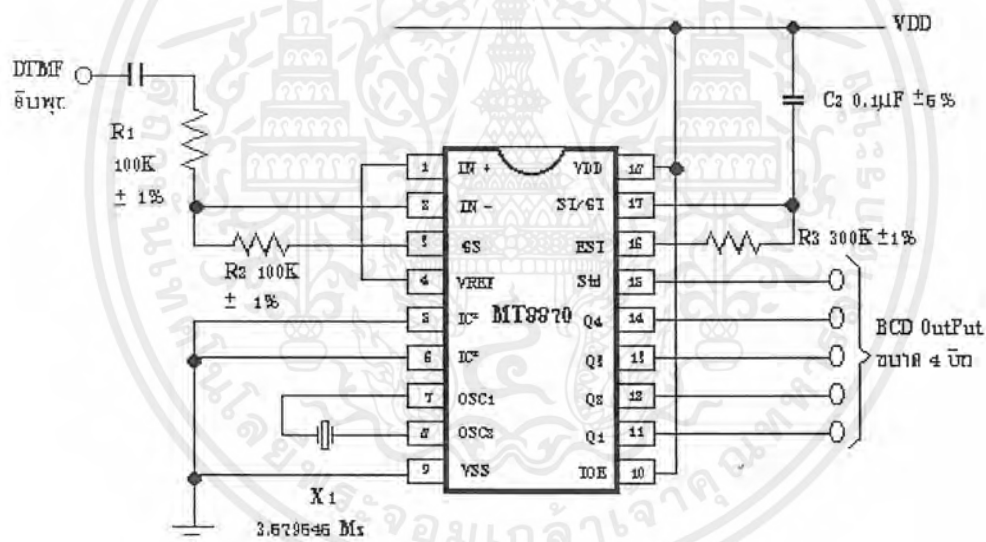
5. ภาคกำเนิดความถี่ (Oscillator) ในภาคนี้ภายในไอซีมีวงจรเวลาอยู่ภายใน เพียงแต่ต่อ X-TAL ขนาด 3.579 MHz ก็สามารถใช้งานได้ทันที ลักษณะการต่อวงจรดังแสดงในรูปที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 แสดงการต่อวงจรผลิตความถี่

วงจรใช้งาน



รูปที่ 2.16 แสดงวงจรใช้งานของ MT8870

จากคุณสมบัติและโครงสร้างของ MT8870 ที่กล่าวมาจึงได้นำมาประกอบเป็นวงจรดังรูปที่ 2.12 ซึ่งจะมีการทำงานดังนี้

สัญญาณความถี่ DTMF จะเข้ามาทางขาอน-อินเวิร์ตติ้ง (ขา2) โดยผ่าน C1 เป็นตัวคัปปลิ่งสัญญาณ และจะมี R1, R2 เป็นตัวปรับอัตราขยายให้เหมาะสม ส่วน R3, C2 จะเป็นตัวกำหนดคาร์ดไทม์เอาต์พุต ในที่นี้ใช้ค่า R3 = 300 KΩ, C2 = 0.1 µF ซึ่งจะได้คาร์ดไทม์ประมาณ 20 ms

ในขณะที่ MT8870 ทำการถอดรหัสสัญญาณ DTMF ออกมานั้น มันจะส่งสัญญาณ STD ออกมาที่ขา 15 เพื่อไปบอกให้ CPU รู้ว่าขณะนี้มันมีข้อมูลที่จะส่งให้ CPU แล้ว เมื่อ CPU รู้ก็จะส่ง

สัญญาณ CS3 มาเข้าที่ขา TOE ของ MT8870 เพื่อเป็นเอาต์พุตอินาเบลให้กับ MT8870 ที่ขา TOE เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติหากนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นี้หากได้รับลอจิก “0” จะทำให้ Q1 - Q4 มีสถานะเป็นไฮอิมพีแดนซ์ฉะนั้นหาก CPU รับรู้ว่ามี การถอดรหัสสัญญาณ DTMF และต้องการข้อมูล ก็จะส่ง CS3 มาให้ สัญญาณที่ได้จากการถอดรหัสจะออกมาเป็นรหัสเลขฐานสอง โดยเป็นข้อมูล D0 - D3 ให้กับ CPU เพื่อให้กับ CPU นำไปประมวลผลต่อไป

จากวงจรและการทำงานที่กล่าวมานี้ เมื่อนำมาประกอบวงจรทดลองเพื่อเลือกค่าอุปกรณ์ RC ที่เหมาะสมปรากฏว่าค่าของ R3 และ C2 นั้นมีความสำคัญมาก เพราะจะเป็นการกำหนดช่วงเวลาของสัญญาณ DTMF ที่จะยอมรับ ซึ่งค่า C2 นั้น ทางบริษัทที่ผลิตไอซีเบอร์นี้ได้แนะนำให้ใช้ค่า 0.1 μF แล้วเลือกค่า R3 ตามต้องการ ซึ่งค่า 300K Ω นั้นเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการใช้งานโทรศัพท์ของคนทั่วไปที่จะกดปุ่มโทรศัพท์และทำให้ไอซี MT8870 รับรหัสตัวเลขได้ทุกตัวและถูกต้อง

ส่วนสร้างสัญญาณ DTMF

เนื่องจากโทรศัพท์กดปุ่ม จะมีการทำงานโดยถ้าเรากดปุ่มเครื่องจะทำการสร้างความถี่ขึ้น 2 ชนิด แล้วทำการรวมสัญญาณ เพื่อส่งไปตามสายโทรศัพท์เข้าชุมสาย โดยจะมีความถี่ดังนี้

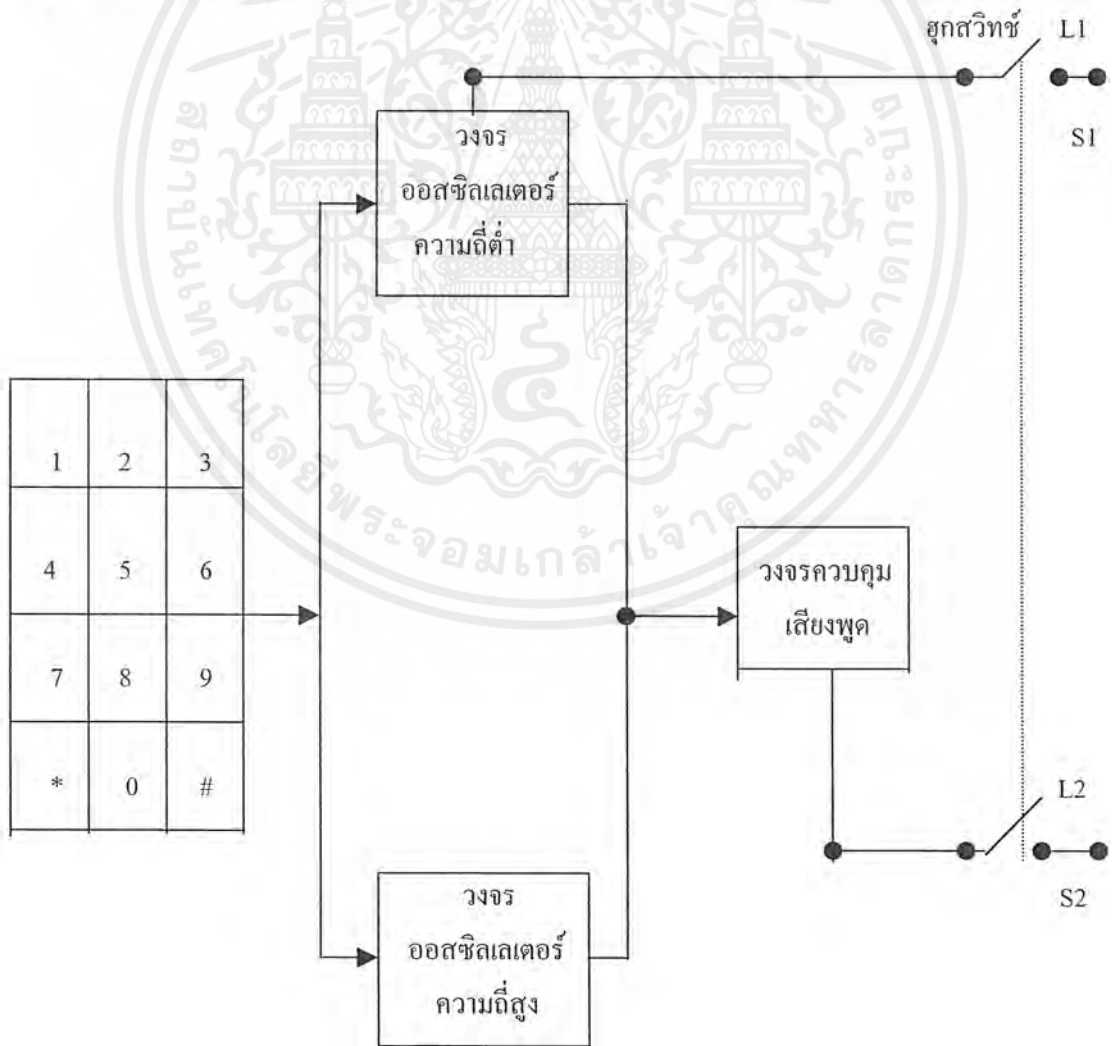
	1209	1336	1477	1633	
697	1	2	3	A	R1
770	4	5	6	B	R2
852	7	8	9	C	R3
641	*	0	#	D	R4
	C1	C2	C3	C4	

ตารางที่ 2.4 แสดงความถี่ผสมที่ใช้ในโทรศัพท์แบบกดปุ่ม

ในรูปที่ 2.18(ก) เป็นบล็อกไดอะแกรมของการส่งสัญญาณแบบ DTMF ซึ่งในระบบนี้ยังคงต้องใช้อุปกรณ์ จำพวกพาสซีฟ (Passive Elements) ในการนำมาสร้างวงจรออสซิลเลเตอร์ ซึ่งปัญหาที่พบคือ ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนไปและอายุการใช้งาน ผลที่จะตามมาก็คือ ความถี่ที่ผลิตออกมามีค่าเปลี่ยนเนื่องจากสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนไปและอายุการใช้งาน ผลที่จะตามมาก็คือ ความถี่ที่ผลิตออกมามีค่าเปลี่ยนแปลงไปด้วย สิ่งที่เกิดขึ้นมีผลต่อการทำงานของระบบชุมสาย มีโอกาสทำงานผิดพลาดในการติดต่อกับผู้ที่ถูกเรียก ดังนั้นการนำไอซีสำเร็จรูปมาใช้แทน

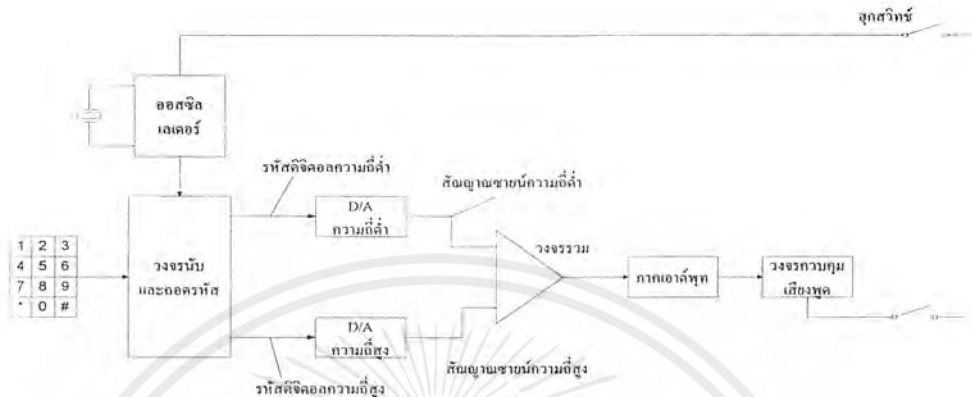
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์พาสซีฟ ข้อมที่จะแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ในระดับหนึ่ง ในรูปที่ 2.18 (ข) เป็นบล็อกไดอะแกรมของไอซีที่นำมาใช้สร้างสัญญาณในระบบ DTMF ซึ่งวงจรภายในจะประกอบด้วยวงจรรีบและถอดรหัส ซึ่งวงจรถอดรหัสก็จะแยกแยะว่าการกดหมายเลขแต่ละครั้งจะตรงกับตำแหน่งใดบ้างในแนวโร และแนวคอลัมน์ เมื่อทำการถอดรหัสจากการกดได้แล้ว ก็นำค่าในแนวโรและแนวคอลัมน์ ไปหารจากค่าความถี่หลัก สัญญาณที่ออกจากวงจรรีบและถอดรหัสก็จะได้สัญญาณดิจิทัลสัญญาณที่มีความถี่แตกต่างกัน จากนั้นก็นำทั้งสองสัญญาณไปผ่านวงจรแปลงสัญญาณจากดิจิทัลไปเป็นอะนาล็อก (D/A converter) และนำมารวมกันโดยการนำไปผ่านวงจรรวม และขยายสัญญาณแล้วจึงถูกส่งผ่านไปยังวงจรควบคุมเสียงพูด (Speech network) และผ่านต่อไปยังชุมสายโทรศัพท์ ในที่สุดไอซีอาจถูกออกแบบมาให้ใช้ร่วมกับแป้นพิมพ์หมายเลข (key pad) ชนิด DPST (Dual-Pole Single Throw) ซึ่งจะมีหน้าสัมผัส 2 หน้า หรืออาจเป็นชนิด SPST (Single-Pole Single Throw) ก็ได้ ในรูปที่ 2.17 เป็นแผนภาพและรูปของสัญญาณเมื่อมีการกดปุ่มหมายเลขใด ๆ จะสังเกตว่าในการดีโค้ดของแนวโรจะแอกติฟที่ลอจิก "1 "

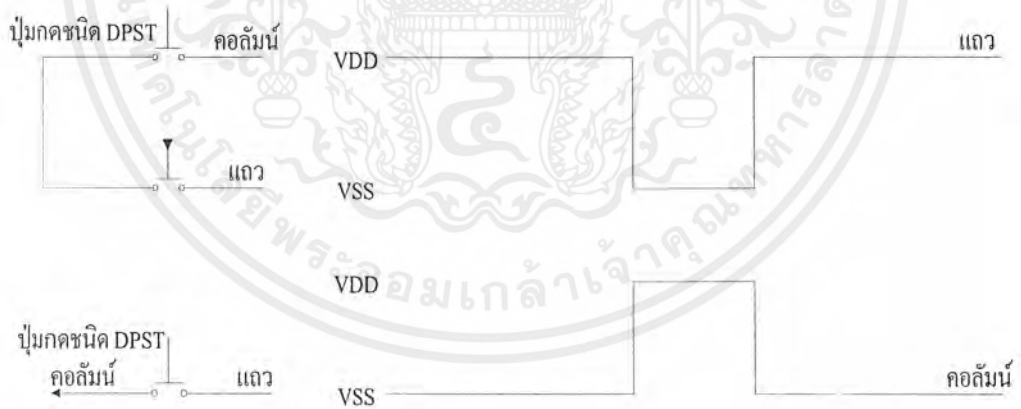


รูปที่ 2.17 วงจรแบบแรก ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 บล็อกไดอะแกรมของระบบ DTMF



รูปที่ 2.19 แสดงชนิดของปุ่มกดและรูปสัญลักษณ์

พอร์ต (PORT)

PORT คือ ตัวที่ทำหน้าที่รับหรือส่งข้อมูลให้กับอุปกรณ์ภายนอกกับ CPU ซึ่งตัว CPU มีความเร็วในการทำงานสูงกว่าอุปกรณ์ภายนอก

ET-PC 8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็น IC PORT ที่สามารถโปรแกรมการทำงานได้ซึ่งถูกสร้างขึ้นมาใช้กับ IC ตระกูล 8080 แต่ก็สามารถนำมาใช้กับ PC ได้อย่างง่ายดาย

IC 8255 นี้จะเป็น IC ซึ่งประกอบด้วย PORT ใช้งาน 3 PORT และอีก 1 PORT ควบคุมก่อนที่เราจะใช้งาน 8255 เราจะต้องส่งข้อมูลไปให้ยัง PORT ควบคุมก่อนว่าจะให้ PORT ทั้ง 3 PORT ของ 8255 ที่เหลือนั้นทำหน้าที่อะไร เป็น INPUT หรือ OUTPUT PORT เราจะต้องเป็นผู้กำหนด CONTROL CODE PORT ควบคุม จะเห็นว่าตัว IC มีอยู่ 3 PORT ที่ใช้งาน คือ PORT A PORT B มีขนาด 8 BIT และ PORT C โดยที่ PORT C นั้นยังสามารถแบ่งกลุ่มออกเป็น PORT และ 4 BIT จึงทำให้มี PORT C บน และ PORT C ล่าง คราวนี้การต่อใช้งานก็จะมีขาที่เป็น INPUT ให้กับตัว IC ก็มี

DO - D7 ต่อเข้ากับ DATA BUS ของ CPU เพื่อใช้สำหรับรับส่งข้อมูลกันระหว่าง PORT กับ CPU

AO-A1 ขา ADDRESS ซึ่งเป็นตัวสำคัญในการกำหนด PORT ว่าเรียก PORT อะไรเป็น PORT A B หรือ C จากที่กล่าวมาแล้วสถานะที่เราคิดมีเพียง ON กับ OFF ดังนั้น IC ตัวนี้จึงมีเบอร์ PORT ในตัวมัน 4 PORT เพราะมีสาย ADDRESS 2 เส้น $= 2^2$ และเราได้กล่าวมาแล้ว 63 PORT ดังนั้นจึงเหลืออีก PORT หนึ่ง ซึ่ง PORT ตัวนี้จะเป็นตัวที่สำคัญที่สุดในการทำงานของ IC ตัวนี้ ซึ่งก่อนที่จะให้ IC ตัวนี้มีหน้าที่อะไรนั้นจะต้องทำการส่งหน้าที่ของ IC ให้กับ PORT นี้เสียก่อนที่จะให้ IC ตัวนี้มีหน้าที่อะไรนั้นจะต้องทำการส่งหน้าที่ของ IC ให้กับ PORT นี้เสียก่อนเรียก PORT นี้ว่า CONTROL PORT ซึ่งจะมีการเรียงลำดับดังนี้

A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	AO	
ไม่สนใจ						0	0	PORT A
ไม่สนใจ						0	1	PORT B
ไม่สนใจ						1	0	PORT C
ไม่สนใจ						1	1	PORT CONTROL

ดังนั้นเวลาเราเรียก PORT ซึ่งใน 1 คำสั่งนั้นจะต้องเรียกเบอร์ PORT เป็น 8 BIT คือ เลข HEX 2 หลัก แต่ IC จะให้ PORT ไหนทำงานจะมีสำคัญเพียงแค่หลักหลัง คือ A1 กับ AO ว่ามีค่าเป็นอะไร

อย่างเช่น บน ET-BOARD ที่ DECODE ที่ 8255 วางไว้ คือ PORT 20H ถ้าเราเรียก PORT เบอร์นี้ก็จะให้ผล คือ PORT A เพราะ A1 กับ AO เป็น 0 แต่ถ้าเราเรียก PORT 21H บ้างก็เป็น PORT B เพราะ A1 เป็น 0 และ AO เป็น 1 หรือถ้าเราเรียก PORT เบอร์ 24H บ้าง PORT ที่จะทำงานก็คือ PORT A เพราะ A1 กับ AO เป็น 0 ดังนั้นเวลาเราเรียก PORT 20H กับ 24H จึงเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PORT เดียวกันบน ET-BOARD เพราะ 1 จุดนั้นอ้างถึง 32 PORT คือ 20H-3FH หรือสังเกตอีกอย่างคือ มันจะทับซ้อนตัวเองเพราะตัว IC อ้างได้ 4 PORT พอเกิน 4 PORT มันก็จะกลับไปเริ่มต้นใหม่ อย่าง 20H อ้างถึง 4 PORT ก็จะถึง 23 H พอเพิ่มอีก 1 มันก็จะเกิน 4 PORT คือ PORT 24H ก็เป็น 20H นั่นเองอย่างเช่น PORT 20H, 24H, 28H, 32H ทั้งหมดนี้ก็คือ PORT เดียวกัน PORT เดียวกัน (PORT A) ในจุด DECODE 1 จุดบน ET-BOARD นี้

\overline{CS} เป็นขาเลือก IC PORT ให้ทำงานนี้จะต่อเข้ากับ IC ที่ DECODE เบอร์ PORT ไว้โดยการเรียกเบอร์ PORT นี้ จะรวมเข้ากับ ADDRESS 2 เส้นที่ต่อเข้ากับ PORT ด้วยคือ A0 กับ A1 เพราะเวลาที่เรียกเบอร์ PORT ต้องใช้คำสั่งซึ่งเป็น 8 BIT ตาม CPU ดังนั้น 1 คำสั่งจึงรวมสาย ADDRESS 2 เส้นนี้ด้วยเพราะอยู่ ADDRESS ต่ำอย่างบน ET-BOARD 8255 ที่ว่าง ขา CS จะต่อเข้ากับ IC 74LS138 ขา 14 คือจุดที่ DECODE เบอร์ PORT ตั้งแต่เบอร์ 20H ไว้นั่นเอง (PORT A)

\overline{RD} ใช้ขบวนการ INPUT เมื่อ CS และ RD ACTIVE เป็น 0
 \overline{WR} ใช้ขบวนการ OUTPUT เมื่อ CS และ RD ACTIVE เป็น 0
 RESET เป็น 1 ใช้ CLEAR สถานะต่างๆ ของ 8255

PORT ที่ใช้สำหรับ CONTROL

การใช้ 8255 จะต้องส่งรหัสควบคุม (CONTROL BYTE) เข้าไปยัง PORT ข้อมูลควบคุม (PORT สุดท้ายใน 4 PORT คือที่ A1 กับ A0 เป็น 1 เช่น PORT 23H บน ET-BOARD ที่ 8255 ว่าง) เพื่อควบคุมการทำงานของ 8255 ว่าให้ทำงานใน MODE ไหนและให้แต่ละ PORT เป็น INPUT หรือ OUTPUT PORT

ความหมายของ BIT ต่าง ๆ ของรหัสควบคุม (CONTROL BYTE) หรือรหัสสั่งงาน 8255 ในตอนเริ่มแรก

D7 แสดงถึงรหัสควบคุมให้เริ่มทำงาน (1 = ทำงาน) คือ จะมีผลทำให้ 8255 รับรู้สิ่งต่อไปใน BIT ต่าง ๆ ที่จะกำหนดให้เพราะฉะนั้นเวลาจะสั่งงานหรือหน้าที่ให้กับ 8255 BIT นี้จะเป็น 1 เสมอ

D6 และ D5 เป็นการเลือก MODE ในการทำงานของ PORT A ซึ่งมี 3 MODE ใน 8255 จะได้กล่าวต่อไป

D4 กำหนดให้ PORT A เป็น INPUT หรือ OUTPUT โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0 = OUTPUT PORT

1 = INPUT PORT

D3 กำหนดให้ PORT C บนเป็น INPUT หรือ OUTPUT โดย

0 = OUTPUT PORT

1 = INPUT PORT

D2 เป็นการเลือก MODE ให้กับ PORT B

0 = MODE 0

1 = MODE 1

D1 กำหนด PORT B เป็น INPUT หรือ OUTPUT โดย

0 = OUTPUT

1 = INPUT

D0 กำหนด PORT ล่าง (PCO-PC3) เป็น OUTPUT โดย

0 = OUT

1 = INPUT

ตัวอย่าง

กำหนดให้ 8255 เป็น PORT INPUT OUTPUT แบบธรรมดา โดย PORT A เป็น OUTPUT PORT B เป็น OUTPUT PORT C บนเป็น INPUT และ PORT C ล่างเป็น OUTPUT นี่คือการกำหนดการทำงานของ 8255 บน ET-BOARD เราใส่ CODE ให้กับรหัสควบคุมดังนี้

D7	D6	D5	D4		D3	D2	D1	D0	
1	0	0	0		1	0	0	0	
8					8				เลข HEX

จากนั้นเราก็นำค่านี้ออกไปที่ PORT ควบคุมในกรณีของ ET-BOARD PORT เริ่มแรกที่ DOCODE อยู่ที่ OOH จึงนำค่านี้ออก PORT สุดท้าย (PORT ที่ 4) คือ 03H ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LD    A,88H
OUT   (03H),A
```

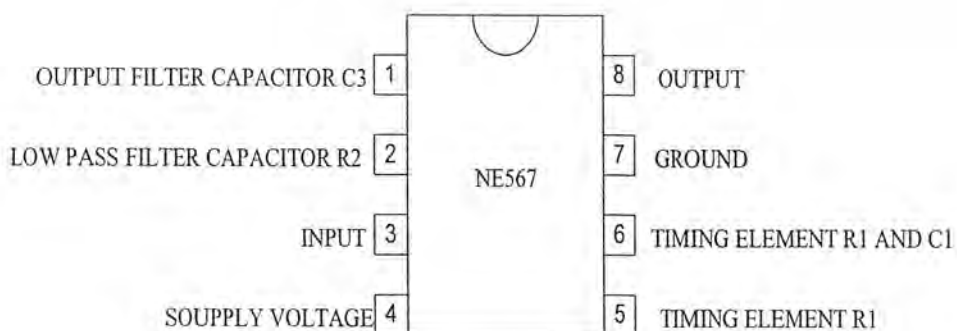
เมื่อทำ 2 คำสั่งนี้เสร็จ 8255 ก็จะมีหน้าที่ตั้งที่เราต้องการเราก็สามารถนำข้อมูลออก PORT ได้แล้วเช่นที่ PORT A ต่อ LED ACTIVE ที่ LOGIC 1 เมื่อเราจะให้ LED ดิบหมดเราก็สามารถให้คำสั่งส่งข้อมูลออกไปยัง PORT A ได้เลย

```
LD    A,OFFH
OUT   (OOH),A ; ข้อมูลออก PORT A
```

ดังนั้นทุกครั้งก่อนใช้ 8255 ต้องให้ CONTROL CODE ก่อน

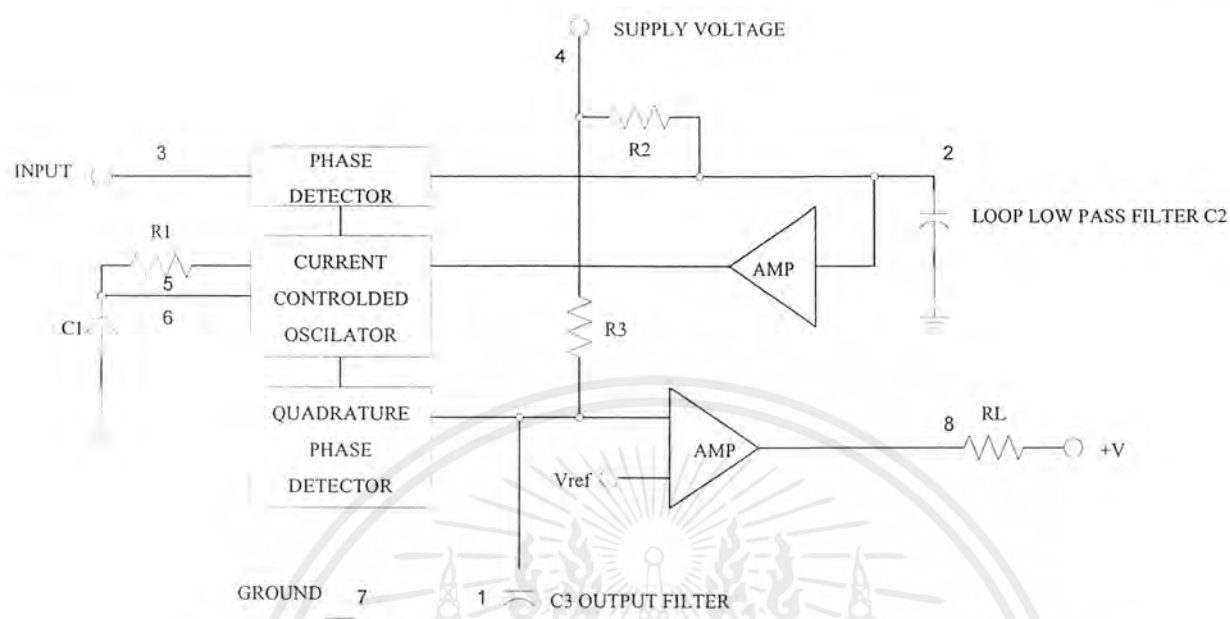
อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สายโทรศัพท์

IC NR567 โทเนดีโคเดอร์ (Tone Decoder)/เฟสล็อกคิปรูป (Phase Locked Loop) เป็นอุปกรณ์เฟสล็อกคิปรูปที่มีเสถียรภาพสูง และมีซิงโครไนส์ เอเอ็ม ล็อก ดีเทกชัน (Synchronous AM Lock Detection) และวงจรภาคเอาต์พุต (Power Output Circuitry) ฟังก์ชันของ NE567 คือ จะจับโหนดเมื่อสัญญาณความถี่ที่ได้รับเข้ามาที่ขาเซิร์ฟไบอัสอินพุต (Self biased input) อยู่ในช่วงดีเทกชันแบนด์ (Detection band) และจะให้ค่าเอาต์พุตเป็นสูง ค่าความถี่กลาง (Center Frequency) ของแบนด์วิดท์ (Bandwidth) กับค่าดีเลย์ของเอาต์พุต (Output Delay) เป็นอิสระกันและจะถูกกำหนดโดยอุปกรณ์ภายนอก (External Components) แทน นับเป็นข้อดีข้อหนึ่งของ NE567 ที่สามารถใช้ได้กับช่วงความถี่ครอบคลุมตั้งแต่ 0.1 Hz ถึง 500 kHz และสามารถปรับความถี่ได้ถึง 20 เท่า ด้วยความต้านทานภายนอกเพียงตัวเดียว



รูปที่ 2.20 แสดงขาต่างๆ ของ NE567 (Pin Configurations)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ NE567 (Block Diagram)

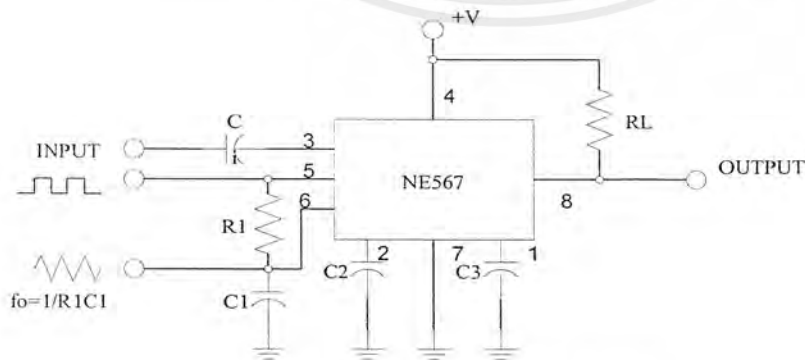
การออกแบบ : $f_o = 1.1/R1 * C1$

$BW = 1070 \sqrt{V1/foC2}$

โดย $V1 < 200 \text{ mVms}$

เมื่อ $V1$ คือ ค่าโวลต์เตจของอินพุท (Input Voltage : ms)

$C2$ คือ ตัวเก็บประจุโลว์พาสฟิลเตอร์ (Low Pass Filter Capacitor : uF)



รูปที่ 2.22 แสดงการต่อวงจรของ NE567

เลือกสัญญาณ 400 Hz (สัญญาณแมวกรอน) => $f_o = 400 \text{ Hz}$

เลือก $C1 = 1 \text{ F}$ จาก $R1 = 1.1/fo * C1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= 1.1/(400 \text{ Hz})(1 \text{ uF})$$

$$= 2750\Omega$$

เลือกตัวเก็บประจุโลว์พาสฟิลเตอร์ (C2) โดยหาจากค่าดีเทคชั่น แบนด์วิดท์กับสัญญาณอินพุต สำหรับ $f_0 = 400 \text{ Hz}$ เลือก $C2 = 1 \text{ F}$, $V1 = 200 \text{ mVms}$

$$\text{จาก } BW = 1070 V1/f_0 * C2$$

$$= 1070 (200 \text{ mV})/(400 \text{ Hz})(1 \text{ uF})$$

$$= 23.9 (\% \text{ ของ } 400 \text{ Hz})$$

$$BW = 400 \text{ Hz} + 95.7 \text{ Hz}$$

$$= 304 - 496 \text{ Hz}$$

นั่นคือ สามารถครอบคลุมสัญญาณบีซีโทนด้วย C3 มีหน้าที่เซ็ทค่าแบนด์วิดท์ของวงจรวอร์พาสฟิลเตอร์ (Set Band Edge Of Low Pass Filter) เพื่อกำจัดสัญญาณแทรกซ้อน (Spurious Output) ออกไป ค่าของ C3 โดยทั่วไปไม่ต้องระวังในการเลือกนัก แต่ถ้า C3 มีค่าน้อยมาก ความถี่นอกแถบดีเทคชั่นแบนด์ จะมีผลไปเปลี่ยนสถานะของเอาต์พุตให้เปิดและปิด ช่วงความถี่ที่ดีที่สุด (Best frequency) มีผลทำให้เอาต์พุตเป็นพัลส์เปิดและปิดระหว่างที่เดทรานเซียนช่วงเปิด (Transcient) หรือถ้า C3 มีค่ามากเกินไป สภาวะเปิดและปิดของเอาต์พุตจะถูกหน่วงไว้จนกว่าโวลต์เดจคร่อม C3 มีค่ามากกว่าเทรคโฮลด์โดยปกติ ค่าของ C3 จะต้องไม่ต่ำกว่า $2C2$

$$\text{สำหรับ } f_0 = 400 \text{ Hz}, C2 = F$$

$$\text{ได้ } C3 < 2C2 = 2 \text{ uF}$$

ในทางปฏิบัติ : กรณีความถี่ $f_0 = 400 \text{ Hz}$ ใช้ $C1 = 1 \text{ F}$ แบบอีเล็กโตรไลต์ หากค่า R1 โดยใช้ตัวต้านทานที่ปรับค่าได้ แบบ 25 รอบที่มีค่า 20 K ปรับจน f_0 เท่ากับ 400 Hz วัดเอาต์พุตจากขา 6 (ยังไม่มี การต่อสัญญาณอินพุต) ซึ่งเป็นสัญญาณสามเหลี่ยม (Triangle) ดูว่ามีความถี่เท่ากับ f_0 หรือยัง วัดความต้านทาน R1 ได้เท่ากับ 2.4 K ซึ่งน้อยกว่าที่คำนวณไว้ (2.75 K) 12.7% อาจเป็นเพราะ C1 อีเล็กโตรไลต์ที่มีค่าผิดพลาดมากกว่าความเป็นจริง

วงจรมอนอสเตเบิล

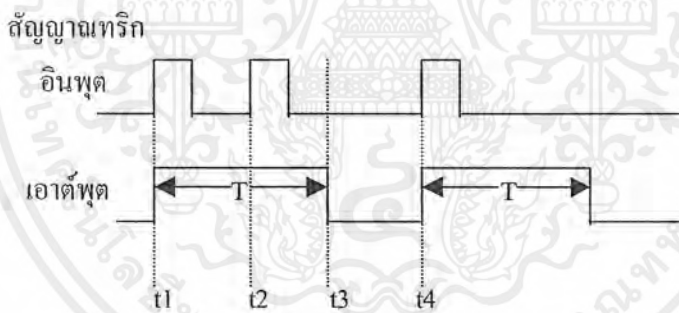
วงจรมอนอสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ (Monostable Multivibrator) หรือบางครั้งอาจเรียกว่าวงจรรี "One-Shot" เป็นวงจที่สามารถนำไปใช้งานได้หลายประเภท ยกตัวอย่างเช่น ใช้เป็นวงจรถ่ายค่าจัดสัญญาณรบกวนในระบบสัญญาณดิจิทัล หรือเป็นวงจสร้างสัญญาณพัลส์ที่มีความกว้างตามต้องการ หรือเป็นวงจรถ่วงเวลาต่าง ๆ และอื่น ๆ อีกมากคำว่า "โมนอสเตเบิล" นั้นหมายถึงว่า วงจรนั้นจะมีสถานะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

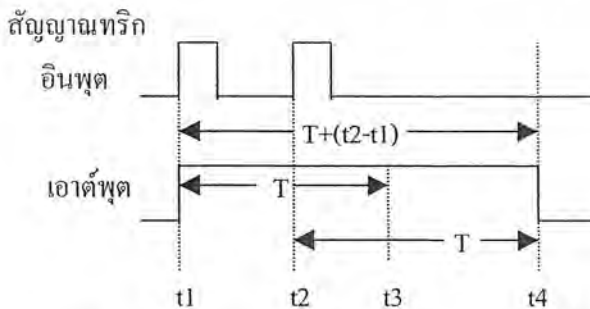
ของเอาต์พุตเดียวเท่านั้นที่เสถียรอยู่ได้ ซึ่งอาจจะมีสถานะลอจิกเป็น “สูง” หรือ “ต่ำ” แล้วแต่การออกแบบวงจรการทำงานของวงจรโมโนสเตเบิลนั้น โดยปกติแล้วเอาต์พุตจะอยู่ที่สถานะที่เสถียรนั่นเองแต่เมื่อมีสัญญาณพัลส์เข้ามากระตุ้นทางอินพุต จะทำให้เอาต์พุตมีการเปลี่ยนแปลงสถานะเป็นตรงข้าม ซึ่งจะคงสถานะนั้นอยู่ในช่วงเวลาหนึ่งที่สามารถกำหนดได้จากการออกแบบวงจรแล้วจึงเปลี่ยนกลับมาสถานะเดิมที่เสถียรอีกครั้งหนึ่ง

วงจรโมโนสเตเบิลแบ่งออกเป็น 2 แบบใหญ่ ๆ คือ แบบรับการกระตุ้นซ้ำ (Retriggerable) และแบบไม่รับการกระตุ้นซ้ำ (Non-Retriggerable) ซึ่งทั้งสองแบบมีหลักการทำงานคล้ายกัน แต่ต่างกันที่การรับการกระตุ้นของอินพุตซ้ำหรือไม่ โดยจะกล่าวถึงหลักการทำงานและประโยชน์ในการใช้งานภายหลัง

ในรูปที่ 2.23 และ 2.24 แสดง ถึงจังหวะการทำงานของวงจรโมโนสเตเบิลทั้งสองแบบ ซึ่งจะให้เห็นข้อแตกต่างระหว่างกันได้ชัดเจน โดยในรูปที่ 1 เป็นแบบไม่รับการกระตุ้นซ้ำ สถานะเดิมของเอาต์พุตจะเป็นลอจิก “ต่ำ” เมื่อมีพัลส์มากระตุ้นทางอินพุตที่เวลา t_1 เอาต์พุตจะเปลี่ยนสถานะจากเดิมในทันทีเป็นลอจิก “สูง” และจะคงสถานะเช่นนั้นอยู่ในช่วงเวลา T ที่สามารถกำหนดได้จากวงจร เมื่อพ้นช่วงเวลา T ไปแล้ว เอาต์พุตก็จะกลับมาสู่สถานะเดิมและจะคงอยู่เช่นนั้นต่อไปจนกระทั่งมีพัลส์มากระตุ้นทางอินพุตครั้งต่อไป (เมื่อเวลา t_4)



รูปที่ 2.23 จังหวะการทำงานของวงจรโมโนสเตเบิลแบบไม่รับการกระตุ้นซ้ำ



รูปที่ 2.24 จังหวะการทำงานของวงจรโมโนสเตเบิลแบบรับการกระตุ้นซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติที่สำคัญของโมโนสเตเบิลแบบไม่รับการกระตุ้นซ้ำนี้ จากรูปที่ 2.23 จะเห็นได้ว่าที่จังหวะเวลา t_2 จะมีพัลส์มากระตุ้นทางอินพุตครั้งที่สองแต่ในขณะนั้นเอาต์พุตยังอยู่ในสถานะลอจิก “สูง” อยู่เนื่องจากยังไม่ครบช่วงเวลา T ผลของการกระตุ้นในครั้งที่สองนี้ จะไม่มีผลอย่างไรกับวงจรทั้งสิ้น แต่เมื่อพ้นช่วงเวลา T ไปแล้วหากมีพัลส์เข้ามาอีกก็รบกวนการกระตุ้นนั้น เช่น ที่เวลา t_4 นั่นก็หมายความว่าการทำงานของโมโนสเตเบิลแบบนี้จะไม่ยอมรับการกระตุ้นซ้ำ ถ้าหากการทำงานของวงจรเนื่องจากการกระตุ้นครั้งแรกยังไม่สิ้นสุดลง

การใช้งานอย่างหนึ่งของโมโนสเตเบิลแบบนี้ก็คือ การแก้ปัญหของอาการเกิด “สภาวะกระโดด” (Bounce) ของสวิตช์ เนื่องจากว่าสวิตช์เชิงกลทั่วไป (สวิตช์กดหรือโยก) จะมีปัญหาของการสัมผัสของหน้าสัมผัสของสวิตช์ ซึ่งในความรู้สึกรู้สึกทั่ว ๆ ไปจะคิดว่าอาการกดหรือโยกสวิตช์ครั้งหนึ่งก็น่าจะทำให้หน้าสัมผัสของสวิตช์เกิดการสัมผัสกันเพียงครั้งเดียว แต่ถ้าจะมองให้ลึกกลงไปแล้วปรากฏว่าก่อนที่จะหน้าสัมผัสของสวิตช์จะเกิดการสัมผัสกันสนิทนั้น จะเกิดการกระโดดของหน้าสัมผัสครั้งเดียวหรือสองครั้ง หรือหลาย ๆ ครั้ง เกิดขึ้นเสมอ สิ่งนี้ถูกเรียกว่าสภาวะการกระโดดของสวิตช์นั่นเอง สภาวะนี้จะคงอยู่ในช่วงเวลาประมาณ 2-5 มิลลิวินาที ซึ่งถ้านำสวิตช์นี้ไปใช้งานธรรมดาเช่น เปิด/ปิด หลอดไฟฟ้าหรือเครื่องไฟฟ้า ก็จะไม่เกิดปัญหาขึ้น แต่ถ้าใช้สวิตช์นี้ในการควบคุมหรือกำหนดสัญญาณให้แก่วงจรดิจิทัลแล้วเช่น คีย์บอร์ดของคอมพิวเตอร์จะเกิดปัญหาขึ้นทันที เนื่องจากพัลส์ของการกระโดดของสวิตช์นั่นเอง ทำให้แทนที่จะเกิดพัลส์เพียงลูกเดียวกลับเกิดพัลส์ถึง 2-3 ลูก ซึ่งจะทำให้การทำงานของระบบผิดพลาดไป

วิธีการแก้ปัญหาดังกล่าว สามารถทำได้โดยการใช้วงจรมอนอสเตเบิลแบบไม่รับการกระตุ้นซ้ำที่ออกแบบให้ช่วงเวลา T มีค่ามากกว่า 5 มิลลิวินาที มาต่ออนุกรมเข้ากับสวิตช์ ดังนั้นการเอาต์พุตของโมโนสเตเบิลจะเป็นบอจิก “สูง” เมื่อเกิดการกระโดดของสวิตช์ครั้งแรกและจะคงค้างสภาวะอยู่เช่นนั้นจนครบเวลา T ซึ่งสภาวะการกระโดดของสวิตช์ได้สิ้นสุดลงแล้ว จึงทำให้พัลส์เพียงลูกเดียวตามต้องการ ซึ่งจากวิธีการนี้สามารถดัดแปลงนำไปใช้ในการจำกัดสัญญาณรบกวนในระบบสัญญาณดิจิทัลได้

จังหวะการทำงานของวงจรโมโนสเตเบิลแบบรับการกระตุ้นซ้ำ ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.24 ก็เช่นเดียวกันแบบแรก ช่วงเวลาที่โมโนสเตเบิลคงสภาวะที่ไม่เสถียรอยู่นั้นเป็นช่วงเวลา T ซึ่งได้รับการกระตุ้นจากพัลส์ที่เวลา t_1 โดยปกติแล้วเอาต์พุตนี้จะเปลี่ยนสภาวะกลับมาเช่นเดิม เมื่อพ้นช่วงเวลา t นี้ไปแล้วคือที่เวลา t_3 แต่เมื่อเวลา t_2 ก็มีพัลส์ลูกที่ 2 เข้ามากระตุ้นอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งจะเป็นการเริ่มต้นการทำงานครั้งใหม่ จึงเริ่มนับช่วงเวลา T ใหม่อีกครั้งหนึ่ง ดังนั้นช่วงเวลาทั้งหมดที่โมโนสเตเบิลค้างสภาวะอยู่อย่างนั้นจะเป็นช่วงเวลา $T+(t_2-t_1)$ นั่นเอง

การประยุกต์ใช้งานอย่างหนึ่งของวงจรแบบนี้ได้แก่ระบบเตือนภัยของการทำงานผิดปกติของระบบที่ทำงานเป็นช่วงเวลาๆ ที่ต่อเนื่องกัน ตัวอย่างเช่นระบบเตือนภัยของการตรวจสอบการหายใจของคนไข้ในโรงพยาบาล ซึ่งการหายใจแต่ละครั้งจะให้พัลส์ไปกระตุ้นการทำงานของโมโนสเตเบิลแบบรับการกระตุ้นซ้ำนี้ที่ออกแบบให้ช่วงเวลา T มากกว่าจังหวะของการหายใจของคนปกติจะทำให้เอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

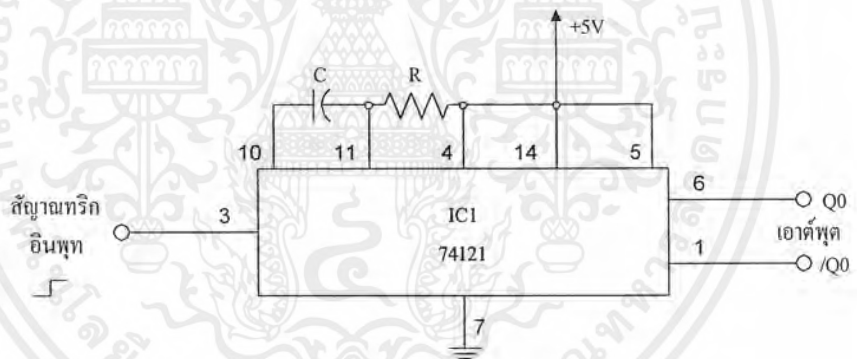
ของโมโนสเตเบิลคงสถานะเป็นลอจิก “สูง” ไปตลอด แต่ถ้าหากคนใช้มีการหายใจช้าลงกว่าปกติโมโนสเตเบิลคงสถานะเป็นลอจิก “ต่ำ” ซึ่งจะทำให้เกิดเสี้ยวสัญญาณเตือน ให้พยาบาลทราบได้ในทันที

โมโนสเตเบิลจากไอซี CMOS และ TTL

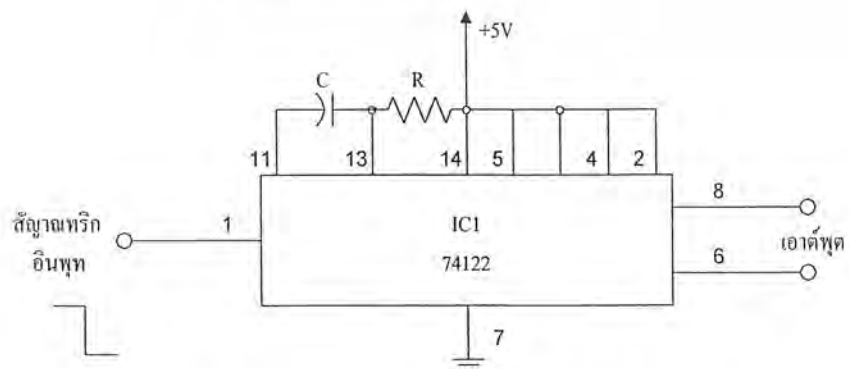
จะขอกล่าวถึงการใช้อิซี ที่ถูกออกแบบมาให้ทำหน้าที่เป็น โมโนสเตเบิลโดยเฉพาะ ซึ่งมีทั้งแบบ CMOS และ TTL ในรูปที่ 2.25 และ 2.26 แสดงถึงการใช้อิซี TTL เบอร์ 742121 และ 74122 ตามลำดับ โดยทั้งสองวงจรถูกออกแบบให้เป็นแบบไม่รับการกระตุ้นซ้ำและรับอินพุตแบบขอบขาลง ซึ่งมีช่วงเวลา $T = 0.69 * R1 * C1$ ยกตัวอย่าง ต้องการช่วงเวลาเป็น 10 ไมโครวินาที และเลือกค่า $C1 = 0.001 \mu F$ ดังนั้นค่าของ $R1$ ที่ใช้คือ

$$\begin{aligned}
 R1 &= T / 0.69C1 \\
 &= 10 * 10^{-6} / 0.69 * 10^{-9} \\
 &= 14,493 \Omega
 \end{aligned}$$

ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้ตัวต้านทานที่มีตามท้องตลาดตาม ค่ามาตรฐานคือ 15 kΩ



รูปที่ 2.25 การใช้ TTL เบอร์ 74121 เป็นโมโนสเตเบิล



รูปที่ 2.26 การใช้ TTL เบอร์ 74122 เป็นโมโนสเตเบิล

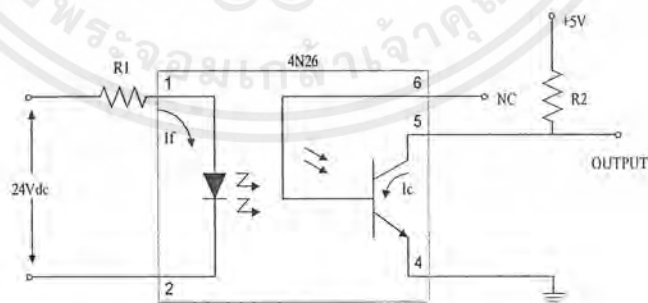
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์เชื่อมต่อโยงทางแสง

การเชื่อมต่อโยงทางแสง (Optocoupler) สามารถใช้ในงานที่ต้องการแยกระบบไฟฟ้าของทั้งสองวงจรออกจากกันเช่น เมื่อใช้เอาต์พุตที่เป็นแรงดันต่ำของวงจรทางดิจิทัลไปควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟสลัปทั้งนี้เนื่องจากวงจรทางด้านดิจิทัล ไม่สามารถส่งเอาต์พุตออกเป็นแรงดันไฟกระแสสลับได้ นอกจากนี้กระแสไฟสลัปที่เหนี่ยวนำขึ้นในวงจรทางด้านดิจิทัลนั้นสามารถทำให้เกิดข้อยุ่งยากต่าง ๆ ได้ ดังนั้นมอเตอร์และวงจรทางด้านดิจิทัลจึงต้องแยกจากกันทางไฟฟ้า ซึ่งเป็นหน้าที่หลักของตัวเชื่อมต่อโยงทางแสง ที่สำคัญตัวเชื่อมต่อโยงทางแสง อาจจะถูกนำไปใช้ในงานซึ่งเอาต์พุตที่มีแรงดันสูงของอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจจับถูกป้อนเข้าสู่วงจรควบคุมที่ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ ในการควบคุมการเริ่มต้นและสิ้นสุดของการทำงาน

วงจรเปลี่ยนระดับแรงดัน

เมื่อต้องการให้วงจรทางด้านดิจิทัลรับสัญญาณอินพุตจากอุปกรณ์ภายนอก ซึ่งมีค่าแรงดันสูงจึงจำเป็นต้องเปลี่ยนระดับแรงดันของสัญญาณให้อยู่ในระดับลอจิก 5 โวลต์ ถ้าสัญญาณอินพุตเป็นสัญญาณไฟตรงก็สามารถที่จะเชื่อมต่อกับวงจรลอจิก ได้โดยใช้ตัวเชื่อมต่อโยงทางแสง โดยไม่ต้องเกี่ยวข้องกับทางไฟฟ้าระหว่างวงจรทั้งสองส่วน (วงจรทั้งสองจะไม่ใช้สายกราวด์ร่วมกัน) ประโยชน์ของการแยกวจรทั้งสองออกจากกันก็คือสัญญาณรบกวนใด ๆ หรือแรงดันที่เป็นยอดแหลม (Spike Voltage) ที่เกิดจากสายกราวด์ของวงจรภายนอก จะไม่เข้าไปเกิดขึ้นในสายกราวด์ของวงจรลอจิกเลย นอกจากนี้ตัวเชื่อมต่อโยงทางแสงยังสามารถใช้เพื่อเปลี่ยนสัญญาณไฟสลัป เป็นระดับสัญญาณลอจิก 5 โวลต์ได้ ในขณะที่เดียวกันก็จะแยกวจรลอจิกออกแรงดันไฟกระแสสลับที่มีค่าสูงด้วย



รูปที่ 2.27 ขาเบสของตัวเชื่อมต่อโยงทางแสงเบอร์ 4N26 ใช้ต่อเพื่อเพิ่มความเร็วของการสวิทช์

วงจรในรูปที่ 2.27 จะเปลี่ยนอินพุตขนาดแรงดัน 24 โวลต์ไปเป็นเอาต์พุตขนาด 5 โวลต์ ที่มีขั้วกลับกัน (Invert) เมื่ออินพุตมีค่าสูงจะทำให้เอาต์พุตมีค่าต่ำเมื่อป้อนสัญญาณขนาด 24 โวลต์ เข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปจะเกิดกระแสไหลผ่านไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด แสงที่เปล่งออกมาจะไปตกกระทบกับโฟโตรีซิสเตอร์ทำให้เกิดการนำกระแสขึ้น เนื่องจากเอาต์พุตนั้นต่อมาจากขาคอลเลคเตอร์ จึงได้เป็นค่าแรงดันระดับลอจิก “0” เมื่อค่อไปเข้าอินพุตของลอจิก เมื่อนำสัญญาณอินพุตออกไปจะทำให้โฟโตรีซิสเตอร์หยุดนำกระแสและ R_2 จะดึงให้เอาต์พุตเป็นลอจิก “1” การใช้ตัวเชื่อมต่อทางแสงเบอร์ 4N33 ก็เนื่องจากมีค่าแรงดัน อิมิตเตอร์ระหว่างขาคอลเลคเตอร์และอิมิตเตอร์ ($V_{CE(sat)}$) ต่ำ ในตารางที่ 2.5 จะแสดงให้เห็นคุณสมบัติต่างๆ ของเบอร์ 4N26

		ค่าต่ำสุด	ค่าปกติ	ค่าสูงสุด	หน่วย
อินพุต	I_F			80	มิลลิแอมป์
	$V_F (I_F = 10\text{mA})$		1.1	1.5	โวลต์
	V_R			3	โวลต์
เอาต์พุต	I_C			100	มิลลิแอมป์
	$V_{(BR)CBO}$	70			โวลต์
	$V_{(BR)CEO}$	30			โวลต์
	$V_{(BR)ECO}$	7			โวลต์
ตัวแปรเชื่อมต่อ	$I_C (I_F = 10\text{ mA}, V = 10\text{ V})$	20			มิลลิแอมป์
	$V_{CE(sat)} (i_f = 50\text{ mA}, I_C = 2\text{ mA})$		0.1	0.5	โวลต์

ตารางที่ 2.5 คุณสมบัติของเบอร์ 4N26

ค่าความต้านทาน R_2 ไม่ได้จำเป็นเพราะจะจาง ส่วนค่าของ R_1 ที่กำหนดมาสำหรับอินพุตที่มีระดับแรงดันใด ๆ หาได้จาก

$$R_1 = (V_{IN} - V_F) / (I_F)$$

เมื่อ

$$I_F = \{ [(V_{CC} - V_{CE(sat)}) / (R_2) - I_{IL}] / \eta \}$$

ค่าของ I_F จะเป็นตัวรับประกันว่าตัวโฟโตรีซิสเตอร์ จะเกิดการอิมิตขึ้น ค่าของ R_1 เมื่ออินพุตมีแรงดัน 24 โวลต์ เท่านั้น สามารถหาได้ง่าย สมมติว่าเกทที่จะนำไปขับเป็นเป็นไอซีที่ทีแอลตระกูล 7400 เนื่องจาก R_2 มีค่า 10 กิโลโอห์ม และเกทต้องการกระแสอินพุต I_{IL} เท่ากับ -1.6 มิลลิแอมป์ ดังนั้น

$$I_F = \{ [(5 - 0.4) / (10,000) + 0.0016] / 0.20 \} = 10\text{ mA}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้ค่า I แล้วสามารถคำนวณ หาค่า R ได้

$$R_1 = (24 - 1.1) / (10 \times 10^{-3}) = 2.3 \text{ K}\Omega$$

ค่ามาตรฐานที่มีใกล้เคียง คือ 2.2 K Ω

การใช้งานซาวด์บลัสเตอร์ (Sound Blaster)

ซาวด์การ์ด (Sound Card) หรือที่เรียกทั่วไปว่า ซาวด์บลัสเตอร์ ตามชื่อยี่ห้อ เป็นการวงจรที่นำมาประกอบในซีพียูเพื่อขยายขีดความสามารถของคอมพิวเตอร์ ในการทำงานที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณเสียง เช่น การบันทึก (Record) เสียงจากไมโครโฟนเก็บเป็นสัญญาณดิจิทัล, การเล่นเสียง (Playback) จากข้อมูลดิจิทัล, การปรับแต่งเสียง เป็นต้น ซึ่งการทำงานจะขึ้นอยู่กับโปรแกรมที่สั่งงาน ในโครงการนี้ จะใช้ซาวด์บลัสเตอร์ ในส่วนของการเปลี่ยนสัญญาณเสียงให้เป็นข้อมูลดิจิทัล เพื่อที่จะใช้ในการประมวลผลทางดิจิทัล (Digital Processing)

ในการบันทึกเสียง เราจะใช้งานโปรแกรมสำเร็จรูป “เวฟสตูดิโอ (Wave Studio)” คู่กับการ์ดซาวด์บลัสเตอร์ในการสร้าง เวย์ไฟล์ (Wave File) ซึ่งลักษณะของเวย์ไฟล์ สามารถมีหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับค่าตัวเลือก (parameter) ของรูปแบบการบันทึก ซึ่งใช้กระบวนการพัลส์คอดมอดูเลชัน (PCM : Pulse Code Modulation) รูปแบบการบันทึกมีดังต่อไปนี้

1. บันทึกแบบสเตอริโอ (Stereo) หรือ โมโน (Mono)

-แบบสเตอริโอจะมีการแยกเสียงที่เข้ามาว่ามาจากไมโครโฟนซ้ายหรือจากไมโครโฟนขวา

- แบบ โมโน จะเป็นการบันทึกแบบธรรมดา คือ เสียงเข้ามาจากไมโครโฟนตัวเดียว

2. บันทึกด้วยอัตราการแซมปลิ่ง (Sampling Rate) ต่าง ๆ

- 11.025 กิโลเฮิร์ต

- 22.050 กิโลเฮิร์ต

- 44.100 กิโลเฮิร์ต

เมื่ออัตราการแซมปลิ่งยิ่งสูงจะยิ่งเก็บรายละเอียดของสัญญาณเสียงได้มาก

3. บันทึกด้วย จำนวนบิตในการบันทึกต่อ 1 แซมเปิล (Sample)

- 8 บิตต่อ 1 แซมเปิล

-16 บิตต่อ 1 แซมเปิล

เมื่อจำนวนบิตในการบันทึกต่อ 1 แซมเปิลมากจะสามารถลดควอนไตซิงนอยส์ (Quantizing Noise) ในขบวนการพีซีเอ็มได้ การบันทึกสามารถเก็บรายละเอียดของสัญญาณเสียงได้มากด้วยเช่นกัน

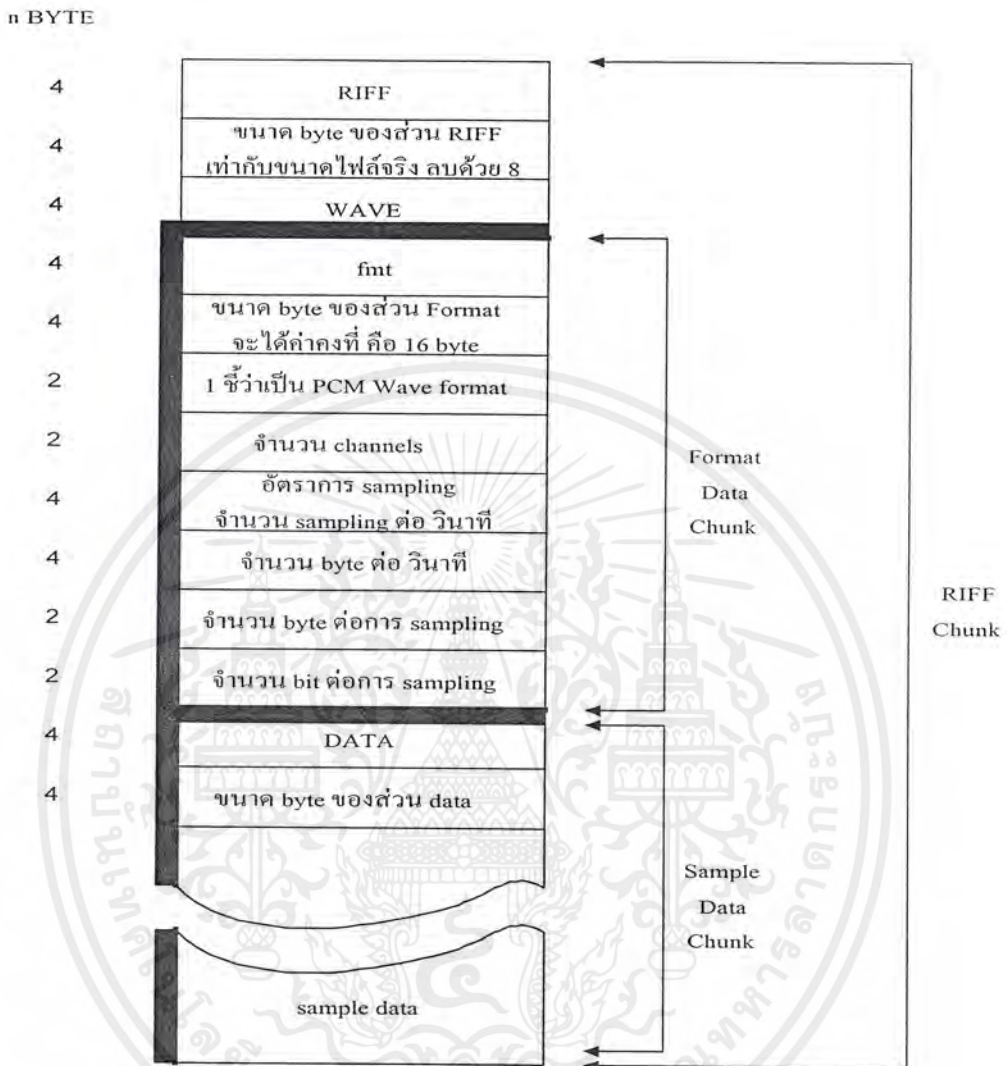
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบของเวฟไฟล์

จากการใช้โปรแกรมสัณั้จรูป “ เวฟสตูดิโอ ” ในการบันทึกเสียงพูดเป็นข้อมูลดิจิทัล ทำให้ได้เวฟไฟล์ ที่มีรูปแบบของไฟล์ RIFF(Resource International File Format) ซึ่งเป็นรูปแบบมาตรฐานที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง ไฟล์ RIFF นั้นมีโครงสร้างเชิงซ้อน คือ มีลักษณะเป็นกลุ่ม (Chunk) ซึ่งภายในกลุ่มนี้ยังประกอบด้วยกลุ่มย่อยซึ่งมีโครงสร้างคล้ายกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.28

จากรูปที่ 2.28 จะเห็นว่า กลุ่ม RIFF (RIFF Chunk) จะเป็นกลุ่มที่ใหญ่ที่สุด ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มรูปแบบของข้อมูล (Format Data Chunk) และกลุ่มข้อมูลจากการแซมปลิง (Sample Data Chunk) ซึ่งแต่ละกลุ่มจะมีโครงสร้างประกอบด้วย

1. ชื่อกลุ่ม (CKID : Chunk Identification) เช่น RIFF, fmt_data ซึ่งมีกฎกำหนดว่าต้องมี 4 ตัวอักษร (FCC : Four Character Code) ถ้ามี 3 ตัวอักษร ก็จะต้องเพิ่มช่องว่าง (Blank) เข้าไปอีก 1 ตัวอักษร ให้รวมเป็น 4 ตัวอักษร ในกรณี fmt_
2. ตัวเลขบอกขนาดข้อมูลของกลุ่ม (CKSize : Chunk Size) มีหน่วยเป็นไบต์ (Byte) โดยจะไม่รวมไบต์ที่ใช้ไปในการเก็บชื่อกลุ่ม (CKID) แต่จะเก็บตัวเลขบอกขนาดของกลุ่มเองด้วย ตัวเลขของขนาดของกลุ่มจะแสดงด้วยข้อมูล 4 ไบต์ โดยไบต์ที่มีความสำคัญต่ำสุด (Least Significant Byte) จะถูกเก็บเข้าไปก่อน
3. ข้อมูลของกลุ่ม (CKData : Chunk Data) มีจำนวนไบต์เท่ากับตัวเลขที่แสดงไว้ในข้อที่ 2 เช่นในกลุ่มรูปแบบของข้อมูล (Format Data Chunk) จะมีข้อมูลของกลุ่มเป็นรูปแบบในการบันทึกเสียง ยกตัวอย่างเช่น อัตราการแซมปลิง, จำนวนบิตต่อ 1 แซมเปิล เป็นต้น หรือในกลุ่มข้อมูลจากการแซมปลิง (Sample Data Chunk) จะมีข้อมูลของกลุ่มเป็นแอมพลิจูด (Amplitude) ที่ได้จากการแซมปลิง



รูปที่ 2.28 แสดงโครงสร้างเวฟไฟล์ที่มีรูปแบบของ ไฟล์ RIFF

รายละเอียดของเวฟไฟล์

พิจารณา รูปที่ 2.28 ซึ่งแสดงโครงสร้างของเวฟซึ่งแสดงตัวอย่างจริงของเวฟไฟล์ mono1.wav ซึ่งมีการตั้งรูปแบบการบันทึกให้เป็น โมโน, อัตราการแซมปลิงเท่ากับ 11.025 กิโลเฮิร์ต และ จำนวนบิตที่ใช้สำหรับ 1 แซมเปิล คือ 8 บิต/1 แซมเปิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่ม RIFF ประกอบด้วย

- ชื่อกลุ่ม คือ R I F F แสดงด้วยรหัสแอสกี (ASCII) ได้ 52 49 46 46
- ตัวเลขบอกขนาดข้อมูลของกลุ่ม RIFF แสดงด้วย 4 ไบต์
 - = จำนวนไบต์ทั้งหมดในไฟล์ - (จำนวนไบต์ที่ใช้เก็บชื่อกลุ่ม + จำนวนไบต์ที่ใช้เก็บตัวเลขบอกขนาดข้อมูล)
 - = 272 ไบต์ - (4 ไบต์ + 4 ไบต์)
 - = 264 ไบต์ = 00000108 H

โดยการบันทึกเก็บในไฟล์ จะบันทึกเรียงลำดับจาก ไบต์ที่มีความสำคัญต่ำสุด (Least Significant Byte) ไปหา ไบต์ที่มีความสำคัญสูงสุด (Most Significant Byte)

- ข้อมูลของกลุ่มประกอบด้วย

1. คำว่า “ W A V E ” แสดงด้วยรหัสแอสกีได้ 57 41 56 46 บ่งบอกว่าเป็นรูปแบบของไฟล์สัญญาณเสียง (Audio Wave File Format) โดยที่ตำแหน่งนี้ถ้าเป็นคำว่า MIDI, VIDEO ก็จะทำให้รูปแบบในการบันทึกแตกต่างกันออกไป

2. ส่วนของกลุ่มรูปแบบข้อมูล และกลุ่มข้อมูลจากการแซมปลิงทั้งหมด

กลุ่มรูปแบบของข้อมูล ประกอบด้วย

- ชื่อกลุ่มคือ fmt_ แสดงด้วยรหัสแอสกี ได้เป็น 66 6D 74 20
 - ตัวเลขบอกขนาดข้อมูลของ กลุ่มรูปแบบของข้อมูล แสดงด้วย 4 ไบต์
 - = จำนวนไบต์ของกลุ่มนี้ทั้งหมด - จำนวนไบต์ที่ใช้เก็บชื่อกลุ่ม - จำนวนที่ ใช้เก็บตัวเลขบอกขนาดข้อมูล
 - = จำนวนไบต์ของ ข้อมูล ของกลุ่ม
 - = 2 ไบต์ จากข้อมูลบ่งบอกว่าเป็น พืซซีเอ็ม
 - + 2 ไบต์ จากข้อมูลบ่งบอกว่าเป็น โมโนหรือ สเตอริโอ
 - + 4 ไบต์ จากข้อมูลบ่งบอกอัตราแซมปลิง
 - + 4 ไบต์ จากข้อมูลบ่งบอกจำนวนไบต์ที่ถูกบันทึกใน 1 วินาที
 - + 2 ไบต์ จากข้อมูลบ่งบอกจำนวนไบต์ที่ใช้บันทึกต่อ 1 แซมเปิล
 - + 2 ไบต์ จากข้อมูลบ่งบอกจำนวนบิตที่ใช้บันทึกต่อ 1 แซมเปิล
 - = 16 ไบต์ คงที่ = 00000010H

- ข้อมูลของกลุ่ม มีขนาด 16 ไบต์ ประกอบด้วย รูปแบบต่าง ๆ ของการบันทึกเวฟไฟล์ มีโครงสร้างเรียงตามลำดับดังนี้

1. มีขนาด 2 ไบต์ เป็นข้อมูลบ่งบอกให้ทราบว่าถ้ามีค่า 0001H ข้อมูลของสัญญาณเสียง จะถูกเปลี่ยนเป็นข้อมูลดิจิทัลโดยใช้กระบวนการเป็นพืซซีเอ็ม (Pulse Code Modulation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. มีขนาด 2 ไบต์ เป็นข้อมูลบ่งบอกจำนวนแชนแนล
 - 2.1 โมโน ใช้ 1 แชนแนล = 0001H
 - 2.2 สเตอริโอ ใช้ 2 แชนแนล = 0002H
3. มีขนาด 4 ไบต์ เป็นข้อมูลบ่งบอกอัตราการแซมปลิง
 - 3.1 อัตราการแซมปลิง 11.025 กิโลเฮิร์ต = 00002B11H
 - 3.2 อัตราการแซมปลิง 22.050 กิโลเฮิร์ต = 00005622H
 - 3.3 อัตราการแซมปลิง 44.100 กิโลเฮิร์ต = 0000AC44H
4. มีขนาด 4 ไบต์ เป็นข้อมูลบ่งบอกจำนวนไบต์ที่ถูกบันทึกใน 1 วินาที

= จำนวนแชนแนล (โมโน = 1, สเตอริโอ = 2) * จำนวนแซมเปิดต่อ 1 วินาที *
จำนวนบิตต่อ 1 แซมเปิด

8 บิตต่อ 1 ไบต์
5. มีขนาด 2 ไบต์ เป็นข้อมูลบ่งบอกจำนวนไบต์ที่ใช้บันทึกต่อ 1 แซมเปิด

= จำนวนแชนแนล * จำนวนบิตต่อ 1 แซมเปิด

8 บิตต่อ 1 ไบต์
- มีขนาด 2 ไบต์ เป็นข้อมูลบ่งบอกจำนวนบิตที่ใช้บันทึกต่อ 1 แซมเปิด
 - 6.1 8 บิตต่อ 1 แซมเปิด = 0008H
 - 6.2 16 บิตต่อ 1 แซมเปิด = 0010H

กลุ่มข้อมูลจากแซมปลิง ประกอบด้วย

- ชื่อกลุ่ม คือ data แสดงโดยรหัสแอสกี ได้เป็น 64 61 74 61
- ตัวเลขบอกขนาดข้อมูลของ กลุ่มข้อมูลจากแซมปลิง แสดงด้วย 4 ไบต์

= จำนวนไบต์ของกลุ่มนี้ทั้งหมด - (จำนวนไบต์ที่ใช้เก็บชื่อกลุ่ม + จำนวนไบต์ ที่
ใช้เก็บตัวเลขบอกขนาดข้อมูล)

= จำนวนไบต์ของ ข้อมูลของกลุ่ม หรือจำนวนไบต์ของข้อมูลสัญญาณเสียง
ดิจิตอลล้วนๆ

= จำนวนไบต์ทั้งหมดในเวฟไฟล์ - จำนวนไบต์ในส่วนของเฮดเดอร์ (Header) -
จำนวนไบต์ของแพดไบต์ (Pad Byte)

= 272 ไบต์ - 44 ไบต์ - 1 ไบต์

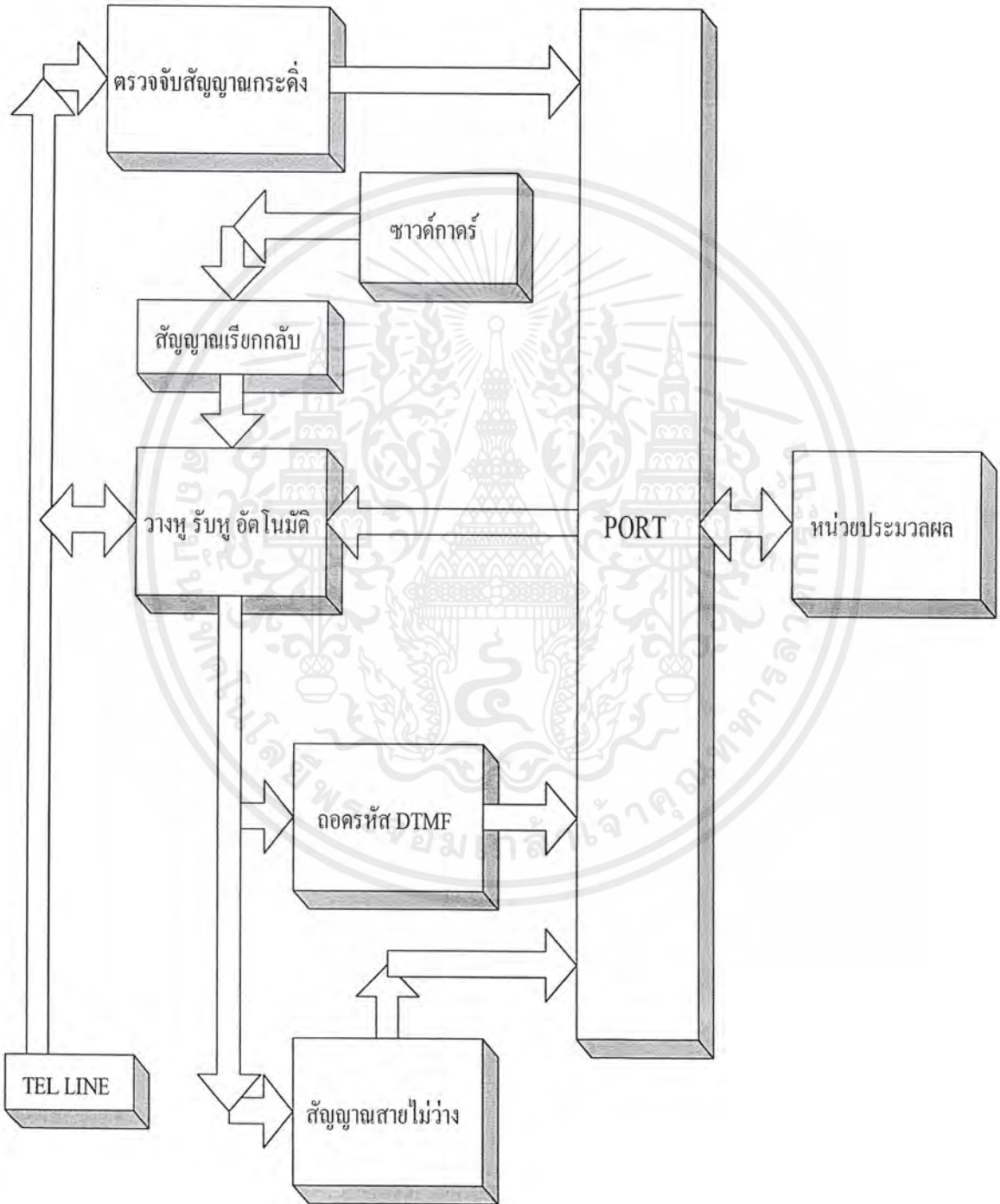
= 227 ไบต์ = 000000E3H

* จำนวนไบต์ในส่วนของเฮดเดอร์ทั้งหมด คือ จำนวนไบต์ 44 ไบต์แรกของเวฟไฟล์ ที่ได้กล่าว

ถึงรายละเอียดต่างๆ ผ่านมาแล้ว ก่อนจะถึง ข้อมูลของกลุ่มข้อมูลจากการแซมปลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบวงจรและการทำงานภาคต่างๆ



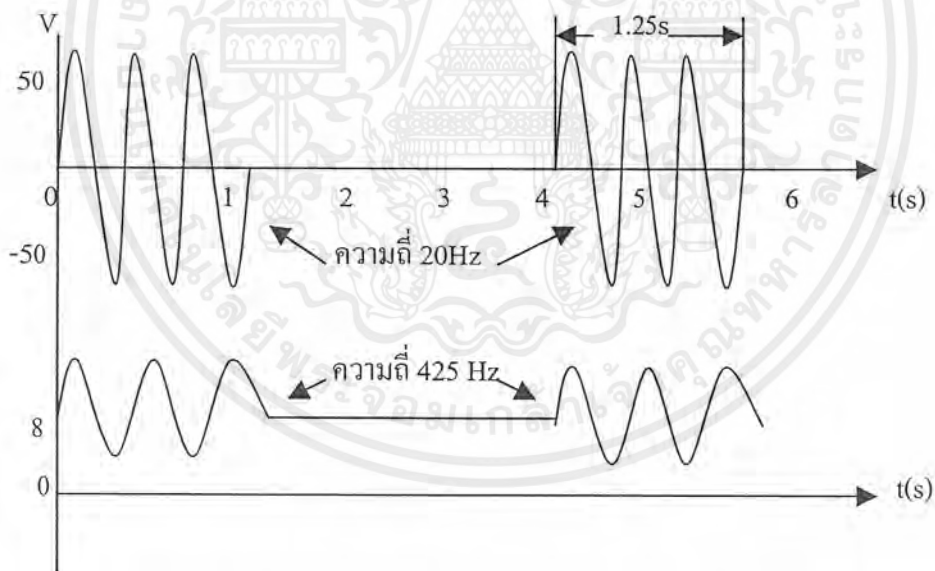
รูปที่ 3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง (RINGING DETECTOR)

การทำงานของเครื่องตอบรับอัตโนมัติจะทำงานได้จะต้องมีการเริ่มต้นการเรียกจากผู้โทรเข้ามา ก่อน จึงต้องมีวงจรทำหน้าที่ตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง เพื่อให้เครื่องตอบรับอัตโนมัติ ทราบว่าเมื่อใดมีการ โทรเข้ามาในระบบ ส่วนควบคุมและประมวลผลจะได้สั่งให้เครื่องตอบรับอัตโนมัติทำการรับสาย และ ตอบรับโทรศัพท์ที่เรียกเข้านั้นได้ในเวลาที่ตั้งไว้

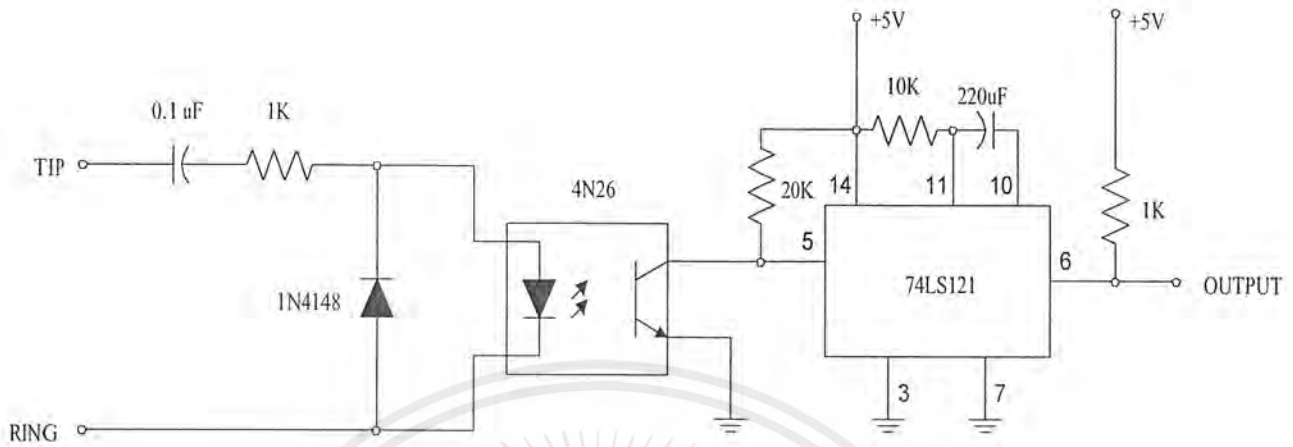
สัญญาณกระดิ่ง (RINGING SIGNAL) คือสัญญาณที่ PABX ส่งมายังเครื่องลูกข่าย ทำให้ กระดิ่งที่เครื่องลูกข่ายที่ถูกเรียกคังนั้น เพื่อให้ผู้รับจะได้ทราบว่า มีผู้ต้องการจะติดต่อกับ สัญญาณกระดิ่ง ที่ กล่าวถึงนี้อาจจะมีลักษณะแตกต่างกันบ้างขึ้นอยู่กับ แต่ละแบบของ PABX แต่โดยทั่วไปแล้วสัญญาณ กระดิ่งมีลักษณะเป็นสัญญาณ กระแสสลับ ความถี่ประมาณ 20 Hz มีขนาดประมาณ 75 - 100 โวลท์ เมื่อ วัดจากยอดคลื่นด้านบนถึงยอดคลื่นด้านล่าง (PEAK TO PEAK) ซึ่อยู่บนไฟกระแสตรงขนาด -48 โวลท์ สัญญาณกระดิ่งจะคังและดับเป็นช่วง ๆ พร้อมกับสัญญาณเรียกกลับ (RINGBACK TONE) ก็คือ คัง ประมาณ 1.25 วินาที และดับประมาณ 3.75 วินาที



รูปที่ 3.2 แสดงสัญญาณกระดิ่งและสัญญาณเรียกกลับ

เนื่องจากสัญญาณนี้เป็นสัญญาณกระแสสลับ และมีขนาดค่อนข้างสูง ดังนั้นเราจะนำสัญญาณนี้ ไปใช้โดยตรงไม่ได้ ต้องทำการเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณกระแสตรงที่มีขนาด 5 โวลท์เพื่อให้วงจรส่วนอื่น ๆ ปลอดภัยไม่เสียหาย และสะดวกในการตรวจจับโดยอาศัยวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง ดังรูปที่ 3.3

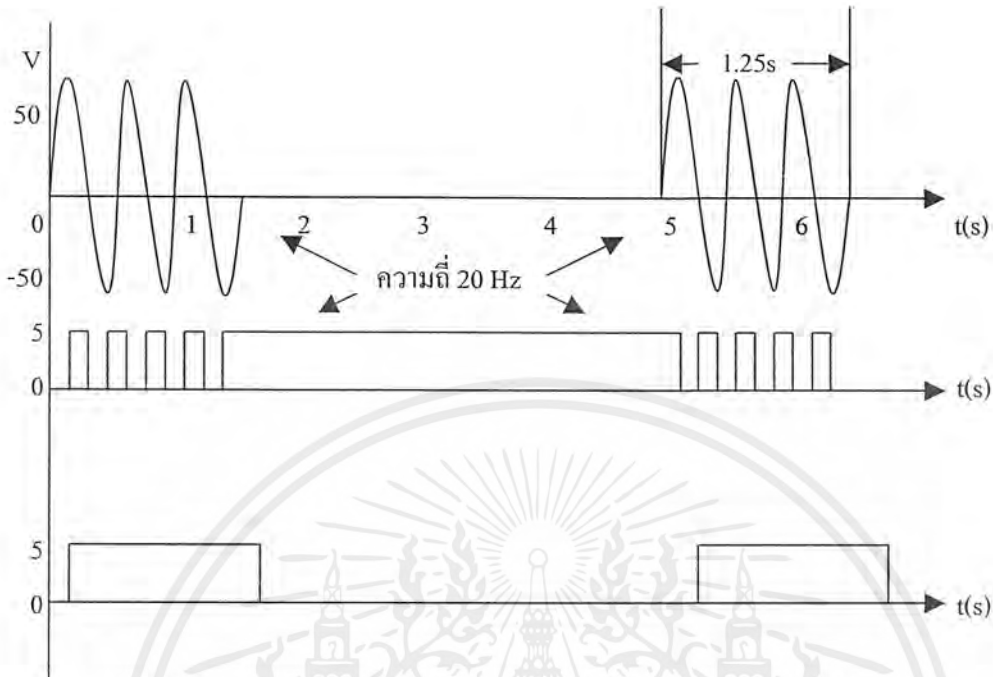
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

วงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่งนี้ จะทำการเปลี่ยนอินพุตสัญญาณกระดิ่ง ซึ่งเป็นสัญญาณกระแสสลับความถี่ 20 Hz ขนาด 75 - 100 โวลต์ ออกเป็นพัลส์เอาท์พุทที่มีขนาด 5 โวลต์ ที่มีขั้วสลับกัน (INVERT) สัญญาณกระดิ่งดังกล่าว จะถูกลดทอนลงเมื่อผ่านตัวเก็บประจุไฟฟ้า (CAPACITOR) ขนาด 0.22 ไมโครฟารัด และมีตัวต้านทานขนาด 20 กิโลโอห์ม ที่ส่วนต้นของวงจร หลังจากนั้นจะถูกไดโอด (DIODE) เปลี่ยนให้เป็นไฟกระแสตรง เนื่องจากไซเคิลลบจะไหลผ่านไดโอด IN4148 จะมีเฉพาะไซเคิลบวกของสัญญาณเท่านั้นที่ไหลไปยังขา 1 และ 2 ของไอซี 4N26 ได้

ไอซีเบอร์ 4N26 นี้เป็นไอซีเชื่อมต่อทางแสง (OPTO COUPLER) ภายในมีไดโอดเปล่งแสง (LED) และ โฟโตทรานซิสเตอร์ (PHOTO TRANSISTOR) อยู่ กระแสในไซเคิลบวกเท่านั้นที่สามารถไหลผ่านไดโอดเปล่งแสงได้ และทำให้ไดโอดเปล่งแสงไปยังโฟโตทรานซิสเตอร์ และเมื่อโฟโตทรานซิสเตอร์ ได้รับแสงจากโฟโต้ไดโอด จะทำให้กระแสสามารถไหลจากขั้วคอลเลคเตอร์ (COLLECTOR) ไปยังขาอิมิตเตอร์ (EMITTER) ลงกราวด์ (GROUND) ได้ จึงทำให้ได้ลอจิก 0 ออกมา แต่เมื่อไม่มีกระแสไซเคิลบวกเข้ามา โฟโต้ไดโอดจะไม่เปล่งแสงทำให้กระแสจากขั้วคอลเลคเตอร์ของโฟโตทรานซิสเตอร์ ไม่สามารถไหลลงกราวด์ ที่ขาอิมิตเตอร์ได้ ความต้านทาน 20 กิโลโอห์ม จึงดึงเอาท์พุทให้เป็นลอจิก 1 ตลอดเวลาที่ไม่มีกระแสไซเคิลบวกเข้ามายังโฟโต้ไดโอด



รูปที่ 3.4 แสดงเปรียบเทียบสัญญาณกระดิ่งและสัญญาณที่ตรวจจับได้

- (ก) แสดงอินพุตซึ่งเป็นสัญญาณกระดิ่ง
- (ข) แสดงสัญญาณที่ได้ จากขา 5 ของ ไอซี 4N26
- (ค) แสดงเอาต์พุตที่ได้ ไปส่วนควบคุมและประมวลผลกลาง

ดังนั้น ถ้าเราเขียนรูปสัญญาณกระดิ่งที่เป็นอินพุต เปรียบเทียบกับเอาต์พุต ที่ขา 5 ของไอซี 4N26 จะได้ว่ารูปที่ 3.4

นอกจากนี้การใช้ไอซีที่เชื่อมต่อ โยงทางแสง (OPTO COUPLER) ยังมีข้อดีในการแยกระบบไฟของ อินพุตและเอาต์พุตออกจากกัน และใช้แสงในการเชื่อมต่อแทน ทำให้มีความปลอดภัย จากแรงดันไฟค่าสูง และยังสามารถป้องกันสัญญาณรบกวน หรือแรงดันที่มีขดแผลม ที่เกิดจากระบบกราวด์ ของวงจรภายนอก ไม่ให้เข้าไป เกิดในระบบกราวด์ ของวงจร อีกด้วย

เอาต์พุตที่ขา 5 ของไอซี 4N26 นี้จะเป็นพัลส์ 5 โวลท์ ซึ่งความจริงแล้วก็คือเพียงพอที่จะนำไป ป้อนยังอินพุตของไอซี 8255 เพื่อจะนับจำนวนครั้งของสัญญาณกระดิ่งก่อนการรับสาย แต่เพื่อให้การ เขียนโปรแกรมง่ายขึ้น มีความเที่ยงตรงแน่นอนมากยิ่งขึ้น เราจึงนำ เอาต์พุตจากขา 5 ของไอซีเบอร์ 4N25 นี้ ส่งต่อไปป้อนให้กับไอซี 74121 ซึ่งเป็น MONOSTABLE MULTIVIBRATOR เพื่อทำการปรับรูป สัญญาณที่มีความถี่ 20Hz ของพัลส์นั้นหายไป จะได้เอาต์พุต ออกมาเป็นลอจิก 1 และ 0 ที่มีช่วงเวลานาน ตามจำนวนลูกของสัญญาณกระดิ่ง คือในขณะที่กระดิ่งจะดัง ลอจิก 1 ต่อเนื่อง และในขณะที่สัญญาณ กระดิ่งไม่ดังจะเป็นลอจิก 0 ต่อเนื่องกัน ทำให้การตรวจจับ และการเขียนโปรแกรมง่ายขึ้น โดยค่าเวลาการ หน่วงของไอซี 74121 หาได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

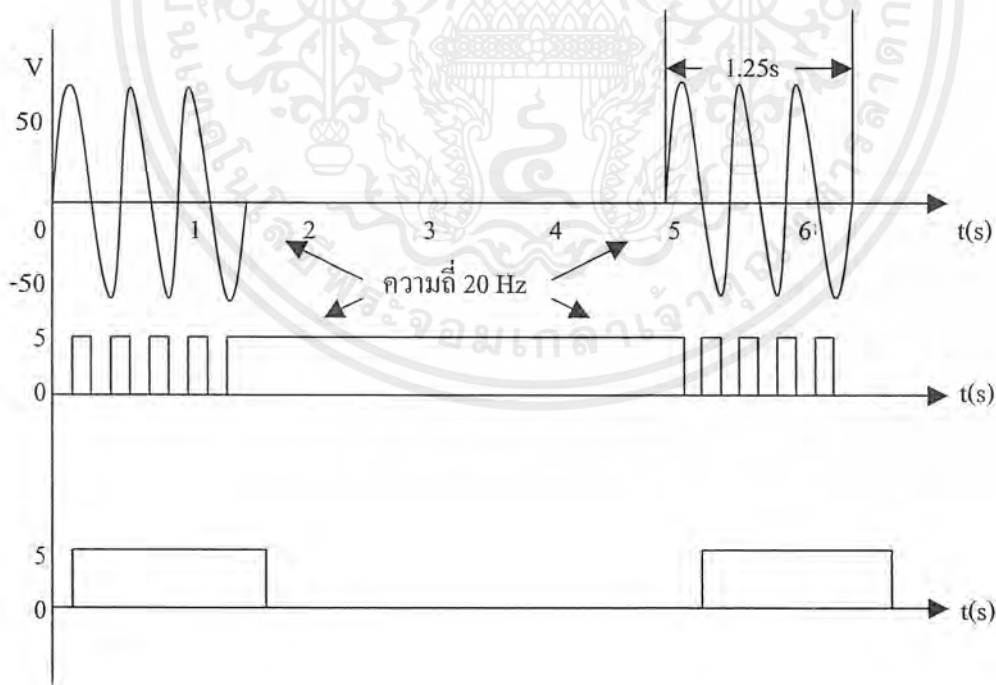
$$T = RC / 2^{1/2}$$

หลังจากนั้นจึงนำเอาที่พุกที่ได้ไปเข้ายังอินพุทพอร์ทของไอซี 8255 เพื่อนับจำนวนลูกของสัญญาณกระดิ่งให้ได้ตามที่กำหนดอย่างแม่นยำ และถูกต้อง

ส่วนทำการตัดต่อคู่สาย

ในส่วนนี้จะทำหน้าที่ แทนสวิทช์ที่วางหุโทรศัพท์ (Hook Switch) เพื่อทำการตัดต่อเครื่องตอบรับอัตโนมัติกับ PABX ในการรับสาย ซึ่งประกอบด้วยหม้อแปลง โดยที่ขดลวดปฐมภูมิต่ออยู่กับสายโทรศัพท์ และมีค่าความต้านทานรวมของวงจรประมาณ 600 โอห์ม (ซึ่งเท่ากับค่าความต้านทานของโทรศัพท์ขณะที่ยกหู) เมื่อหน้าสัมผัสของรีเลย์ปิด จะทำให้วงจรทางคู่สายโทรศัพท์ที่มีค่าความต้านทานตรง กระแสตรง ต่ำ ก็จะทำให้เกิดการครบวงจรขึ้น ทำให้ทางชุมสาย หรือ PABXรับรู้การยกหูของเครื่อง ทางชุมสาย หรือ PABXก็จะหยุดส่งสัญญาณกระดิ่ง

เนื่องจาก PABX จะรับรู้สัญญาณการพักสาย และการตัดต่อเครื่องลูกข่าย โดยการตรวจจับกระแสที่ไหล และหยุด ของคู่สายภายในลูกข่าย จากการเปิด และปิด สวิทช์ที่วางหุโทรศัพท์ ที่เครื่องรับโทรศัพท์ ในขณะที่เครื่องลูกข่ายถูกต้องกับสายภายนอก ในเวลาที่กำหนด ดังในรูปที่ 3.5



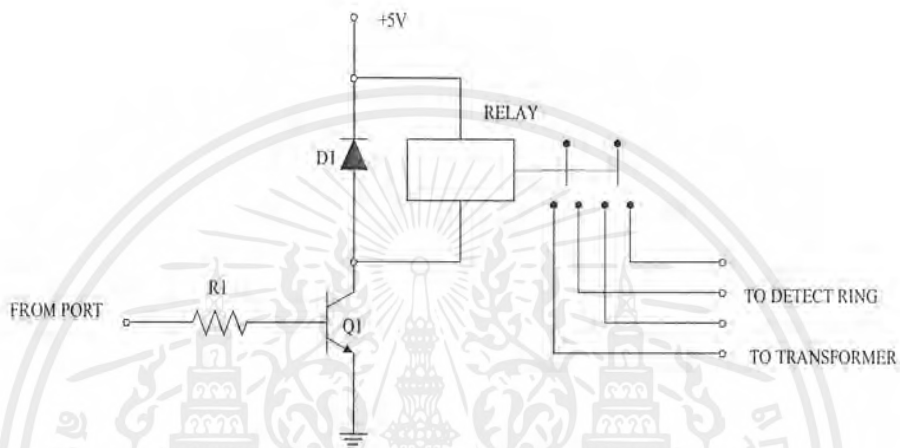
รูปที่ 3.5 แสดงระดับแรงดันของคู่สายเมื่อเครื่องลูกข่ายส่งสัญญาณให้ PABX

(ก) ระดับแรงดันเมื่อเครื่องลูกข่ายต้องการพักสายจากคู่สายภายนอก

(ข) ระดับแรงดันเมื่อเครื่องลูกข่ายต้องการตัดจากคู่สายภายนอก (วางหุ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่าเวลาสำหรับการพักสายจะสั้นกว่าเวลาของการตัดสายนออกออกไปมาก ดังนั้นเราจึงต้องกำหนดเวลาในการตัดต่อวงจรหยุด/ วางหู ให้ตรงตามวัตถุประสงค์ โดยการตั้งเวลาจากโปรแกรมและตั้งสัญญาณมาควบคุมโดยใช้รีเลย์ (RELAY) มาเป็นอุปกรณ์ สำหรับตัดต่อคู่สายดังแสดงในรูป 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงวงจรตัดต่อคู่สาย

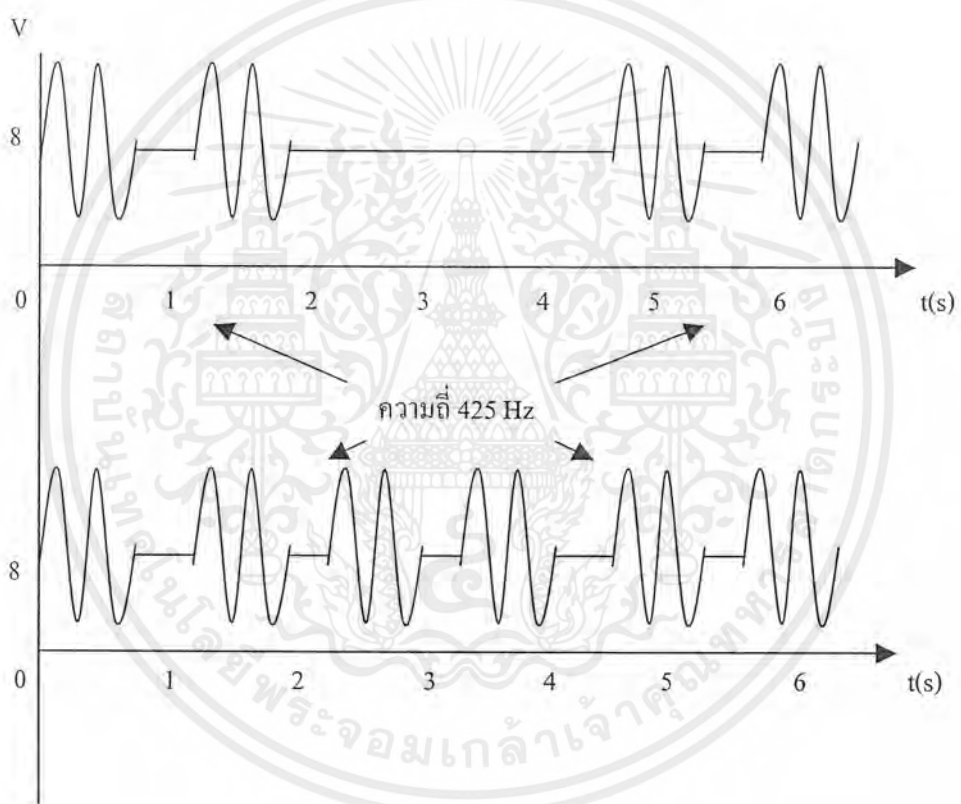
ส่วนตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณสายไม่ว่าง (RINGBACKTONE & BUSYTONE DETECTOR)

เมื่อเครื่องลูกข่ายภายใน PABX เรียกไปยังเครื่องลูกข่ายอื่น ก็จะทำให้เกิดสัญญาณกระดิ่งดังขึ้นที่เครื่องลูกข่ายที่ถูกเรียก และมีสัญญาณเรียกกลับที่เครื่องลูกข่ายที่กำลังเรียก เพื่อให้ผู้เรียกได้ทราบว่า PABX กำลังติดต่อกับเครื่องลูกข่ายที่ต้องการอยู่ และสัญญาณเรียกกลับ สัญญาณกระดิ่งจะหยุดเมื่อเครื่องลูกข่ายที่ถูกเรียกยกหูรับ เช่นเดียวกับการติดต่อผ่านชุมสาย เพียงแต่สัญญาณเรียกกลับ และสัญญาณกระดิ่งจะแตกต่างกับชุมสาย เพื่อแยกความแตกต่างระหว่าง การเรียกจากสายภายนอก และการเรียกจากเครื่องลูกข่ายภายในระบบเอง ในขณะที่เครื่องลูกข่ายนั้นกำลังใช้งานอยู่ ก็จะเกิดสัญญาณสายไม่ว่าง (BUSY TONE) ขึ้นจาก PABX ดังนั้นในโครงการนี้เครื่องตอบรับอัตโนมัติจะอาศัยสัญญาณเรียกกลับ และสายไม่ว่างที่เกิดขึ้น ในการบอกให้ส่วนควบคุม และ ประมวลผลของเครื่องตอบรับอัตโนมัติทราบว่าลูกข่ายภายในที่ต้องการติดต่อ มีสถานะเป็นอย่างไร ในกรณีที่เกิดสัญญาณเรียกกลับ เครื่องตอบรับอัตโนมัติจะนับจำนวนสัญญาณเรียกกลับ เมื่อสัญญาณเรียกกลับหายไปแสดงว่ามีผู้รับสายแล้ว เครื่องตอบรับอัตโนมัติจะวางสายตัวเอง เพื่อให้สายนอกถูกต่อไปยังเครื่องลูกข่ายที่ต้องการ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดของ PABX ในการโอนสาย (TRANSFER) ด้วย แต่เมื่อไม่มีผู้รับสาย เครื่องตอบรับอัตโนมัติก็จะนับจำนวนสัญญาณเรียกกลับ เมื่อครบจำนวนที่ตั้งไว้แล้ว เครื่องตอบรับอัตโนมัติก็จะดึงสายนอกกลับมา (RECALL)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการปล่อยสัญญาณ FLASH เพื่อแจ้งให้กับผู้ที่โทรเข้ามาได้ทราบว่า ไม่มีผู้รับสายที่ต้องการติดต่อ และจะได้ดำเนินการอื่นต่อไป แต่ในกรณีที่เกิดสัญญาณสายไม่ว่างขึ้น เครื่องตอบรับอัตโนมัติก็จะเรียกกลับไปยังสายของผู้โทรเข้ามา และแจ้งให้ผู้โทรเข้ามาทราบว่าสายที่ต้องการติดต่อไม่ว่าง เพื่อจะได้ให้ผู้โทรเข้ามาติดต่อไปยังเครือข่ายอื่น หรือ โอเปอเรเตอร์

สัญญาณเรียกกลับ และสัญญาณสายไม่ว่าง มีลักษณะเป็นสัญญาณความถี่ประมาณ 425 Hz โดยสัญญาณเรียกกลับจะดัง 0.5 วินาที หยุด 0.25 วินาที และดังอีก 0.5 วินาที ส่วนสัญญาณสายไม่ว่างจะดังและหยุดทุก ๆ 0.5 วินาที ซึ่งสัญญาณเรียกกลับ และสัญญาณสายไม่ว่าง แสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 (บน) แสดงลักษณะของสัญญาณเรียกกลับ

(ล่าง) แสดงลักษณะของสัญญาณสายไม่ว่าง

วงจรการตรวจจับสัญญาณเรียกกลับ และสัญญาณสายไม่ว่างของเครื่องตอบรับอัตโนมัตินี้อาศัยการทำงานของ ไอซี TONE DECODER เบอร์ LM 567 ซึ่งสามารถปรับจูนให้รับความถี่ ในช่วงความถี่ประมาณ 425 Hz ของสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณสายไม่ว่าง โดยความถี่หาได้จาก

$$f_0 = 1.1 / RC$$

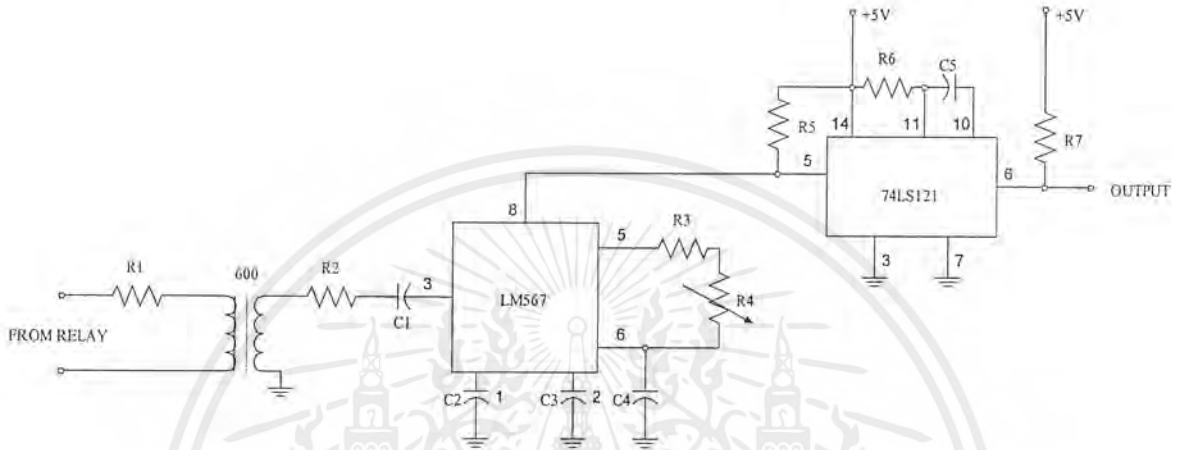
เมื่อ f_0 เป็นความถี่ที่ขา 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R ความต้านทานระหว่างขา 5 และขา 6

C ตัวเก็บประจุที่ขา 6

ดังนั้นเมื่อความถี่ที่ขา 3 มีค่า 425 Hz และตัวเก็บประจุมีค่า 0.22 ไมโครฟารัดจะได้ค่าความต้านทานที่ขา 5 และขา 6 มีค่าประมาณ 13.8 กิโลโอห์ม ดังแสดงรูปที่ 3.8



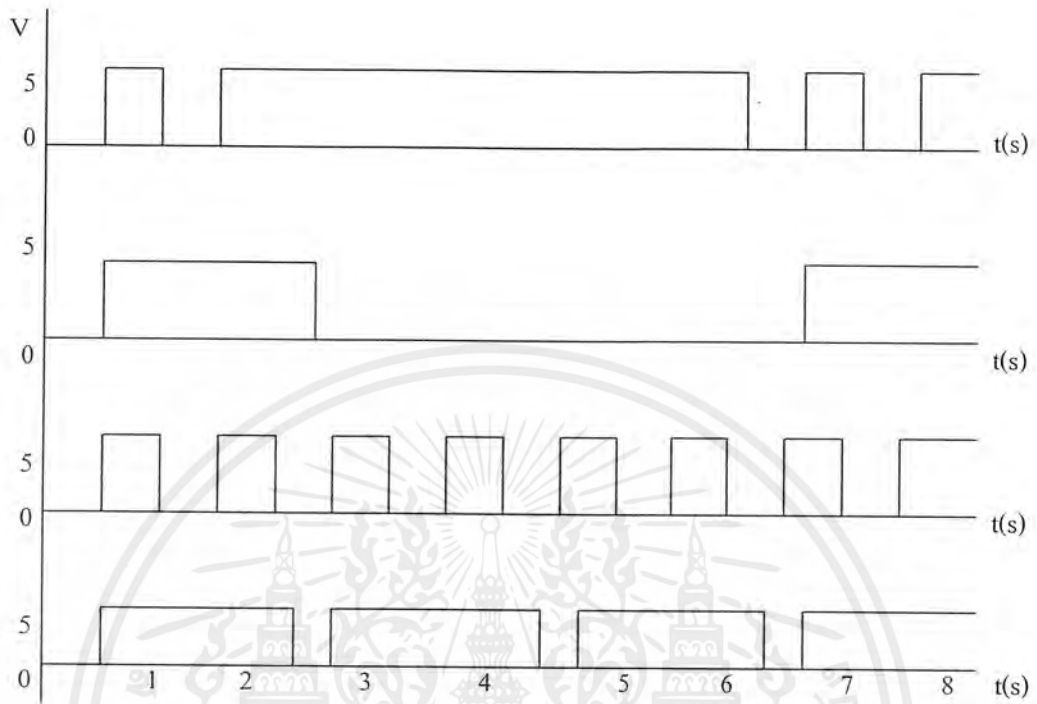
รูปที่ 3.8 แสดงวงจรของส่วนตรวจจับสัญญาณสายไม่ว่าง และสัญญาณเรียกกลับ

เมื่อมีสัญญาณความถี่ประมาณ 425 Hz ตามที่ปรับจูนไว้ เข้ามาที่ ขา 3 ของไอซี LM 567 จะทำให้อาตพุทที่ขา 8 มีสถานะเป็น 0 โวลต์ แต่ถ้าป้อนสัญญาณความถี่อื่นที่อยู่นอกจากความถี่ที่ปรับจูนเอาไว้ หรือไม่ป้อนสัญญาณใด ๆ สถานะของลอจิก ที่ขา 8 จะเป็นสถานะสูง หรือ +5 โวลต์ จะเห็นว่าเราสามารถนำไอซี LM 567 มาประยุกต์ใช้เพื่อตรวจจับสัญญาณสายไม่ว่างได้ โดยการปรับจูนความถี่สามารถทำได้โดยการปรับค่าความต้านทานและตัวเก็บประจุจากภายนอก ต่อเข้ากับขาต่าง ๆ ของไอซี จากนั้นอาศัยการจูนค่าโดยปรับความต้านทานไฟฟ้า ระหว่างขาที่ 5 และขาที่ 6 ของ LM 567 นั่นเอง

หลังจากที่เราจูนความถี่ได้ ตรงกับความถี่ของสัญญาณสายไม่ว่างแล้ว จะพบว่าเมื่อไอซี LM 567 ได้รับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณสายไม่ว่าง สถานะของเอาต์พุทที่ขา 8 ของไอซีดังกล่าวจะเป็น 0 โวลต์ ตามเวลาของสัญญาณความถี่ทั้งสอง แต่เนื่องจากสัญญาณที่ได้จากไอซี

LM567 ขาดความคมชัดของสัญญาณจึงต้องนำไปเข้าวงจรหน่วงเวลา ซึ่งใช้ร่วมกับส่วนตรวจสอบสัญญาณกระดิ่ง โดยการใช้ได้โอดแยกสัญญาณออกจากวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง ซึ่งเราสามารถนำเอาต์พุทที่ได้นี้ ซึ่งเป็นเอาต์พุทเดียวกับวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง ต่อไปยังไอซี เบอร์ 8255 และใช้โปรแกรมทำการตรวจสอบช่วงเวลาอีกครั้ง เพื่อแยกความแตกต่างระหว่างสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณสายไม่ว่างส่วนประมวลผลก็จะดำเนินการต่อไป รูปแบบของสัญญาณทั้งสองที่ได้จากไอซี 74121 แสดงในรูปที่ 3.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 แสดงสัญญาณที่ได้ในการตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสายไม่ว่าง

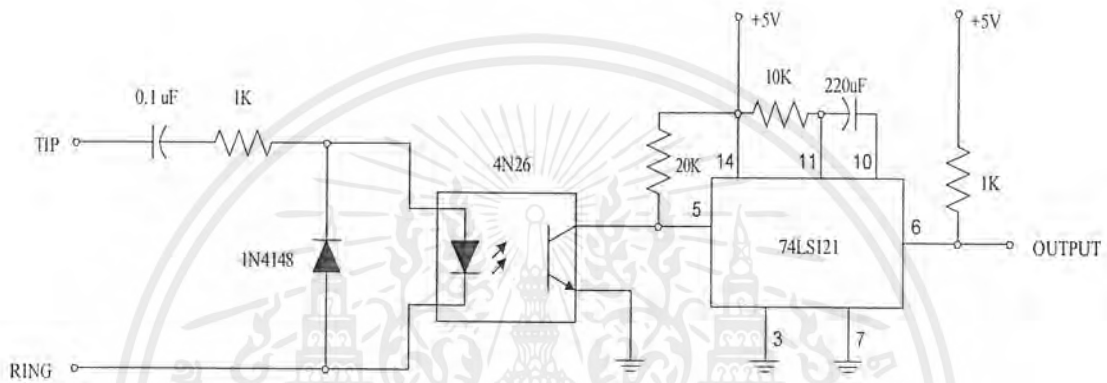
- (ก) เอาท์พุทที่ขา 8 ของ LM 567 เมื่อได้รับสัญญาณเรียกกลับ
- (ข) เอาท์พุทที่ขา 6 ของ ไอซี 74121 เมื่อได้รับสัญญาณเรียกกลับ
- (ค) เอาท์พุทที่ขา 8 ของ LM567 เมื่อได้รับสัญญาณสายไม่ว่าง
- (ง) เอาท์พุทที่ขา 6 ของ ไอซี 74121 เมื่อได้รับสัญญาณสายไม่ว่าง

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ผลการทดลองส่วนตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง (DETECT RING)

จากการต่อวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่งดังวงจรในรูป 4.1 และป้อนอินพุทเป็นสัญญาณกระดิ่งให้กับวงจรแล้วจะได้สัญญาณดังแสดงในรูปที่ 4.2



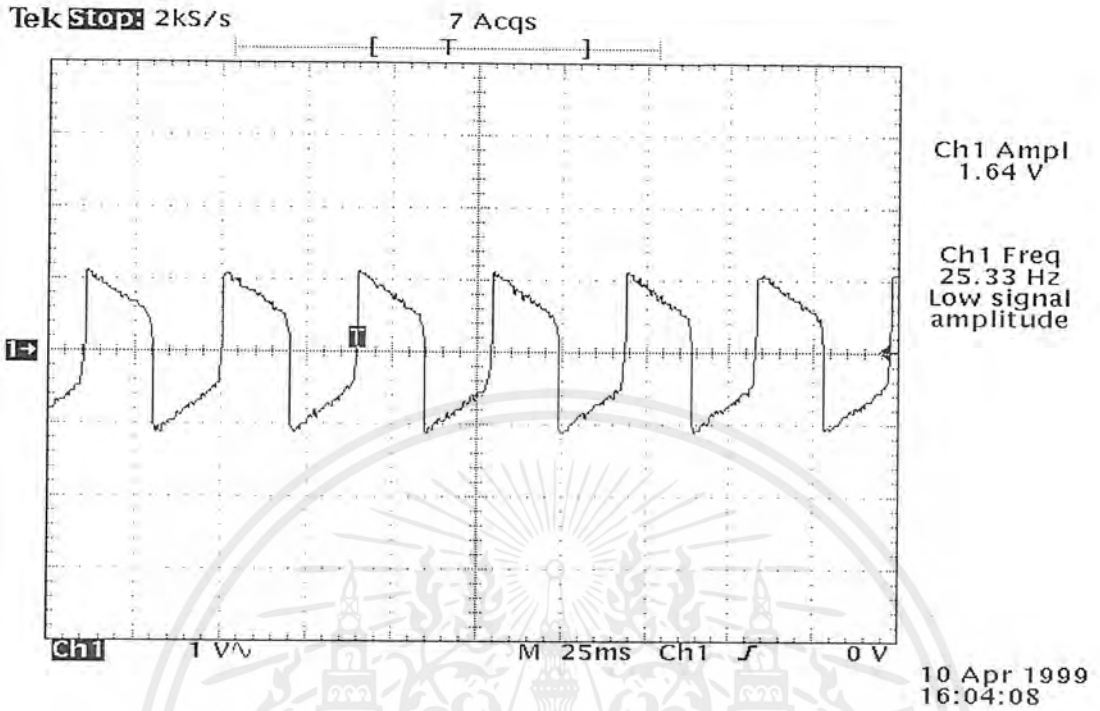
รูปที่ 4.1 แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

ในการทดลองได้นำสัญญาณกระดิ่งจาก PABX PANASONIC รุ่น KX-T 61610B จะเห็นได้ว่าสัญญาณกระดิ่งที่เรียกระหว่างเครื่องลูกข่ายภายใน (INTERCOM CALL) จะดัง 0.5 วินาที หยุด 0.2 วินาที และดังอีก 0.5 วินาที จึงหยุด 3.8 วินาที ซึ่งในแต่ละสัญญาณกระดิ่งจะใช้เวลา 5 วินาที สัญญาณที่ได้จากขา 5 ของไอซี 4N25 จะลดขนาดลงเป็นพัลส์ มีขั้วกลับกับสัญญาณกระดิ่งที่เข้ามา ซึ่งเพียงพอต่อการนำไปใช้เป็นอินพุทให้กับพอร์ตของส่วนควบคุมและประมวลผล แต่เพื่อให้โปรแกรมสามารถเขียนง่ายขึ้น เราจึงนำสัญญาณที่ได้นี้ผ่านไอซี MONOSTABLE MULTIVIBLETOR เมอร์ 74121 เพื่อให้ได้เอาต์พุทที่ออกจากขา 6 ของไอซี 74121 เป็นลอจิก “0” และ “1” ตามสัญญาณกระดิ่ง โดยค่าเวลาการหน่วงของไอซี 74121 จะต้องมากกว่าเวลารวมที่กระดิ่งดังในแต่ละครั้ง ในที่นี้ คือ 5 วินาที โดยค่าเวลาการหน่วงของไอซี 74121 หาได้จาก

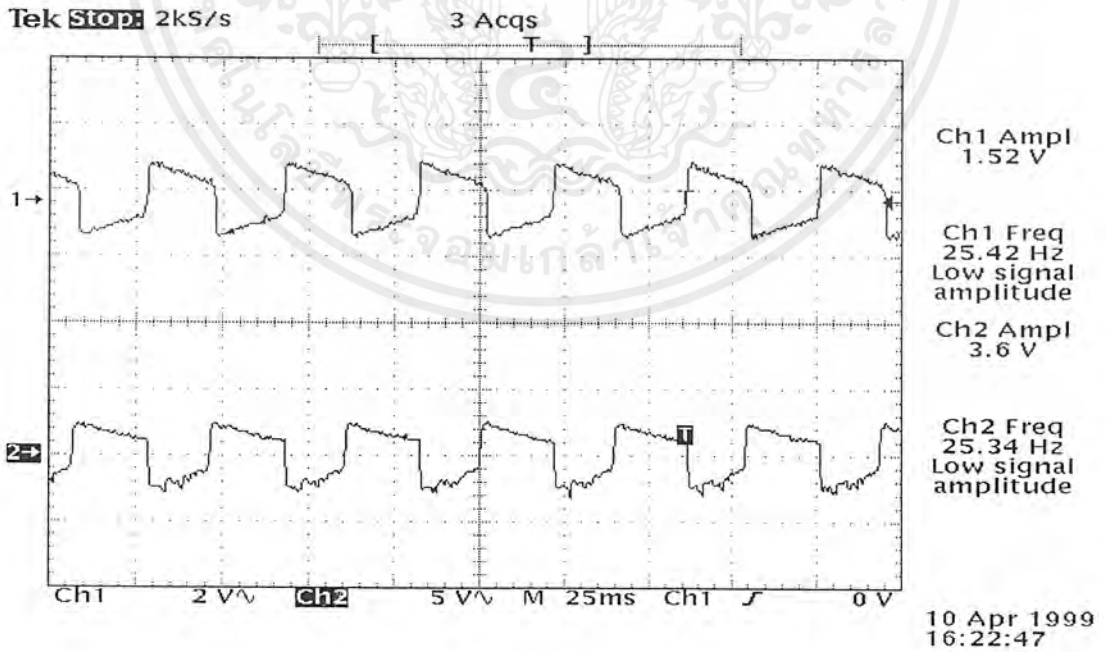
$$T = RC / 2^{1/2}$$

ในวงจรใช้ R 10 กิโลโอห์ม และ C 220 ไมโครฟารัด ซึ่งจะได้เวลาการหน่วงประมาณ 1.55 วินาที เพื่อที่จะสามารถนำไปใช้กับ PABX อื่นในการตรวจจับสัญญาณกระดิ่งและนับจำนวนครั้งของสัญญาณกระดิ่งได้ ทำให้สามารถโปรแกรมให้รับสายเมื่อมีสัญญาณกระดิ่ง 1 - 9 ครั้งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

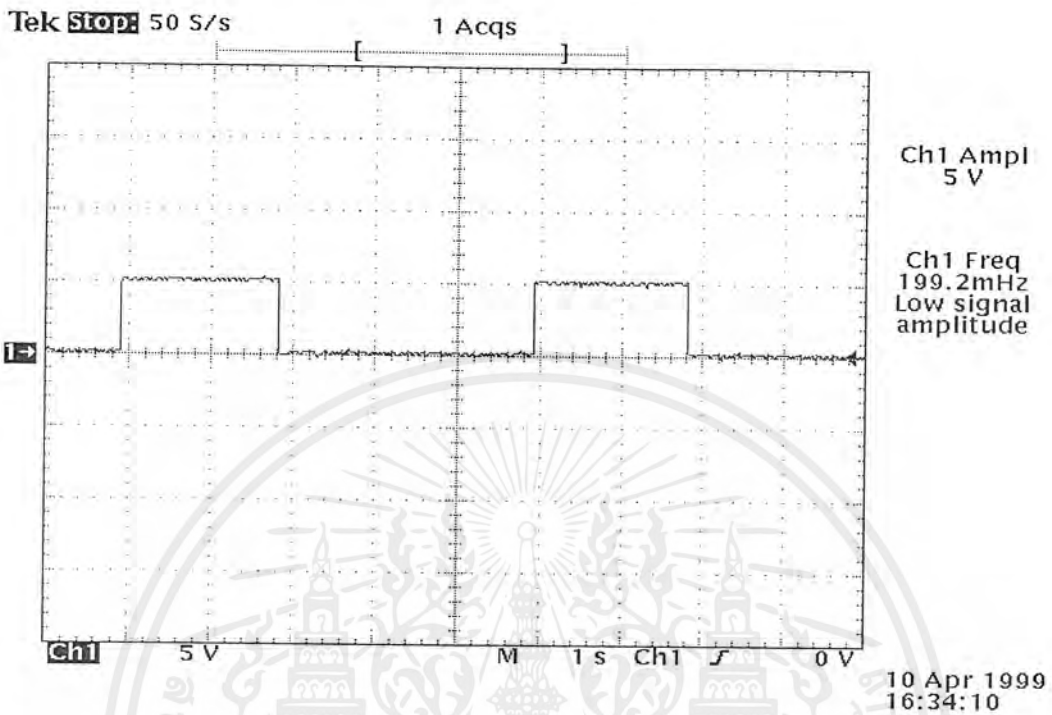


(ก). รูปแสดงสัญญาณ RINGING TONE ที่จับได้ที่ INPUT ของ 4N26

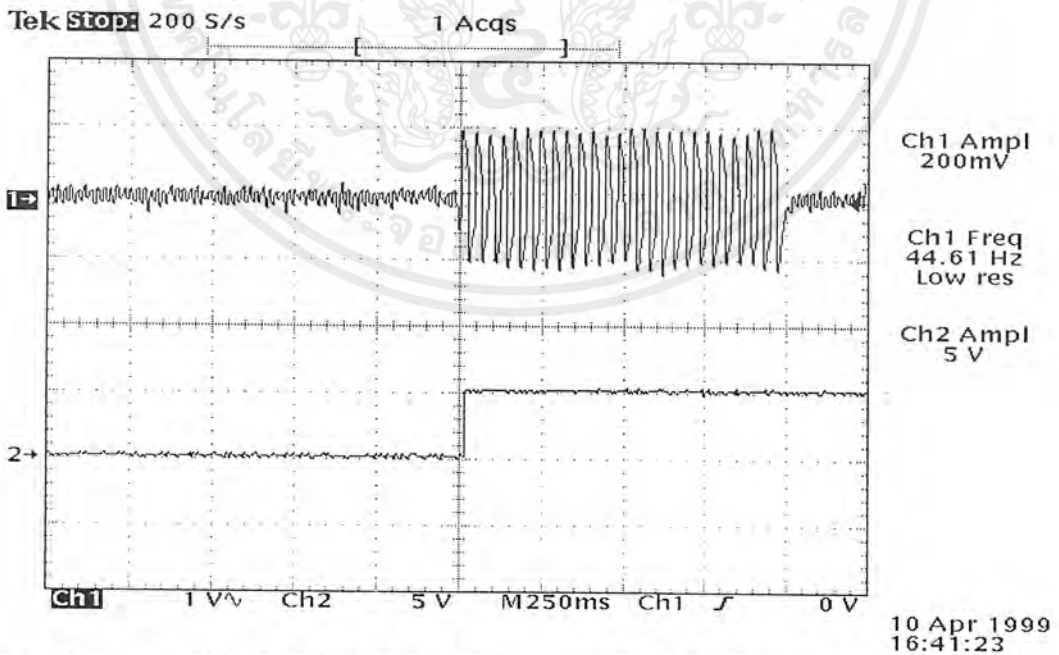


(ข). รูปแสดงการเปรียบเทียบสัญญาณที่จับได้ที่ INPUT กับ OUTPUT ของ 4N26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ค).รูปแสดงสัญญาณ OUTPUT ของ 74121 ที่ภาค DETECT RINGING



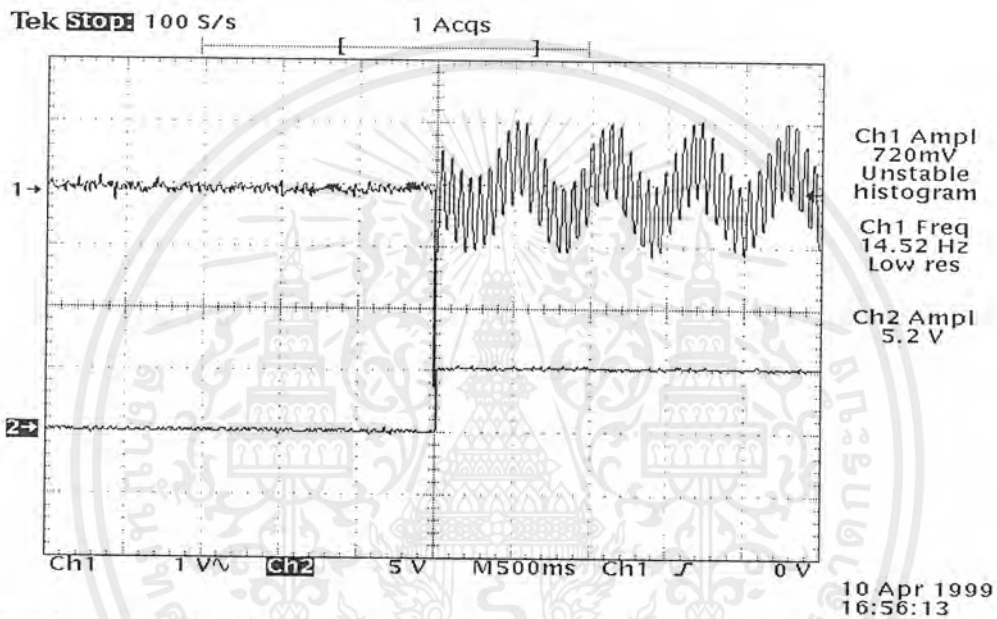
(ง).รูปแสดงการเปรียบเทียบสัญญาณ INPUT กับ OUTPUT ภาค DETECT RINGING

รูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณที่ได้จากวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง

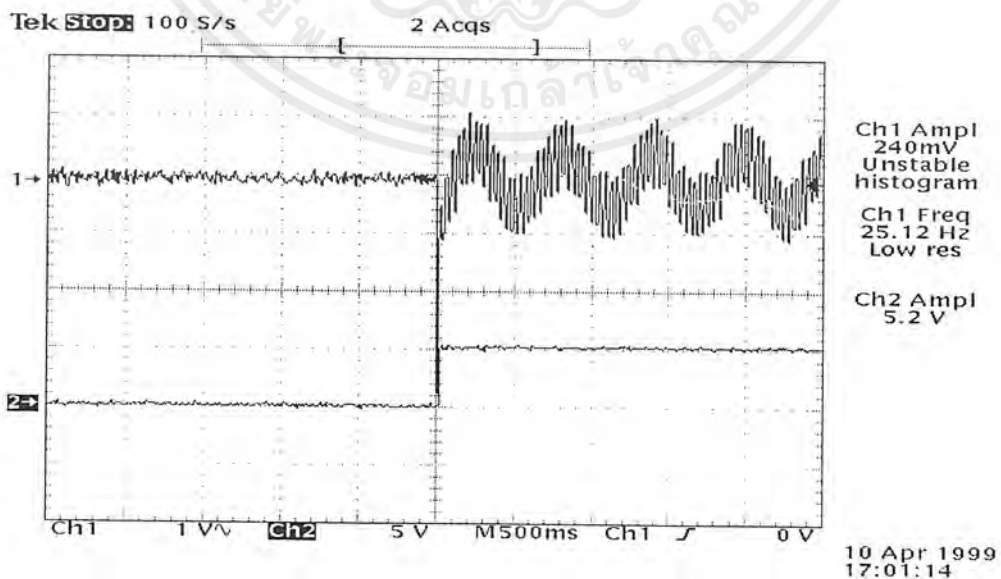
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองของส่วนตรวจจับและกำเนิดสัญญาณ DTMF

จากการทดลองหลังที่ได้กำหนดโปรแกรมที่ใช้ทดสอบไอซี MT8880 ลงไปยังส่วนควบคุมและประมวลผล ในตอนเริ่มต้นไอซีได้รับคำสั่งเซทให้เป็นโหมดรับและคอยสัญญาณ DTMF เมื่อมีสัญญาณ DTMF เข้ามาไอซี MT8880 จะทำการตรวจจับและแปลงเป็นรหัสไบนารี 4 บิต เพื่อนำไปเก็บไว้ในหน่วยความจำของส่วนควบคุมและประมวลผล ผ่านทางพอร์ต 8255 โดยได้ทำการทดลองป้อนสัญญาณดังแสดงในรูป 4.3

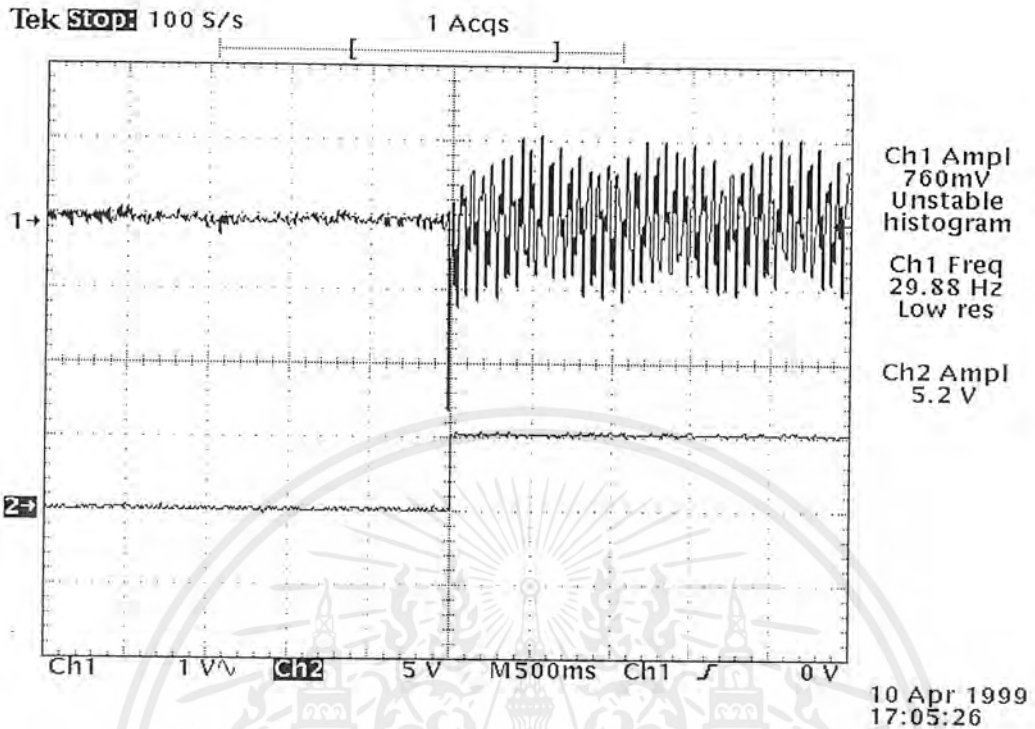


(ก). รูปแสดงการเปรียบเทียบสัญญาณหมายเลข 1 กับสัญญาณที่ขา STD ของ MT8870



(ข). รูปแสดงการเปรียบเทียบสัญญาณหมายเลข 3 กับสัญญาณที่ขา STD ของ MT8870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

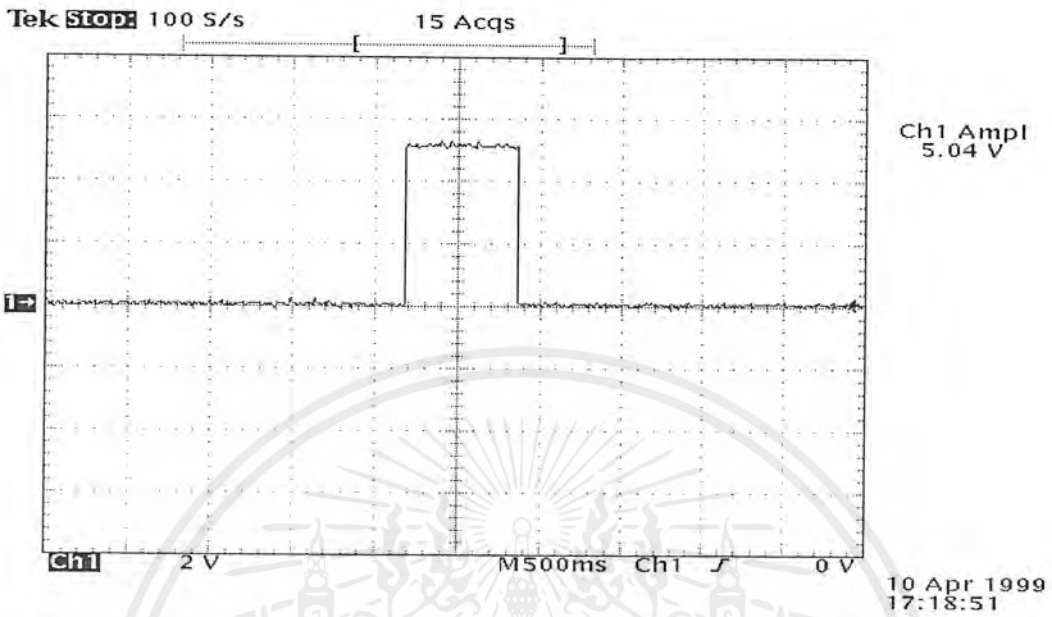


(ค). รูปแสดงการเปรียบเทียบสัญญาณหมายเลข 5 กับสัญญาณที่ขา STD ของ MT8870

รูปที่ 4.3 แสดงสัญญาณ DTMF หมายเลข 1 3 5

ในรูปที่ 4.3 เป็นสัญญาณ DTMF ของหมายเลข 1 3 และ 5 ซึ่งข้อมูลในหน่วยความจำจะเป็น 01H 04H และ 05H ตามลำดับ

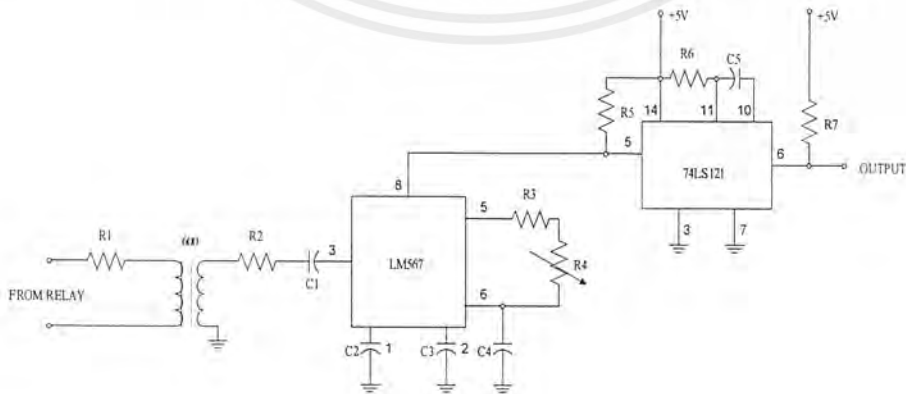
ในรูปที่ 4.4 เป็นสัญญาณ DTMF ของขา STD ซึ่งไอซี MT8870 สามารถตรวจจับและเก็บไว้ในหน่วยความจำ จะเห็นได้ว่าคาบเวลาของสัญญาณ DTMF ประมาณ 0.1 วินาที และช่วงห่างของแต่ละสัญญาณ DTMF น้อยกว่า 0.1 วินาที ไอซี MT8870 ก็สามารถตรวจจับและส่งข้อมูลให้กับส่วนควบคุมและประมวลผลไปเก็บไว้ในหน่วยความจำได้ จากนั้นทำการหน่วงเวลาอีกเล็กน้อยก่อนที่จะกำเนิดสัญญาณ DTMF ตามข้อมูลที่ถูกรับอยู่ในหน่วยความจำโดยแสดงให้เห็นว่าหมายเลขที่ทำการกดไปนั้นได้แสดงอยู่จริง



รูปที่ 4.4 แสดงสัญญาณ ที่ขา STD ของ MT8870 เมื่อมีสัญญาณ DTMF เข้ามา

ผลการทดลองวงจรตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณสายไม่ว่าง (DETECT RINGBACK & BUSY)

หลังจากที่เราได้ต่อวงจรแล้ว ในขั้นแรกเราได้ป้อนสัญญาณ DTMF หมายเลข 1 5 และ 9 แล้ว สัญญาณเอาต์พุตที่ขา 8 ของไอซี LM567 จะไม่มีค่าเปลี่ยนแปลง เป็นผลทำให้เอาต์พุตที่ขา 6 ของไอซี 74121 ยังคงมีสถานะเป็นลอจิก “0” เหมือนเดิม ดังแสดงในรูปที่ 4.5

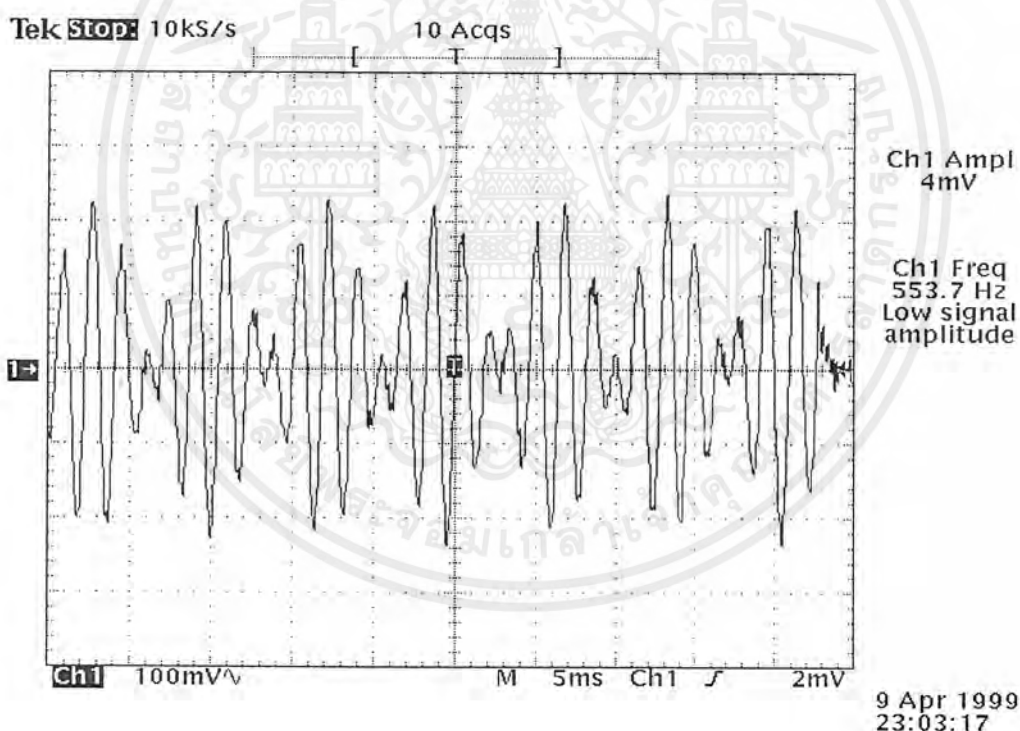


รูปที่ 4.5 แสดงวงจรตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณสายไม่ว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

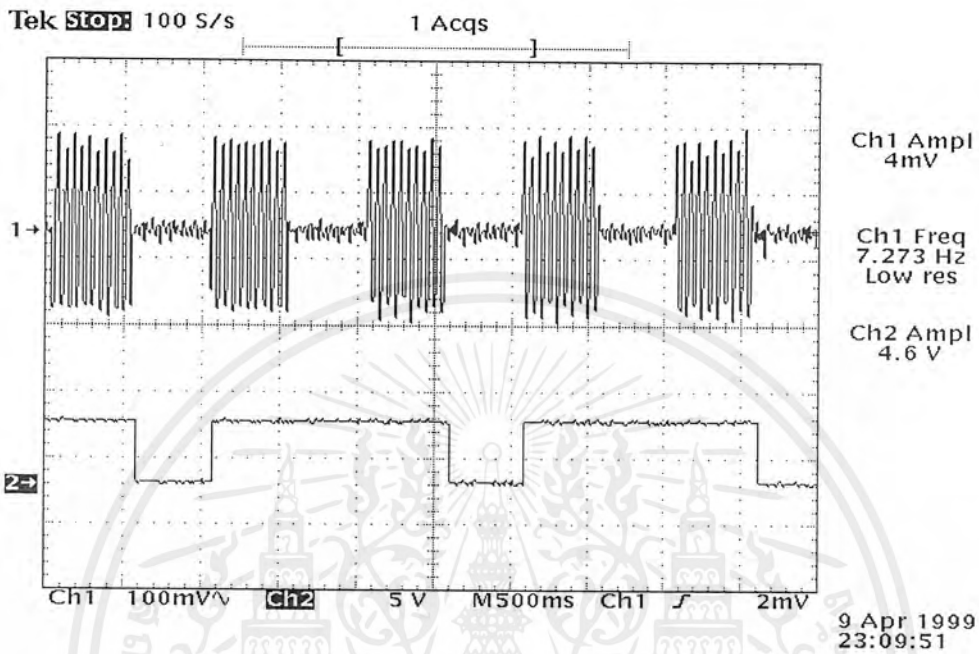
แต่เมื่อมีสัญญาณเรียกกลับเข้ามาแล้ว สัญญาณที่ขา 8 ของไอซี LM567 จะตกลงมาเป็นลอจิก “0” และเมื่อกลับลอจิกเป็นลอจิก “1” แล้ว จะทำให้ไอซี 74121 ทำการหน่วงเวลาไปอีก 1.55 วินาที ดังแสดงในรูปที่ 4.6 ซึ่งจะเป็นได้ว่าระดับของสัญญาณอินพุตของ LM567 ที่เกิดการผิดเพี้ยน ทำให้ไอซี LM567 ไม่สามารถตรวจจับได้เต็มช่วงเวลาของสัญญาณเรียกกลับ ดังนั้นการใช้วงจรหน่วงเวลาเข้ามาช่วย จะทำให้สามารถกำหนดช่วงเวลาที่เหมาะสมตามตัวของสัญญาณเรียกกลับได้

ในส่วนของสัญญาณสายไม่ว่างที่เข้ามาในวงจร จะมีลักษณะอินพุตและเอาต์พุตดังแสดงในรูปที่ 4.6(ก)และ4.6(ข) ซึ่งหลังจากที่ผ่านไอซี 74121 แล้ว จะสามารถแยกความแตกต่างระหว่างสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณสายไม่ว่างได้ โดยการโปรแกรมการตรวจสอบช่วงเวลาของสัญญาณที่ได้จากเอาต์พุตของไอซี 74121



(ก). แสดงสัญญาณ BUSY TONE ที่วัดได้จาก INPUT ที่ขา 3 ของ LM567

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



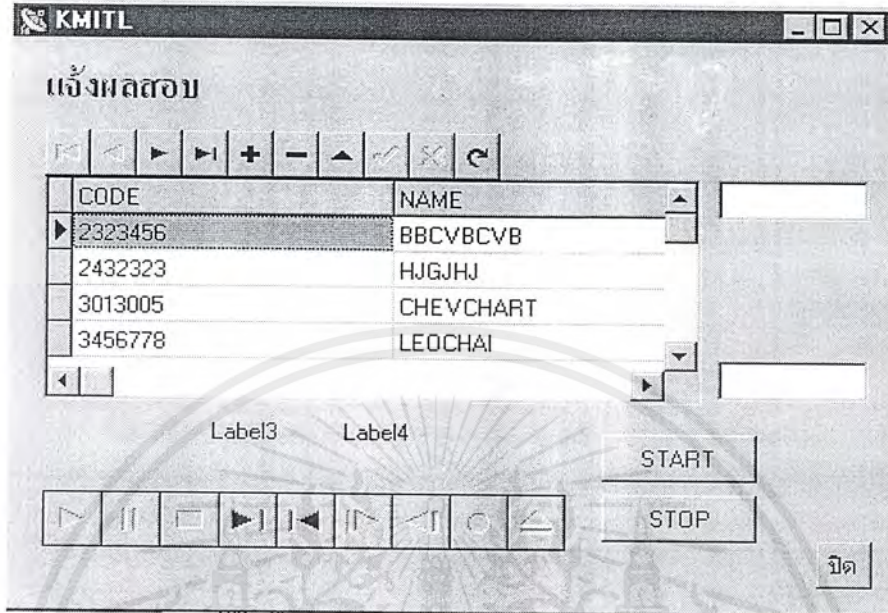
(จ). รูปแสดงการเปรียบเทียบสัญญาณ INPUT กับ OUTPUT ที่ภาค DETECT BUSY
รูปที่ 4.6แสดงสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณสายไม่ว่าง

รูปแบบฟอร์มของโปรแกรม

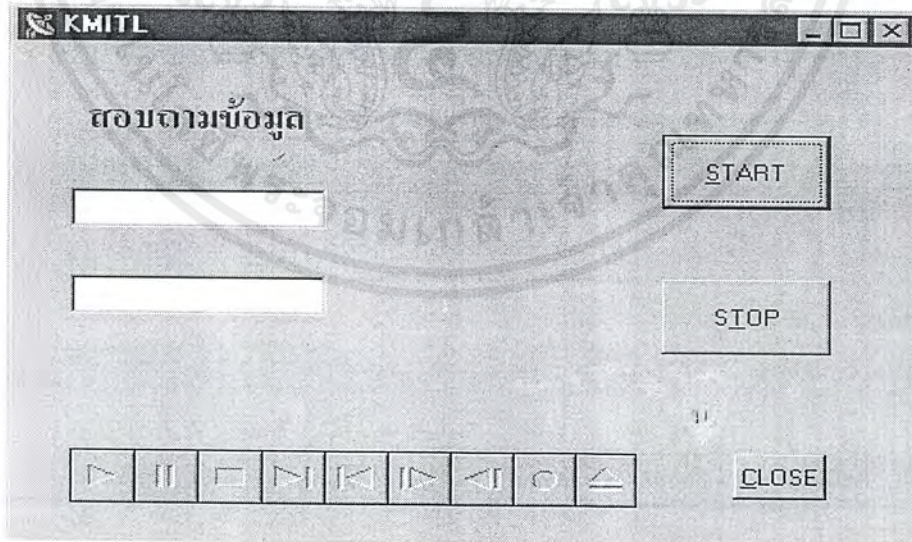


รูปที่ 4.7 แสดงรูปแบบฟอร์มหลักของตัวโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 แสดงรูปแบบฟอร์มแข่งผลการสอบ

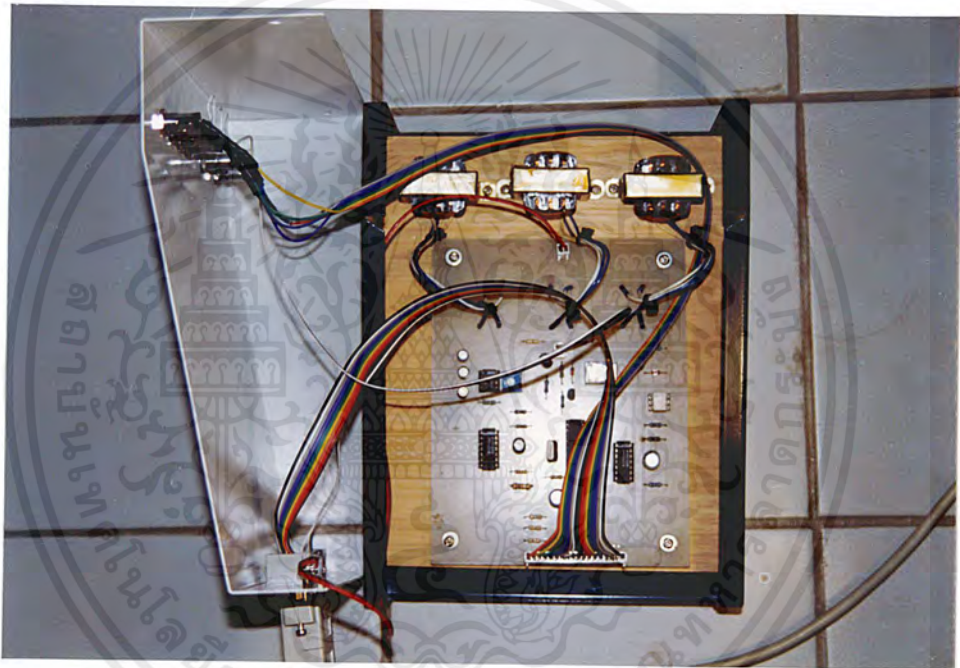


รูปที่ 4.9 แสดงรูปแบบฟอร์มสอบตามข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะโครงสร้างของชิ้นงาน

โครงสร้างของชิ้นงานมีลักษณะเปรียบเหมือนกับเครื่องโทรศัพท์เครื่องหนึ่งที่สามารถตอบรับกับผู้ใช้ได้กรณีที่ผู้ใช้โทรเข้ามาเพื่อต้องการสอบถามข้อมูลต่างๆ โดยตัวเครื่องจะทำการรับข้อมูลจากที่ผู้ใช้ได้ทำการส่งมาแล้วทำการตอบรับกลับไปโดยมีข้อมูลที่ทำการอัดเสียงข้อมูลไว้เรียบร้อยแล้ว ลักษณะรูปร่างของ โครงงานสามารถที่จะดูได้จากรูปที่4.10 ,4.11และ4.12



รูปที่4.10 แสดงรูปร่างภายในของโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.11 แสดงรูปร่างภายนอกของตัวโครงงาน



รูปที่4.12 แสดงลักษณะตัวโครงงานที่ต่ออยู่กับPC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุปและวิจารณ์

หลังจากที่ได้ทำการศึกษาหัวข้อ โครงงาน จนเข้าใจถึงหลักการทำงานและขอเขตการทำงานทั้งหมดของอุปกรณ์ เครื่องสอบถามทางโทรศัพท์อัตโนมัติ (Automated Attendant) แล้วก็เริ่มทำการแบ่งแยกการทำงานส่วนต่าง ๆ ซึ่งแบ่งได้เป็น 5 ส่วนดังนี้

1. ส่วนควบคุมและประมวลผล (CENTRAL PROCESSING UNIT)
2. ส่วนตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง (RINGING DETECT)
3. ส่วนสัญญาณเสียงตอบรับ (ANNOUNCER AND MESSAGE)
4. ส่วนรับสัญญาณคู่ความถี่ (DTMF DECODER)
5. ส่วนตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณสายไม่ว่าง (RINGBACK AND BUSY DETECT)

เมื่อแบ่งแยกส่วนย่อยได้แล้ว ก็เขียนไดอะแกรมแสดงการเชื่อมต่อกันต่อละส่วนของเครื่องสอบถามทางโทรศัพท์อัตโนมัติ หลังจากนั้นจึงเขียน FLOW CHART แสดงขั้นตอนการทำงานตามลำดับตั้งแต่เริ่มรับสัญญาณกระดิ่ง จนกระทั่งสิ้นสุดการสนทนา ส่วนของ FLOW CHART นี้จะเป็นเครื่องมือสำคัญที่จะนำไปใช้ประกอบการเขียนโปรแกรมควบคุมของหน่วยควบคุมและประมวลผล

ขั้นตอนต่อไป หลังจากเขียนบล็อกไดอะแกรม และ FLOW CHART ก็คือ ขั้นตอนการออกแบบวงจร สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบวงจร คือ จะนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ใด มาใช้เพื่อให้เกิดความเหมาะสม สะดวก และประหยัดมากที่สุด

การออกแบบวงจร ก็จะเริ่มออกแบบทีละส่วน เมื่อได้วงจรของทุกส่วนแล้วจึงนำมา เชื่อมต่อกันทั้งหมด

สำหรับอุปกรณ์หลักที่นำมาใช้ในแต่ละส่วนของโครงการนี้ มีดังนี้

1. ส่วนควบคุมและประมวลผล PORT 8255
2. ส่วนตรวจจับสัญญาณกระดิ่ง ใช้อปโตได้อิเล็กทรอนิกส์สวิทช์
3. ส่วนสัญญาณเสียงตอบรับใช้ซาวด์การ์ด (Sound Card)
4. ส่วนรับและส่งสัญญาณคู่ความถี่ ใช้ไอซีเบอร์ MT8870
5. ส่วนตรวจจับสัญญาณเรียกกลับและสัญญาณสายไม่ว่างใช้ไอซีเบอร์ LM567

ขั้นตอนต่อไปนี้ คือ ทำการศึกษาถึงการใช้งานไมโครโปรเซสเซอร์ ไอซีบันทึกเสียง, ไอซีรับและส่ง DTMF จากคาสเซ็ท และเริ่มทำการทดลองส่วนต่างๆ ทีละส่วน จนได้ผลเป็นที่น่าพอใจแล้ว เราจึงได้นาวจรต่าง ๆ นอกจากส่วนควบคุมและประมวลผลและส่วนสัญญาณเสียงตอบรับ โดยการนำส่วนต่าง ๆ ที่เหลือทั้งหมดมาลงบน PRINT CIRCUIT BOARD และ SOUND CARD เชื่อมต่อส่วนต่าง ๆ เข้าด้วยกันด้วยสายจากนั้นจึงใช้ EPROM EMULATOR ทำงานเสมือน EPROM ขนาด 8 กิโลไบต์ เพื่อที่จะอัปเดตโปรแกรมจากคอมพิวเตอร์ผ่านสาย PRINTER ลงบน EPROM EMULATOR และทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซอฟต์แวร์กับฮาร์ดแวร์ที่ละส่วนจนได้ผลการทำงานที่สมบูรณ์แล้ว จึงนำโปรแกรมไปอัดเป็น EPROM เพื่อใช้ในการทำงาน

ในการทดลองเราได้ใช้ PORT ของ PABX จำนวน 5 PORT โดยใช้ PORT ของสายภายใน 4 PORT และใช้ PORT ของสายภายนอก 1 PORT นำสายภายใน 1 PORT ต่อเข้าสายภายนอก เพื่อเรียนแบบการโทรเข้ามาจากคู่สายภายนอก

ปัญหาและการแก้ไข

1. ปัญหาที่เกิดจากวงจร ANNOUNCER

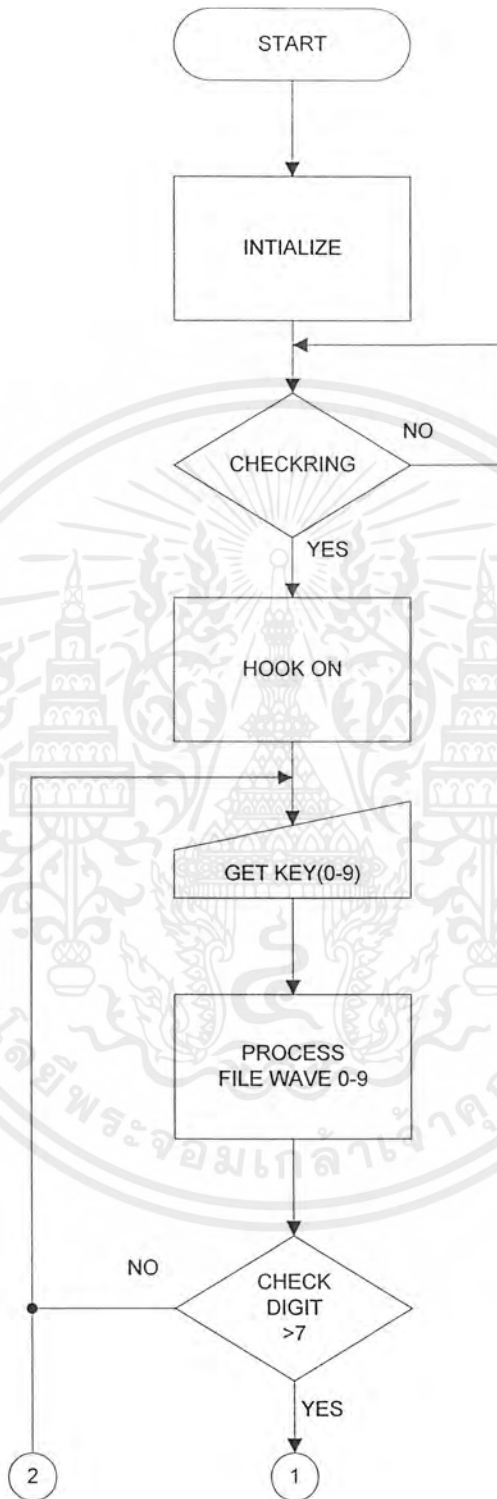
- 1.1 เมื่อทดลองในส่วนเสียงตอบรับ ปรากฏว่าไอซี MT8870 ไม่สามารถตรวจจับสัญญาณ DTMF ในขณะที่มีสัญญาณตอบรับได้เนื่องจากเสียงตอบรับมีความดังมากเกินไป หลังจากที่ได้ทำการปรับความดังในส่วนวงจรขยายให้ลดลงแล้ว ก็สามารถตรวจจับสัญญาณ DTMF ในขณะที่ตอบรับสายที่โทรเข้ามาได้
- 1.2 ในส่วนการบันทึกเสียงตอบรับผ่านคู่สายโทรศัพท์ให้เป็นแนวทางการพัฒนาต่อไป



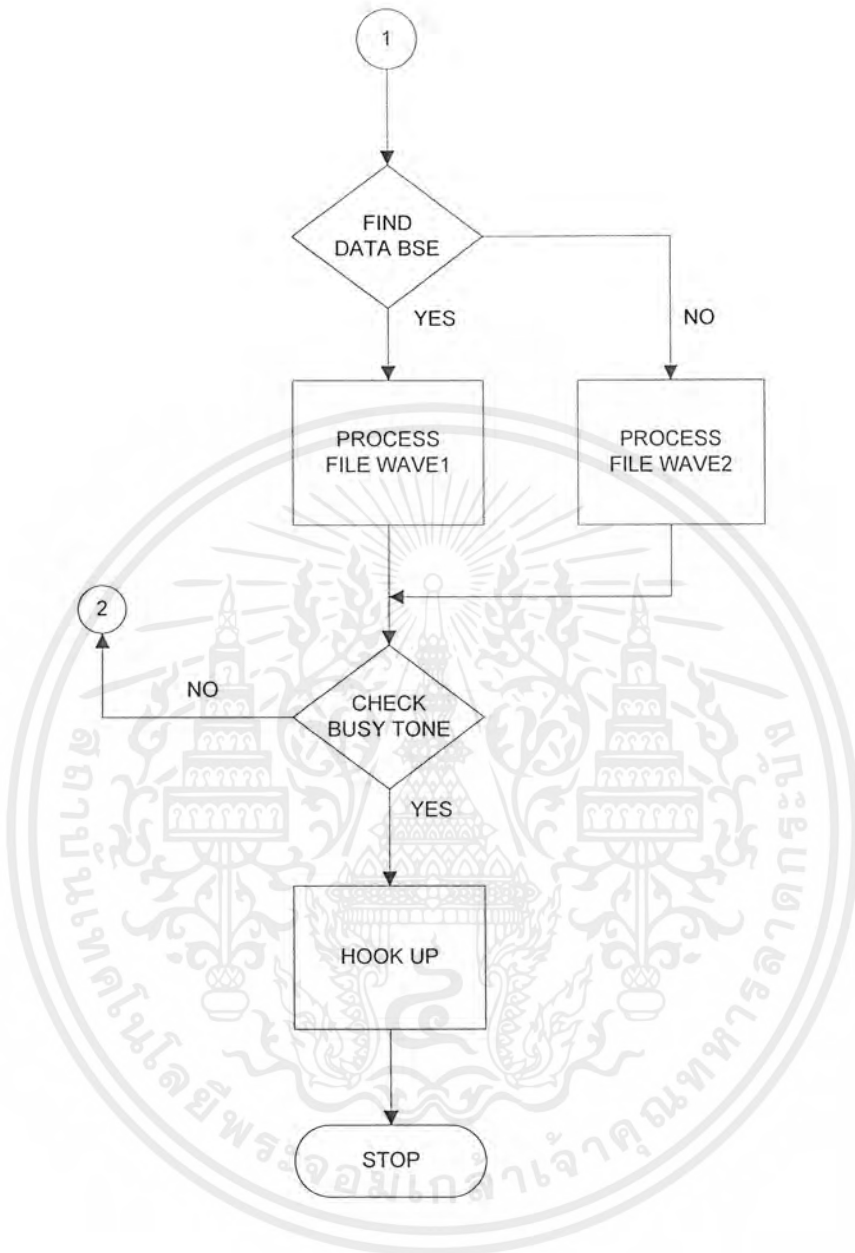
ภาคผนวก ก

ไฟล์วชาร์ตและโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

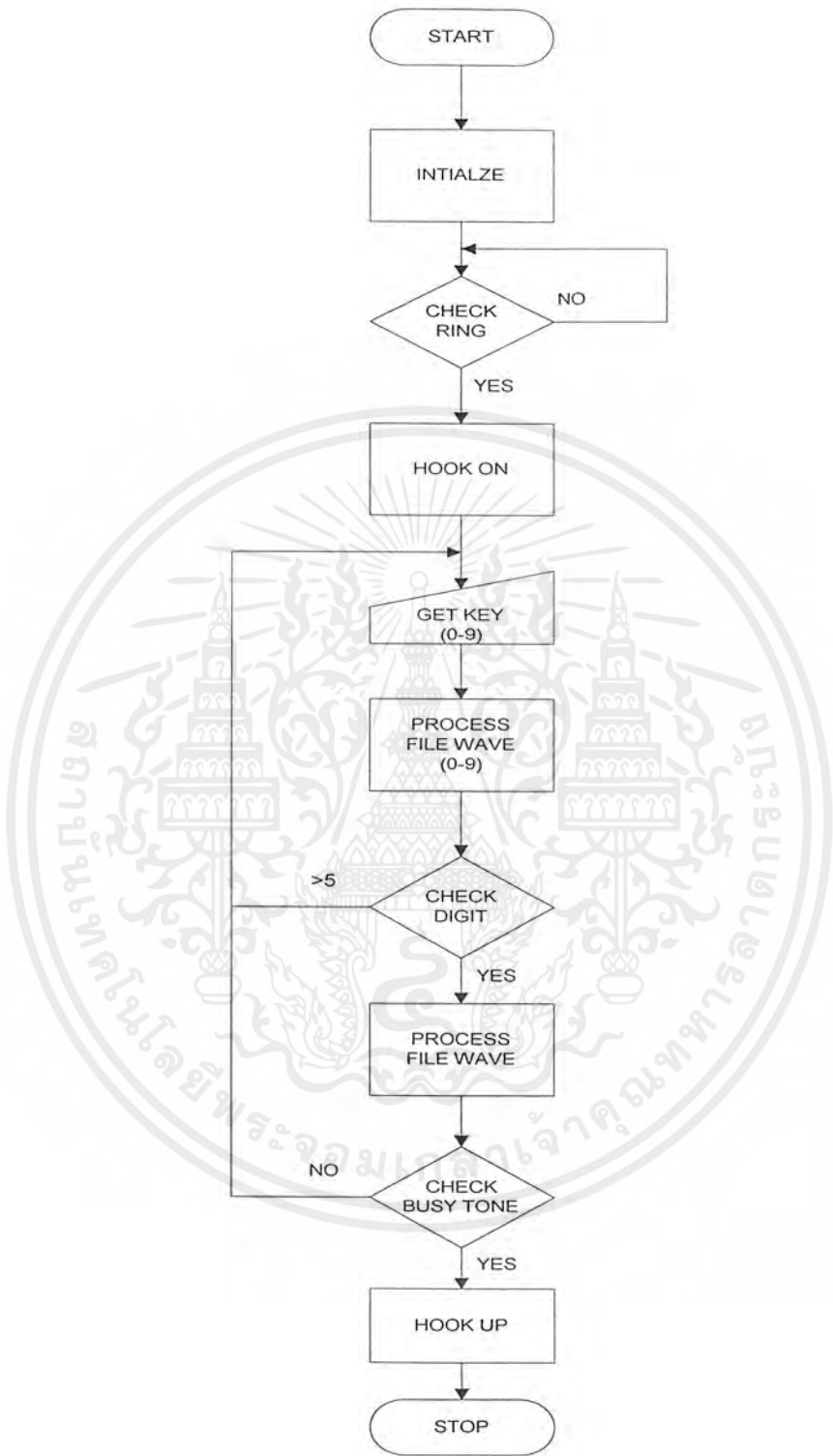


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดง โฟลวชาร์ตการแจ้งผลสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดง โฟลวชาร์ตการสอบถามข้อมูลทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมหลัก

```
unit a;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs,
  StdCtrls, ExtCtrls;

type
  TForm1 = class(TForm)
    Button1: TButton;
    Button2: TButton;
    Button3: TButton;
    Button4: TButton;
    Image1: TImage;
    Label1: TLabel;
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure Button2Click(Sender: TObject);
    procedure Button4Click(Sender: TObject);
    procedure Button3Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  Form1: TForm1;

implementation

uses arrow1,smith1,d;

{$R *.DFM}

procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
begin
  PERRONG.SHOW;
end;

procedure TForm1.Button2Click(Sender: TObject);
begin
  LEO1.SHOW;
end;

procedure TForm1.Button4Click(Sender: TObject);
begin
  FORM4.SHOW;
end;
procedure TForm1.Button3Click(Sender: TObject);
begin
  CLOSE;
end;

end.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมแจ้งผลสอบ

```
unit ARROW1;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs,
  StdCtrls, MPlayer, ExtCtrls, DBCtrls, Grids, DBGrids, Db, DBTables;

type
  TPERRONG = class(TForm)
    Label1: TLabel;
    DataSource1: TDataSource;
    Table1: TTable;
    DBGrid1: TDBGrid;
    DBNavigator1: TDBNavigator;
    MediaPlayer1: TMediaPlayer;
    Button1: TButton;
    Timer1: TTimer;
    Timer2: TTimer;
    Label2: TLabel;
    Edit1: TEdit;
    Label3: TLabel;
    Edit2: TEdit;
    Button2: TButton;
    Button3: TButton;
    Label4: TLabel;
    procedure Button2Click(Sender: TObject);
    procedure FormActivate(Sender: TObject);
    procedure Timer1Timer(Sender: TObject);
    procedure Timer2Timer(Sender: TObject);
    procedure Button3Click(Sender: TObject);
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
    function inport(portno:smallint):byte;
    procedure outport(portno:smallint;data:byte);
  end;

var
  PERRONG: TPERRONG;
  i:integer;
implementation
  {$R *.DFM}
  FUNCTION TPERRONG.inport(portno:smallint):byte;
  VAR TEMP:BYTE;
  BEGIN
  ASM
  PUSH DX
  MOV DX,PORTNO
  IN AL,DX
  MOV TEMP,AL
  POP DX
  END;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

INPORT:=TEMP;
END;
PROCEDURE TPERRONG.OUTPORT(PORTNO:SMALLINT;DATA:BYTE);
BEGIN
ASM
PUSH DX
MOV DX,PORTNO
MOV AL,DATA
OUT DX,AL
POP DX
END;
END;

```

```

procedure TPERRONG.Button2Click(Sender: TObject);
begin
label2.caption:='disconect';
edit1.text:=inttostr(254);
outport($241,strtoint(edit1.text));
timer1.enabled:=false;
i:=0;
edit2.text:='';
label2.caption:='IDEL';
end;

```

```

procedure TPERRONG.FormActivate(Sender: TObject);
begin
outport($243,$99);
timer1.enabled:=false;
timer2.enabled:=false;
end;

```

```

procedure TPERRONG.Timer1Timer(Sender: TObject);
begin
label3.caption:=inttostr(inport($242));
if inport($242)=int(239) then
begin
edit1.text:=inttostr(255);
outport($241,strtoint(edit1.text));
label2.caption:='connect';
label4.caption:=inttostr(inport($240));
mediaplayer1.devicetype:=dtwaveaudio;
mediaplayer1.filename:='c:\sound1.wav';
mediaplayer1.open;
mediaplayer1.play;
timer2.enabled:=true;
i:=0;
end;
end;

```

```

end;
end;
procedure TPERRONG.Timer2Timer(Sender: TObject);

```

```

var strtmp,keyp,keytmp:string;
begin
keyp:=inttohex(inport($240),2);
keytmp:=copy(keyp,1,1);
if keytmp= 'f' then
begin
inc(i);
keyp:=copy(keyp,2,1);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if keyp = 'A' then
begin
    keyp:='0';
    mediaplayer1.devicetype:=dtwaveaudio;
    mediaplayer1.filename:='c:\0.wav';
    mediaplayer1.open;
    mediaplayer1.play;
end;
if keyp = '1' then
begin
    mediaplayer1.devicetype:=dtwaveaudio;
    mediaplayer1.filename:='c:\1.wav';
    mediaplayer1.open;
    mediaplayer1.play;
end;
if keyp = '2' then
begin
    mediaplayer1.devicetype:=dtwaveaudio;
    mediaplayer1.filename:='c:\2.wav';
    mediaplayer1.open;
    mediaplayer1.play;
end;
if keyp = '3' then
begin
    mediaplayer1.devicetype:=dtwaveaudio;
    mediaplayer1.filename:='c:\3.wav';
    mediaplayer1.open;
    mediaplayer1.play;
end;
if keyp = '4' then
begin
    mediaplayer1.devicetype:=dtwaveaudio;
    mediaplayer1.filename:='c:\4.wav';
    mediaplayer1.open;
    mediaplayer1.play;
end;
if keyp = '5' then
begin
    mediaplayer1.devicetype:=dtwaveaudio;
    mediaplayer1.filename:='c:\5.wav';
    mediaplayer1.open;
    mediaplayer1.play;
end;
if keyp = '6' then
begin
    mediaplayer1.devicetype:=dtwaveaudio;
    mediaplayer1.filename:='c:\6.wav';
    mediaplayer1.open;
    mediaplayer1.play;
end;
if keyp = '7' then
begin
    mediaplayer1.devicetype:=dtwaveaudio;
    mediaplayer1.filename:='c:\7.wav';
    mediaplayer1.open;
    mediaplayer1.play;
end;
if keyp = '8' then

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

begin
    mediaplayer1.devicetype:=dtwaveaudio;
    mediaplayer1.filename:='c:\7.wav';
    mediaplayer1.open;
    mediaplayer1.play;
end;
if keyp='9' then
begin
    mediaplayer1.devicetype:=dtwaveaudio;
    mediaplayer1.filename:='c:\9.wav';
    mediaplayer1.open;
    mediaplayer1.play;
end;
if keyp='c'then
begin
    keyp:='';
    label2.caption:='disconnect';
    edit1.text:=inttostr(254);
    outport($241,strtoint(edit1.text));
    edit2.text:='';
    i:=0;
    label2.caption:='IDEL';
    END;
Edit2.text:=trim(edit2.text+keyp);
if i>7 then
begin
    i:=0;
    tabell.first;
if Tabell.Findkey([Edit2.text]) then
begin
    mediaplayer1.devicetype:=dtwaveaudio;
    mediaplayer1.filename:='c:\sound2.wav';
    mediaplayer1.open;
    mediaplayer1.play;
end
else
    beggi
        mediaplayer1.devicetype:=dtwaveaudio;
        mediaplayer1.filename:='c:\sound3.wav';
        mediaplayer1.open;
        mediaplayer1.play;
        end;
        edit2.text:='';
end;

end;

procedure TPERRONG.Button3Click(Sender: TObject);
begin
    timer1.enabled:=true;
end;

procedure TPERRONG.Button1Click(Sender: TObject);
begin
    close;
end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมสอบถามข้อมูล

```
unit SMITH1;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs,
  MPlayer, StdCtrls, ExtCtrls;

type
  Tleol = class(TForm)
    Button1: TButton;
    Button2: TButton;
    Button3: TButton;
    Edit1: TEdit;
    Edit2: TEdit;
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Label3: TLabel;
    MediaPlayer1: TMediaPlayer;
    Timer1: TTimer;
    Label4: TLabel;
    Timer2: TTimer;
    procedure Button2Click(Sender: TObject);
    procedure Timer1Timer(Sender: TObject);
    procedure Timer2Timer(Sender: TObject);
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

var
  leol: Tleol;

implementation

{$R *.DFM}
FUNCTION Tleol.inport(portnno:smallint):byte;
var TEMP:BYTE;
BEGIN
  ASM
  PUSH  DX
  MOV   DX,PORTNO
  IN    AL,DX
  MOV   TEMP,AL
  POP   DX
  END;
  INPORT:=TEMP;
  END;
PROCEDURE TLEOL.OUTPORT(PORTNO:SMALLINT;DATA:BYTE);BEGIN
  ASM
  PUSH  DX
  MOV   DX,PORTNO
  MOV   AL,DATA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
OUT DX,AL
POP DX
END;
END;
```

```
procedure Tle01.Button2Click(Sender: TObject);
begin
LABEL2.CAPTION:='disconnect';
edit1.text:=inttostr(254);
outport($201,strtoint(edit1.text));
timer1.enabled:=false;
label2.caption:='IDEL';
end;
```

```
procedure Tle01.Timer1Timer(Sender: TObject);
begin
label3.caption:=inttostr(inport($242);
if inport($242)=int(239) then
begin
edit1.text:=inttostr(255);
outport($241,strtoint(edit1.text));
label2.caption:='connect';
label4.caption:=inttostr(inport($240));
mediaplayer1.devicetype:=dtwaveaudio;
mediaplayer1.filename:= 'c:\soundd1.wav';
mediaplayer1.open;
mediaplayer1.play;
tmimer2.enabled:=true;
end;
end;
```

```
procedure Tle01.Timer2Timer(Sender: TObject);
var strimp,keyp,keytmp:string;

begin
keyp:=ittohex(inport($240,2);
keytmp:=copy(keyp,1,1);
if keytmp='f' then
begin
keyp:=copy(keyp,2,1);
if keyp='1' then
begin
mediaplayer1.devicetype:=dtwaveaudio;
mediaplayer1.filename:='c:\1.wav';
mediaplayer1.open;
mediaplayer1.play;
end;
if keyp='2' then
begin
mediaplayer1.devicetype:=dtwaveaudio;
mediaplayer1.filename:='c:\2.wav';
mediaplayer1.open;
mediaplayer1.play;
end;
if keyp='3' then
begin
mediaplayer1.devicetype:=dtwaveaudio;
mediaplayer1.filename:='c:\3.wav';
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

mediaplayer1.open;
mediaplayer1.play;
end;
if keyp='4' then
begin
mediaplayer1.devicetype:=dtwaveaudio;
mediaplayer1.filename:='c:\4.wav';
mediaplayer1.open;
mediaplayer1.play;
end;
if keyp='5' then
begin
mediaplayer1.devicetype:=dtwaveaudio;
mediaplayer1.filename:='c:\5.wav';
mediaplayer1.open;
mediaplayer1.play;
end
else
begin
mediaplayer1.devicetype:=dtwaveaudio;
mediaplayer1.filename:='c:\soundd2.wav';
mediaplayer1.open;
mediaplayer1.play;
end;
end;
end;
end;

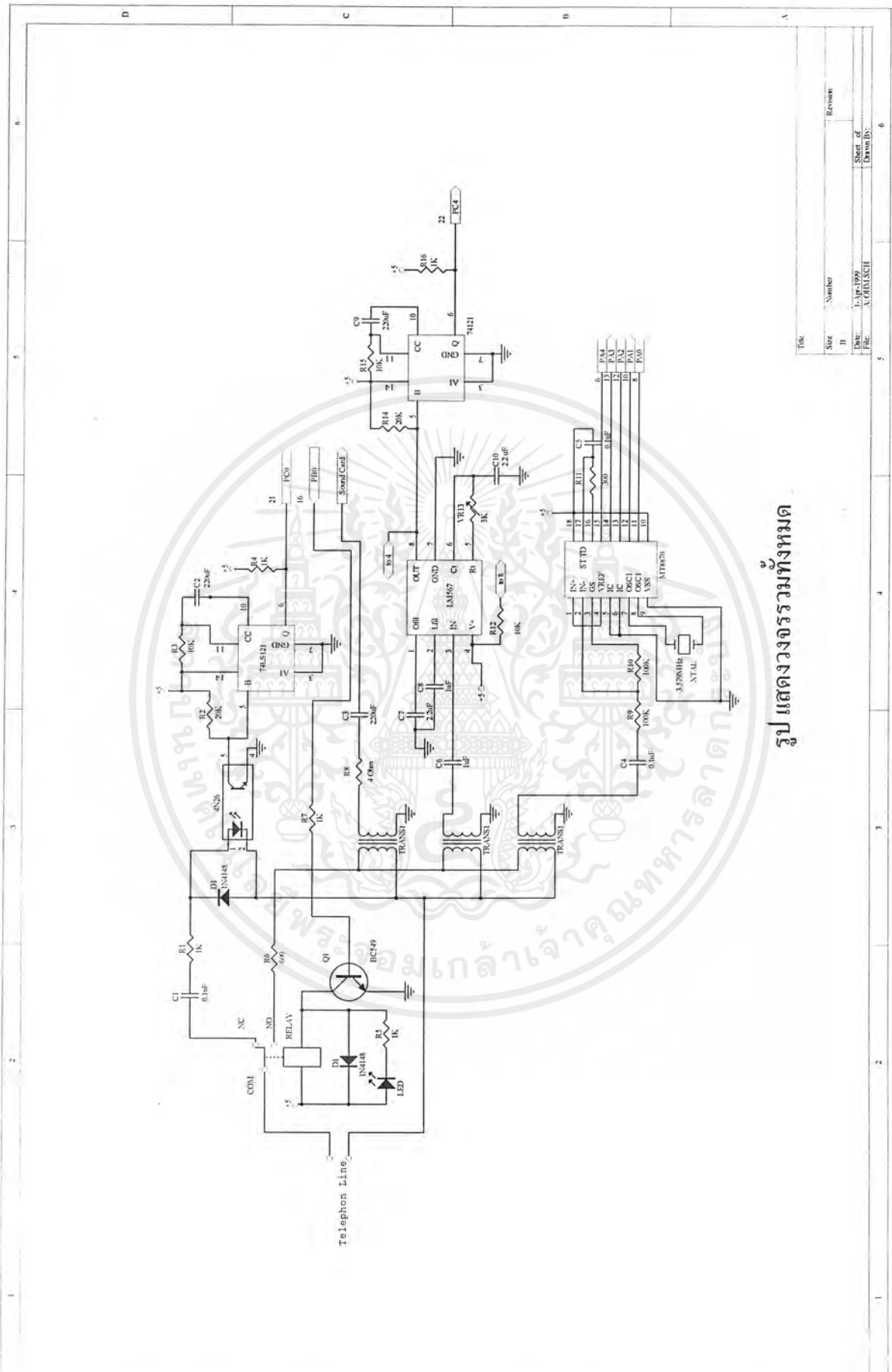
procedure Tleo1.Button1Click(Sender: TObject);
begin
timer1.enabled:=true;
end;
end.

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



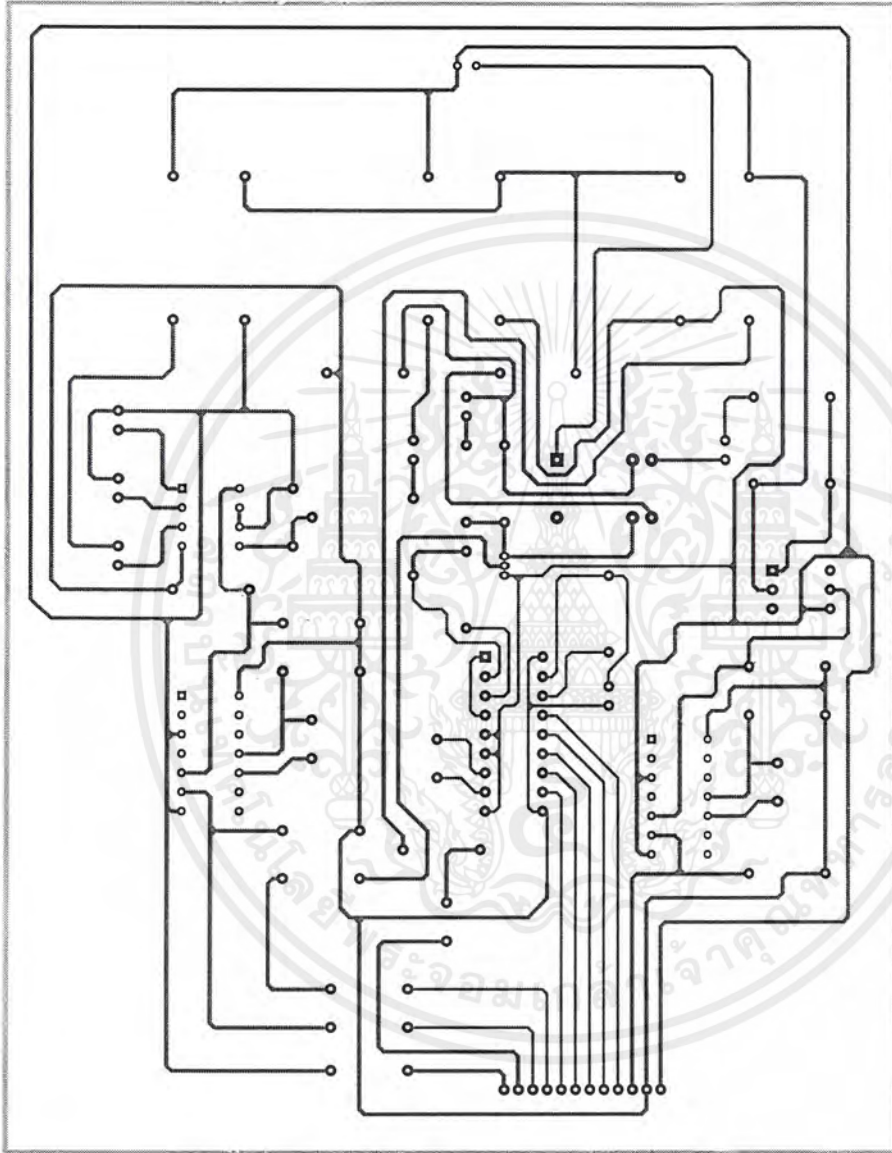
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดงวงจรทั้งหมด

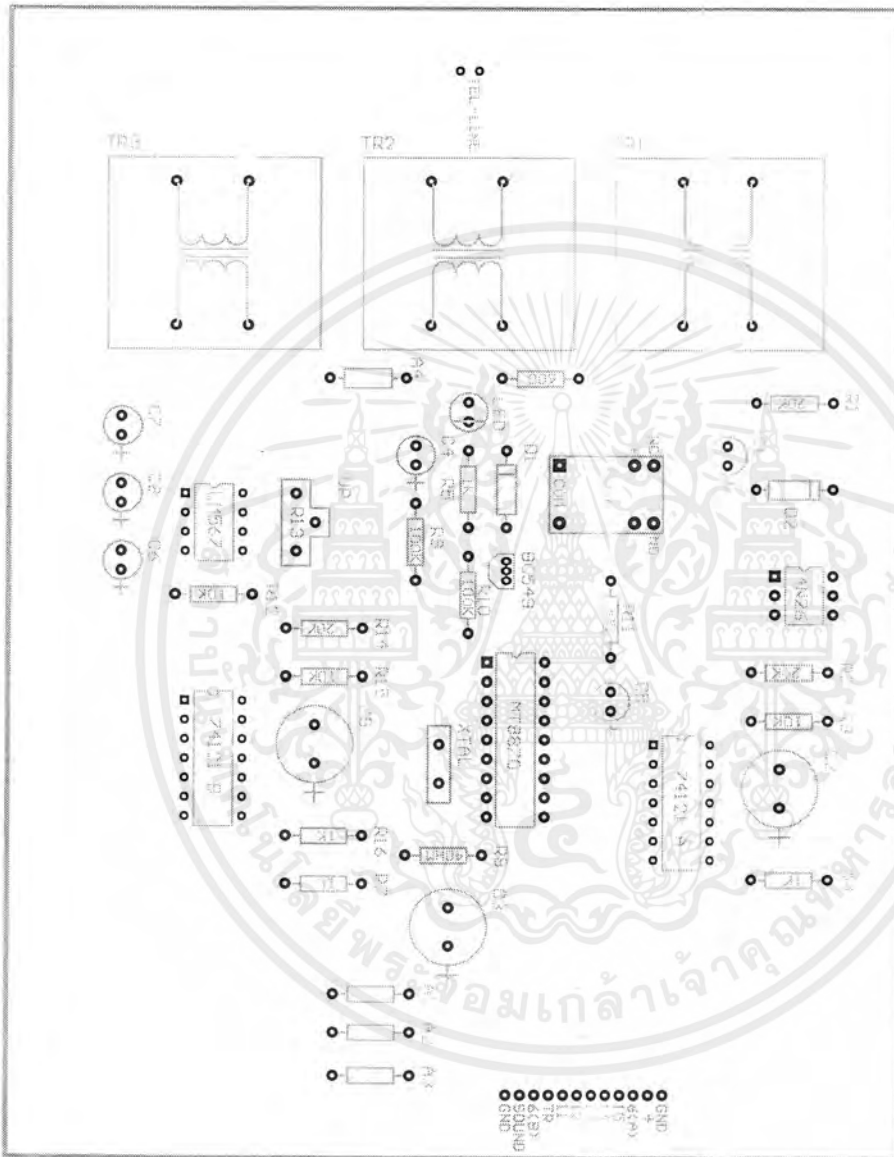
File	Size	Number	Revision
		11	
		12	
		13	
		14	
		15	
		16	
		17	
		18	
		19	
		20	
		21	
		22	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



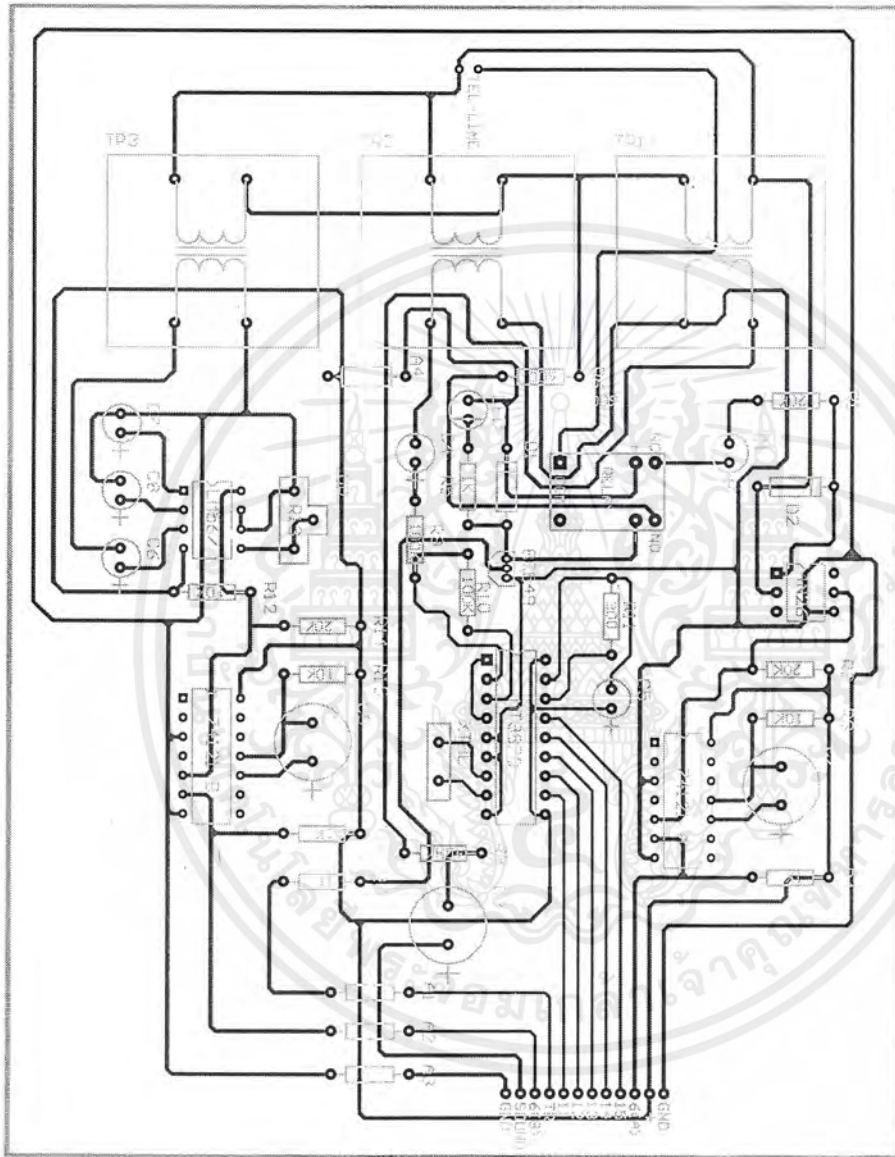
รูปแสดงลายวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปการวางอุปกรณ์ด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดงลายวงจรพิมพ์และการวางอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



82C55A CHMOS PROGRAMMABLE PERIPHERAL INTERFACE

- Compatible with all Intel and Most Other Microprocessors
- High Speed, "Zero Wait State" Operation with 8 MHz 8086/88 and 80186/188
- 24 Programmable I/O Pins
- Low Power CHMOS
- Completely TTL Compatible
- Control Word Read-Back Capability
- Direct Bit Set/Reset Capability
- 2.5 mA DC Drive Capability on all I/O Port Outputs
- Available in 40-Pin DIP and 44-Pin PLCC
- Available in EXPRESS
 - Standard Temperature Range
 - Extended Temperature Range

The Intel 82C55A is a high-performance, CHMOS version of the industry standard 8255A general purpose programmable I/O device which is designed for use with all Intel and most other microprocessors. It provides 24 I/O pins which may be individually programmed in 2 groups of 12 and used in 3 major modes of operation. The 82C55A is pin compatible with the NMOS 8255A and 8255A-5.

In MODE 0, each group of 12 I/O pins may be programmed in sets of 4 and 8 to be inputs or outputs. In MODE 1, each group may be programmed to have 8 lines of input or output. 3 of the remaining 4 pins are used for handshaking and interrupt control signals. MODE 2 is a strobed bi-directional bus configuration.

The 82C55A is fabricated on Intel's advanced CHMOS III technology which provides low power consumption with performance equal to or greater than the equivalent NMOS product. The 82C55A is available in 40-pin DIP and 44-pin plastic leaded chip carrier (PLCC) packages.

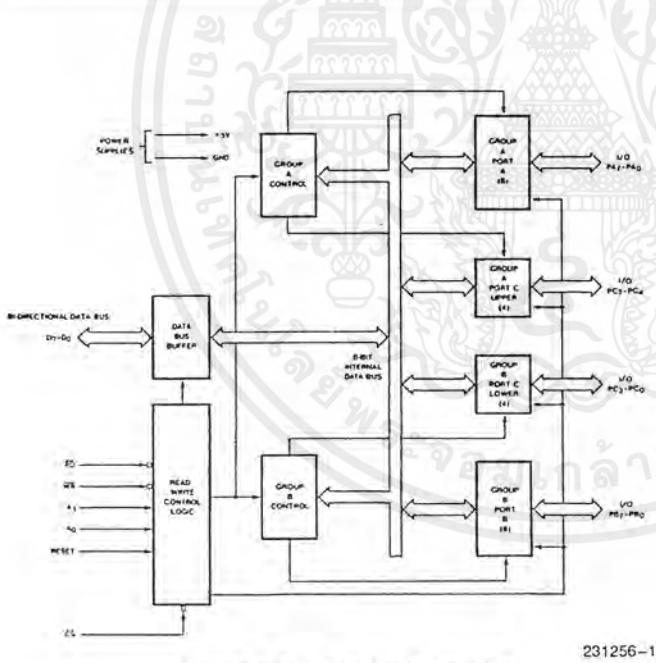


Figure 1. 82C55A Block Diagram

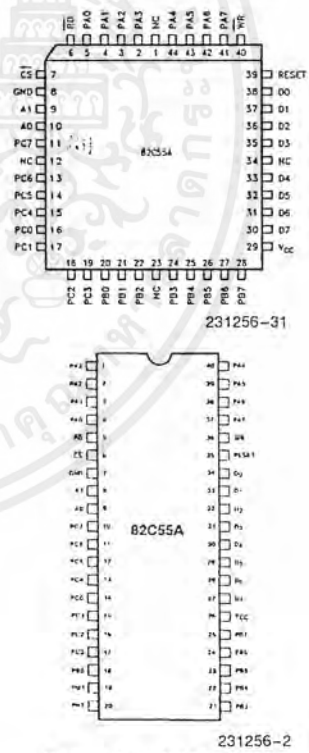


Figure 2. 82C55A Pinout
Diagrams are for pin reference only. Package sizes are not to scale.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1. Pin Description

Symbol	Pin Number Dip PLCC		Type	Name and Function																																																																														
PA ₃₋₀	1-4	2-5	I/O	PORT A, PINS 0-3: Lower nibble of an 8-bit data output latch/buffer and an 8-bit data input latch.																																																																														
\overline{RD}	5	6	I	READ CONTROL: This input is low during CPU read operations.																																																																														
\overline{CS}	6	7	I	CHIP SELECT: A low on this input enables the 82C55A to respond to \overline{RD} and \overline{WR} signals. \overline{RD} and \overline{WR} are ignored otherwise.																																																																														
GND	7	8		System Ground																																																																														
A ₁₋₀	8-9	9-10	I	ADDRESS: These input signals, in conjunction \overline{RD} and \overline{WR} , control the selection of one of the three ports or the control word registers. <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>A₁</th> <th>A₀</th> <th>\overline{RD}</th> <th>\overline{WR}</th> <th>\overline{CS}</th> <th>Input Operation (Read)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>Port A - Data Bus</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>Port B - Data Bus</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>Port C - Data Bus</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>Control Word - Data Bus</td> </tr> <tr> <th colspan="6">Output Operation (Write)</th> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>Data Bus - Port A</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>Data Bus - Port B</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>Data Bus - Port C</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>Data Bus - Control</td> </tr> <tr> <th colspan="6">Disable Function</th> </tr> <tr> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>1</td> <td>Data Bus - 3 - State</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>X</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>Data Bus - 3 - State</td> </tr> </tbody> </table>	A ₁	A ₀	\overline{RD}	\overline{WR}	\overline{CS}	Input Operation (Read)	0	0	0	1	0	Port A - Data Bus	0	1	0	1	0	Port B - Data Bus	1	0	0	1	0	Port C - Data Bus	1	1	0	1	0	Control Word - Data Bus	Output Operation (Write)						0	0	1	0	0	Data Bus - Port A	0	1	1	0	0	Data Bus - Port B	1	0	1	0	0	Data Bus - Port C	1	1	1	0	0	Data Bus - Control	Disable Function						X	X	X	X	1	Data Bus - 3 - State	X	X	1	1	0	Data Bus - 3 - State
A ₁	A ₀	\overline{RD}	\overline{WR}	\overline{CS}	Input Operation (Read)																																																																													
0	0	0	1	0	Port A - Data Bus																																																																													
0	1	0	1	0	Port B - Data Bus																																																																													
1	0	0	1	0	Port C - Data Bus																																																																													
1	1	0	1	0	Control Word - Data Bus																																																																													
Output Operation (Write)																																																																																		
0	0	1	0	0	Data Bus - Port A																																																																													
0	1	1	0	0	Data Bus - Port B																																																																													
1	0	1	0	0	Data Bus - Port C																																																																													
1	1	1	0	0	Data Bus - Control																																																																													
Disable Function																																																																																		
X	X	X	X	1	Data Bus - 3 - State																																																																													
X	X	1	1	0	Data Bus - 3 - State																																																																													
PC ₇₋₄	10-13	11,13-15	I/O	PORT C, PINS 4-7: Upper nibble of an 8-bit data output latch/buffer and an 8-bit data input buffer (no latch for input). This port can be divided into two 4-bit ports under the mode control. Each 4-bit port contains a 4-bit latch and it can be used for the control signal outputs and status signal inputs in conjunction with ports A and B.																																																																														
PC ₀₋₃	14-17	16-19	I/O	PORT C, PINS 0-3: Lower nibble of Port C.																																																																														
PB ₀₋₇	18-25	20-22, 24-28	I/O	PORT B, PINS 0-7: An 8-bit data output latch/buffer and an 8-bit data input buffer.																																																																														
V _{CC}	26	29		SYSTEM POWER: + 5V Power Supply.																																																																														
D ₇₋₀	27-34	30-33, 35-38	I/O	DATA BUS: Bi-directional, tri-state data bus lines, connected to system data bus.																																																																														
RESET	35	39	I	RESET: A high on this input clears the control register and all ports are set to the input mode.																																																																														
\overline{WR}	36	40	I	WRITE CONTROL: This input is low during CPU write operations.																																																																														
PA ₇₋₄	37-40	41-44	I/O	PORT A, PINS 4-7: Upper nibble of an 8-bit data output latch/buffer and an 8-bit data input latch.																																																																														
NC		1, 12, 23, 34		No Connect																																																																														

82C55A FUNCTIONAL DESCRIPTION

General

The 82C55A is a programmable peripheral interface device designed for use in Intel microcomputer systems. Its function is that of a general purpose I/O component to interface peripheral equipment to the microcomputer system bus. The functional configuration of the 82C55A is programmed by the system software so that normally no external logic is necessary to interface peripheral devices or structures.

Data Bus Buffer

This 3-state bidirectional 8-bit buffer is used to interface the 82C55A to the system data bus. Data is transmitted or received by the buffer upon execution of input or output instructions by the CPU. Control words and status information are also transferred through the data bus buffer.

Read/Write and Control Logic

The function of this block is to manage all of the internal and external transfers of both Data and Control or Status words. It accepts inputs from the CPU Address and Control busses and in turn, issues commands to both of the Control Groups.

Group A and Group B Controls

The functional configuration of each port is programmed by the systems software. In essence, the CPU "outputs" a control word to the 82C55A. The control word contains information such as "mode", "bit set", "bit reset", etc., that initializes the functional configuration of the 82C55A.

Each of the Control blocks (Group A and Group B) accepts "commands" from the Read/Write Control Logic, receives "control words" from the internal data bus and issues the proper commands to its associated ports.

Control Group A - Port A and Port C upper (C7-C4)
Control Group B - Port B and Port C lower (C3-C0)

The control word register can be both written and read as shown in the address decode table in the pin descriptions. Figure 6 shows the control word format for both Read and Write operations. When the control word is read, bit D7 will always be a logic "1", as this implies control word mode information.

Ports A, B, and C

The 82C55A contains three 8-bit ports (A, B, and C). All can be configured in a wide variety of functional characteristics by the system software but each has its own special features or "personality" to further enhance the power and flexibility of the 82C55A.

Port A. One 8-bit data output latch/buffer and one 8-bit input latch buffer. Both "pull-up" and "pull-down" bus hold devices are present on Port A.

Port B. One 8-bit data input/output latch/buffer. Only "pull-up" bus hold devices are present on Port B.

Port C. One 8-bit data output latch/buffer and one 8-bit data input buffer (no latch for input). This port can be divided into two 4-bit ports under the mode control. Each 4-bit port contains a 4-bit latch and it can be used for the control signal outputs and status signal inputs in conjunction with ports A and B. Only "pull-up" bus hold devices are present on Port C.

See Figure 4 for the bus-hold circuit configuration for Port A, B, and C.

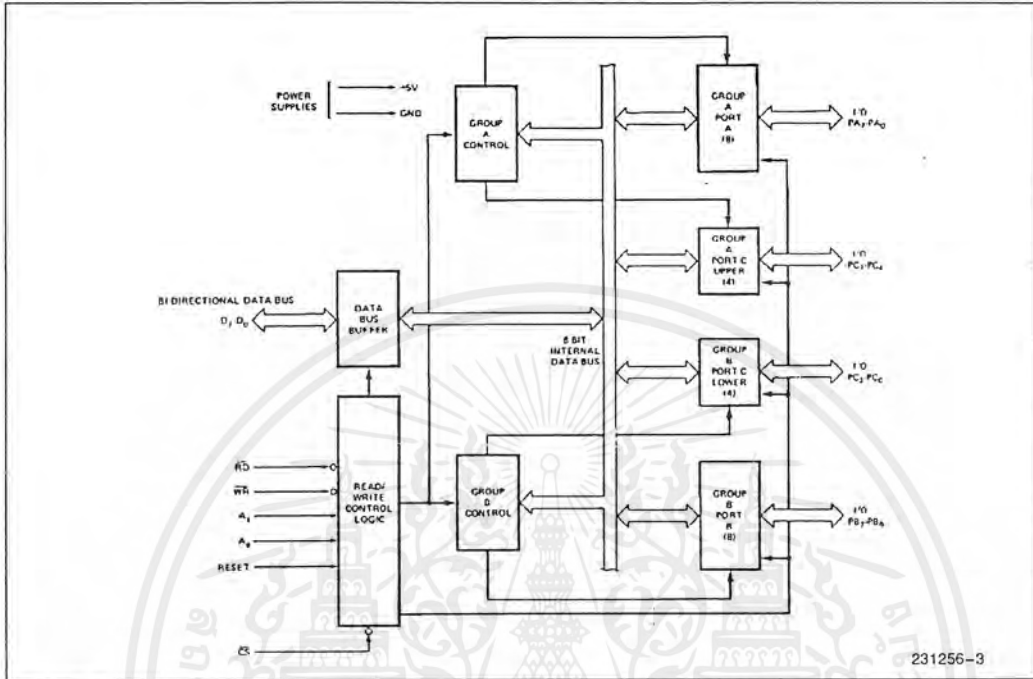


Figure 3. 82C55A Block Diagram Showing Data Bus Buffer and Read/Write Control Logic Functions

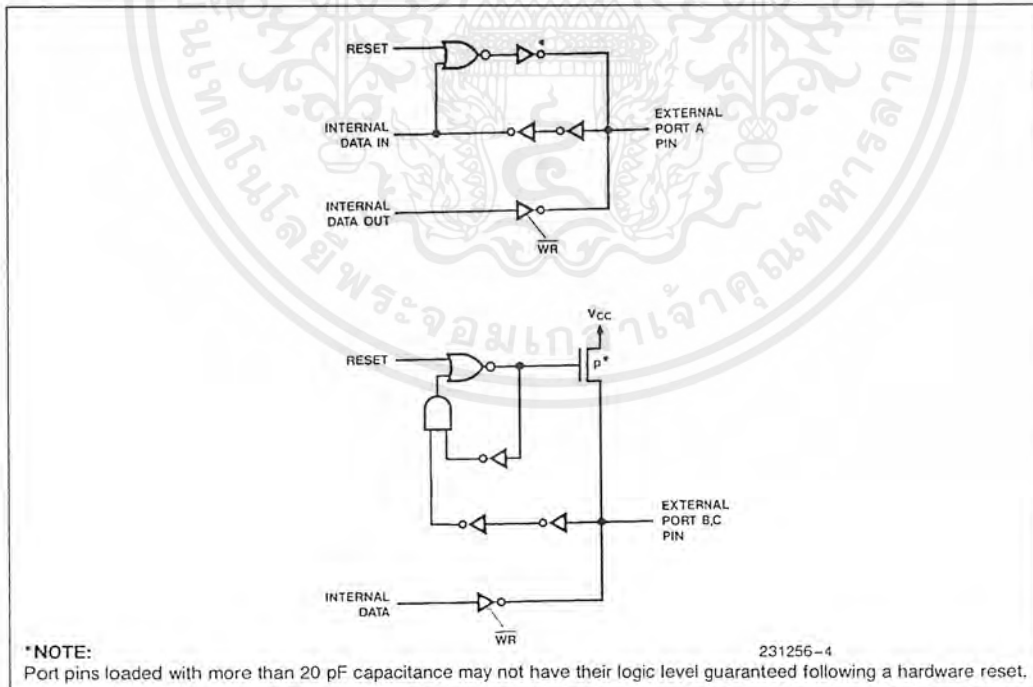


Figure 4. Port A, B, C, Bus-hold Configuration

82C55A OPERATIONAL DESCRIPTION

Mode Selection

There are three basic modes of operation that can be selected by the system software:

- Mode 0 — Basic input/output
- Mode 1 — Strobed Input/output
- Mode 2 — Bi-directional Bus

When the reset input goes "high" all ports will be set to the input mode with all 24 port lines held at a logic "one" level by the internal bus hold devices (see Figure 4 Note). After the reset is removed the 82C55A can remain in the input mode with no additional initialization required. This eliminates the need for pullup or pulldown devices in "all CMOS" designs. During the execution of the system program, any of the other modes may be selected by using a single output instruction. This allows a single 82C55A to service a variety of peripheral devices with a simple software maintenance routine.

The modes for Port A and Port B can be separately defined, while Port C is divided into two portions as required by the Port A and Port B definitions. All of the output registers, including the status flip-flops, will be reset whenever the mode is changed. Modes may be combined so that their functional definition can be "tailored" to almost any I/O structure. For instance; Group B can be programmed in Mode 0 to monitor simple switch closings or display computational results, Group A could be programmed in Mode 1 to monitor a keyboard or tape reader on an interrupt-driven basis.

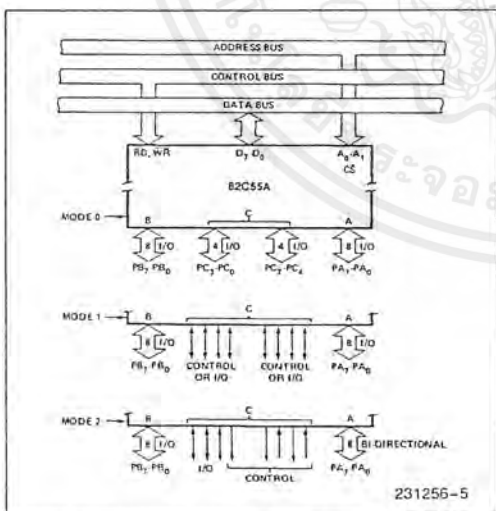


Figure 5. Basic Mode Definitions and Bus Interface

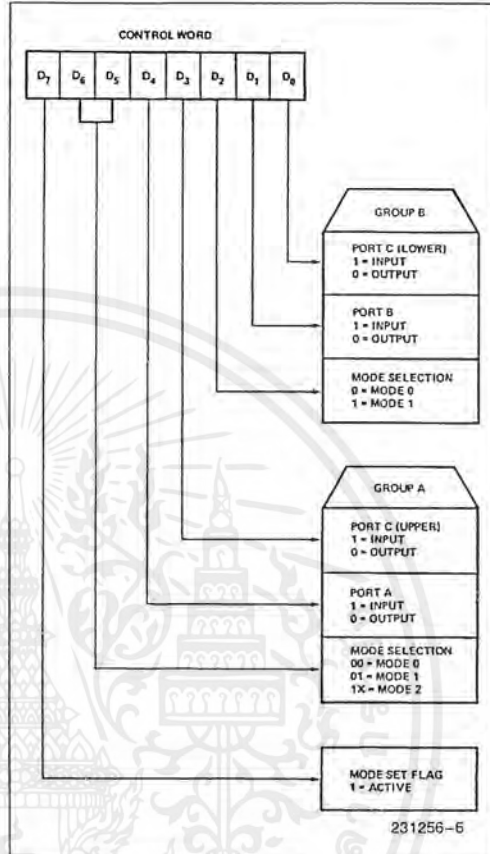


Figure 6. Mode Definition Format

The mode definitions and possible mode combinations may seem confusing at first but after a cursory review of the complete device operation a simple, logical I/O approach will surface. The design of the 82C55A has taken into account things such as efficient PC board layout, control signal definition vs PC layout and complete functional flexibility to support almost any peripheral device with no external logic. Such design represents the maximum use of the available pins.

Single Bit Set/Reset Feature

Any of the eight bits of Port C can be Set or Reset using a single OUTput instruction. This feature reduces software requirements in Control-based applications.

When Port C is being used as status/control for Port A or B, these bits can be set or reset by using the Bit Set/Reset operation just as if they were data output ports.

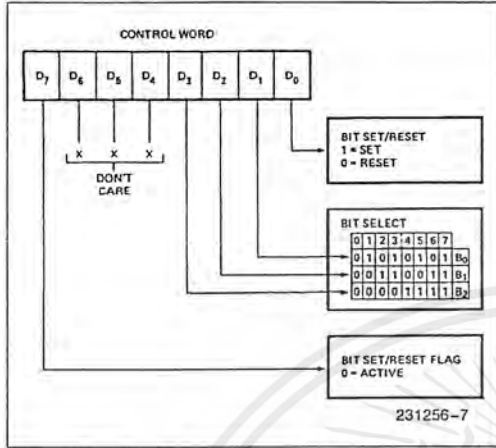


Figure 7. Bit Set/Reset Format

Interrupt Control Functions

When the 82C55A is programmed to operate in mode 1 or mode 2, control signals are provided that can be used as interrupt request inputs to the CPU. The interrupt request signals, generated from port C, can be inhibited or enabled by setting or resetting the associated INTE flip-flop, using the bit set/reset function of port C.

This function allows the Programmer to disallow or allow a specific I/O device to interrupt the CPU without affecting any other device in the interrupt structure.

INTE flip-flop definition:

- (BIT-SET)—INTE is SET—Interrupt enable
- (BIT-RESET)—INTE is RESET—Interrupt disable

Note:

All Mask flip-flops are automatically reset during mode selection and device Reset.

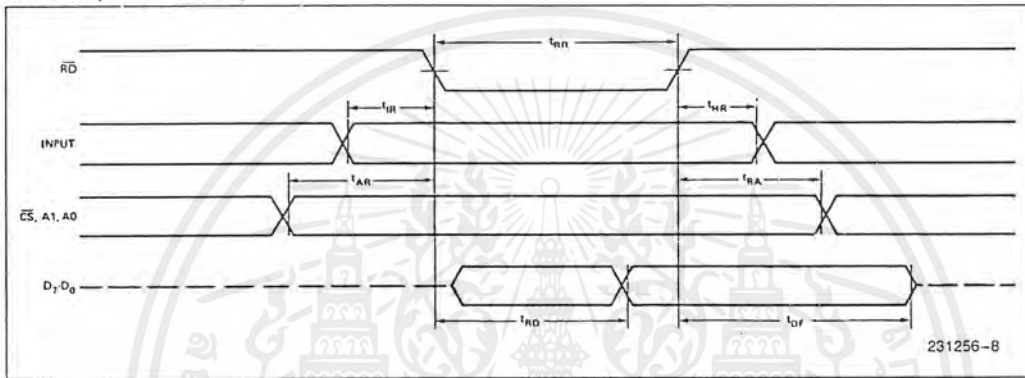
Operating Modes

Mode 0 (Basic Input/Output). This functional configuration provides simple input and output operations for each of the three ports. No "handshaking" is required, data is simply written to or read from a specified port.

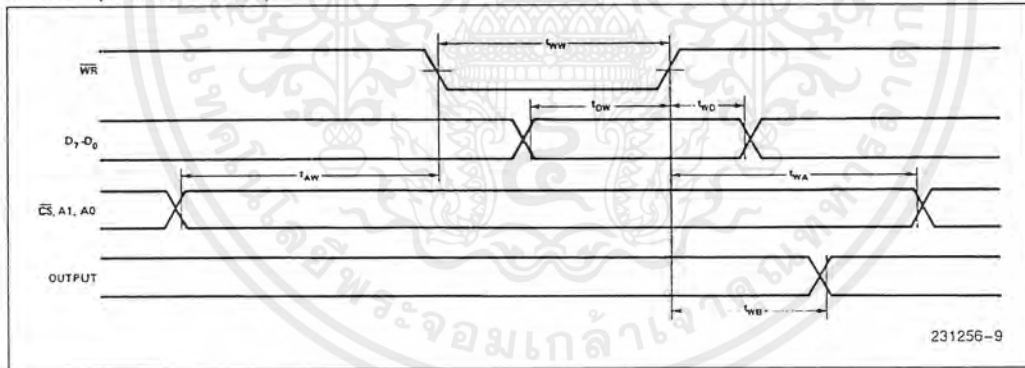
Mode 0 Basic Functional Definitions:

- Two 8-bit ports and two 4-bit ports.
- Any port can be input or output.
- Outputs are latched.
- Inputs are not latched.
- 16 different Input/Output configurations are possible in this Mode.

MODE 0 (BASIC INPUT)



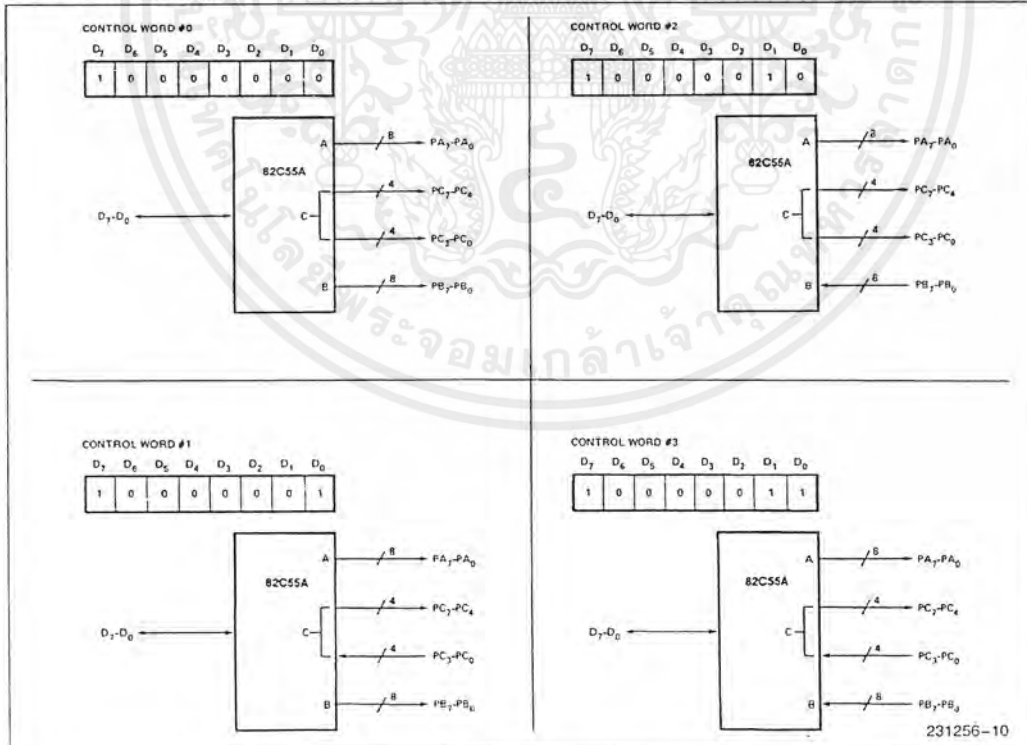
MODE 0 (BASIC OUTPUT)



MODE 0 Port Definition

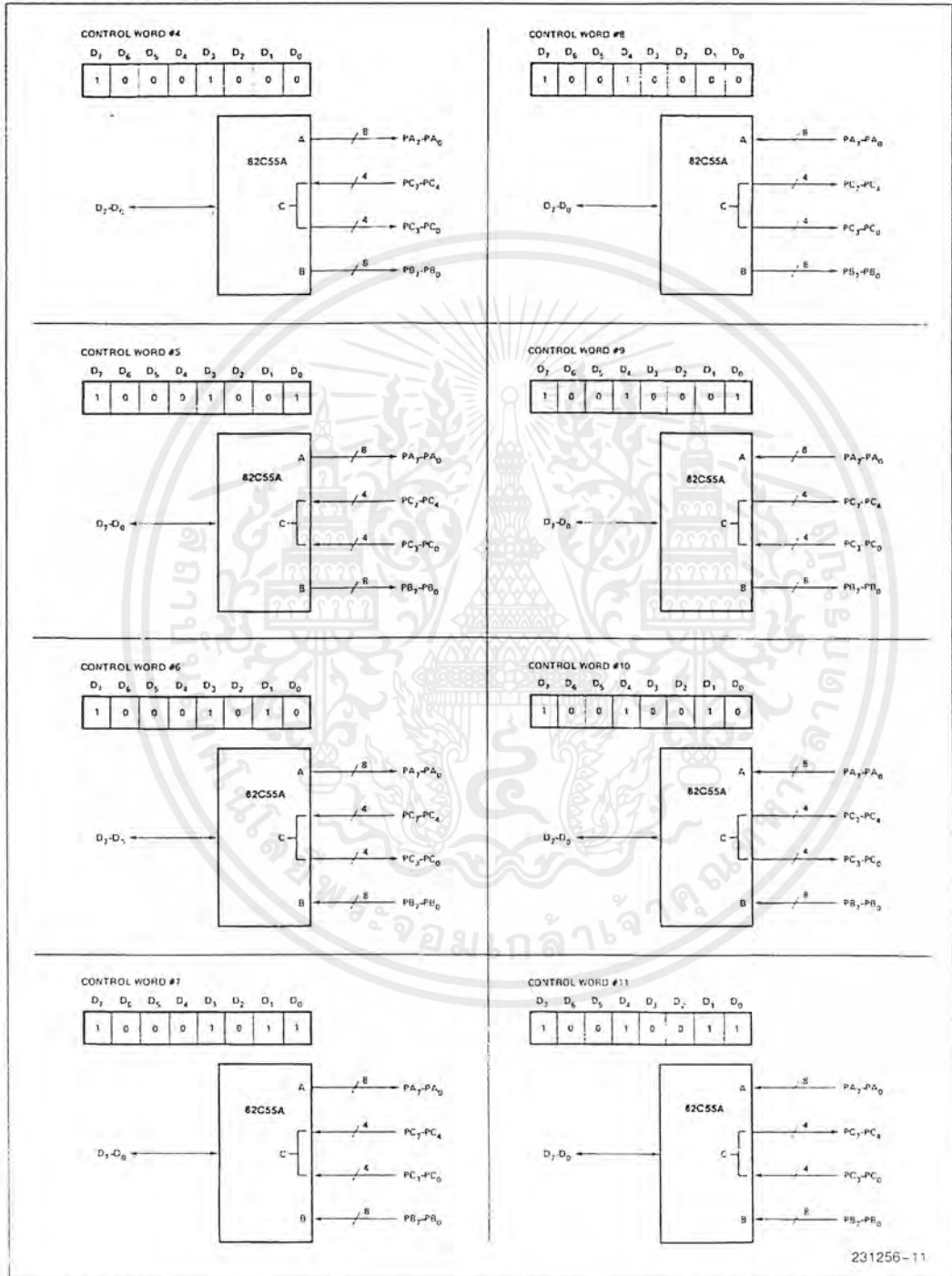
A		B		GROUP A				GROUP B	
D ₄	D ₃	D ₁	D ₀	PORT A	PORT C (UPPER)	#	PORT B	PORT C (LOWER)	
0	0	0	0	OUTPUT	OUTPUT	0	OUTPUT	OUTPUT	
0	0	0	1	OUTPUT	OUTPUT	1	OUTPUT	INPUT	
0	0	1	0	OUTPUT	OUTPUT	2	INPUT	OUTPUT	
0	0	1	1	OUTPUT	OUTPUT	3	INPUT	INPUT	
0	1	0	0	OUTPUT	INPUT	4	OUTPUT	OUTPUT	
0	1	0	1	OUTPUT	INPUT	5	OUTPUT	INPUT	
0	1	1	0	OUTPUT	INPUT	6	INPUT	OUTPUT	
0	1	1	1	OUTPUT	INPUT	7	INPUT	INPUT	
1	0	0	0	INPUT	OUTPUT	8	OUTPUT	OUTPUT	
1	0	0	1	INPUT	OUTPUT	9	OUTPUT	INPUT	
1	0	1	0	INPUT	OUTPUT	10	INPUT	OUTPUT	
1	0	1	1	INPUT	OUTPUT	11	INPUT	INPUT	
1	1	0	0	INPUT	INPUT	12	OUTPUT	OUTPUT	
1	1	0	1	INPUT	INPUT	13	OUTPUT	INPUT	
1	1	1	0	INPUT	INPUT	14	INPUT	OUTPUT	
1	1	1	1	INPUT	INPUT	15	INPUT	INPUT	

MODE 0 Configurations



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

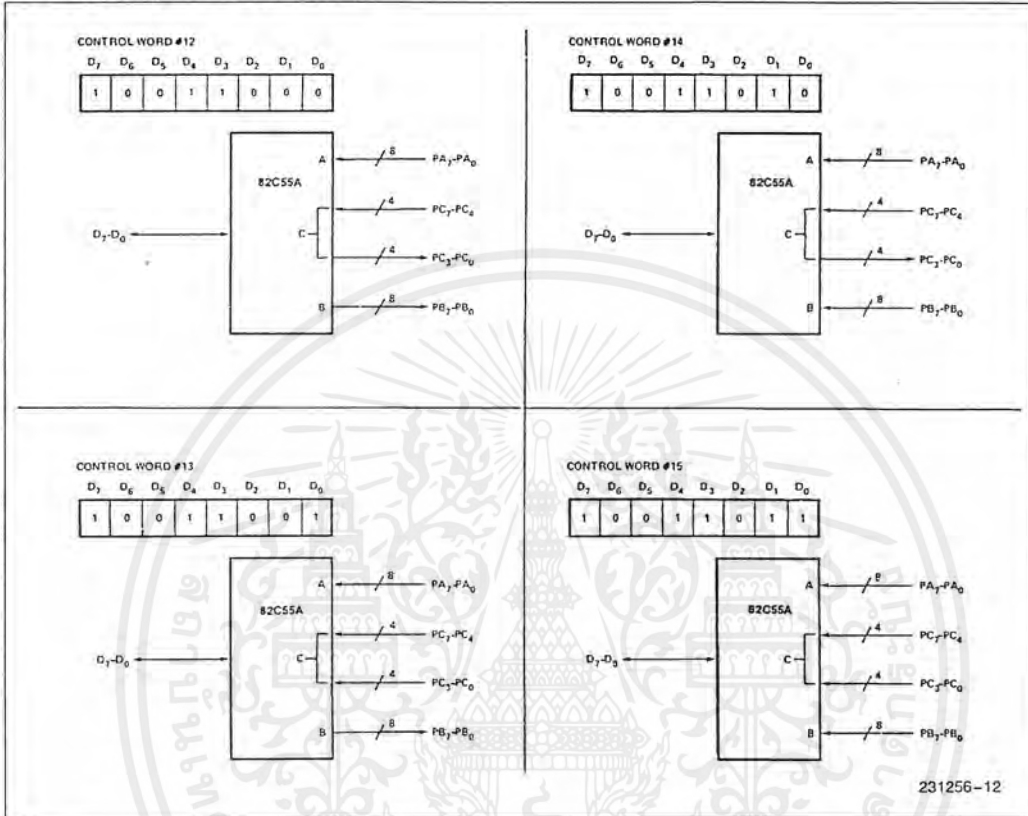
MODE 0 Configurations (Continued)



231256-11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MODE 0 Configurations (Continued)



231256-12

Operating Modes

MODE 1 (Strobed Input/Output). This functional configuration provides a means for transferring I/O data to or from a specified port in conjunction with strobes or "handshaking" signals. In mode 1, Port A and Port B use the lines on Port C to generate or accept these "handshaking" signals.

Mode 1 Basic functional Definitions:

- Two Groups (Group A and Group B).
- Each group contains one 8-bit data port and one 4-bit control/data port.
- The 8-bit data port can be either input or output. Both inputs and outputs are latched.
- The 4-bit port is used for control and status of the 8-bit data port.

Input Control Signal Definition

STB (Strobe Input). A "low" on this input loads data into the input latch.

IBF (Input Buffer Full F/F)

A "high" on this output indicates that the data has been loaded into the input latch; in essence, an acknowledgement. IBF is set by STB input being low and is reset by the rising edge of the RD input.

INTR (Interrupt Request)

A "high" on this output can be used to interrupt the CPU when an input device is requesting service. INTR is set by the STB is a "one", IBF is a "one" and INTE is a "one". It is reset by the falling edge of RD. This procedure allows an input device to request service from the CPU by simply strobing its data into the port.

INTE A

Controlled by bit set/reset of PC₄.

INTE B

Controlled by bit set/reset of PC₂.

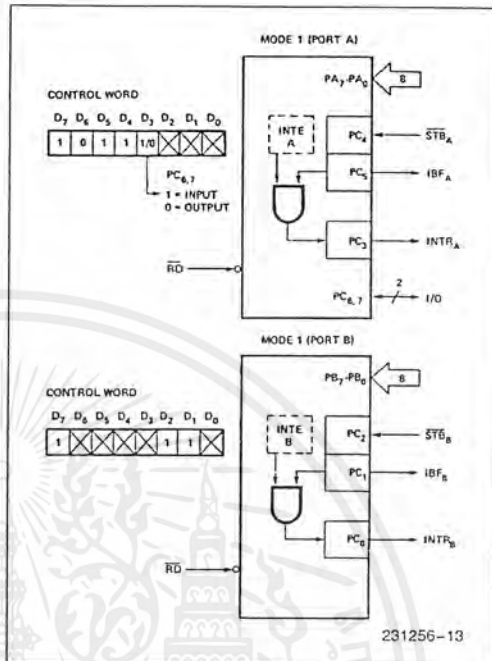


Figure 8. MODE 1 Input

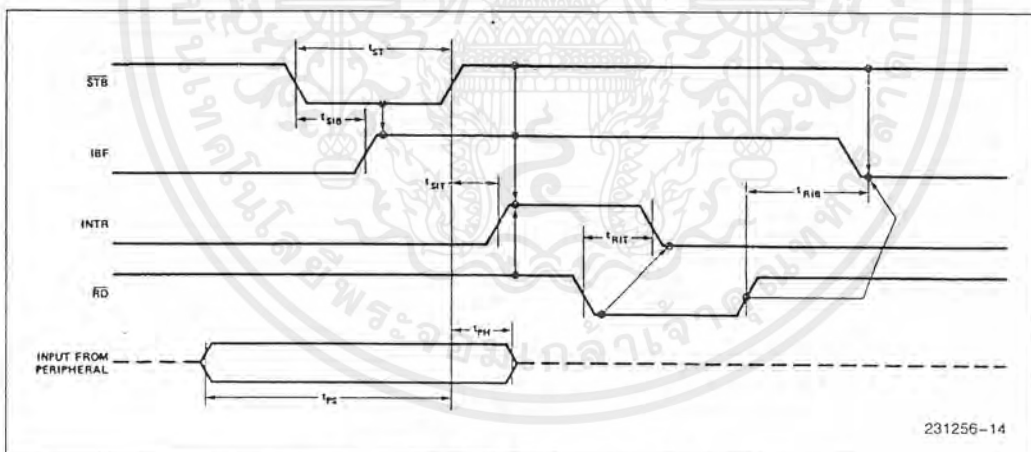


Figure 9. MODE 1 (Strobed Input)

Output Control Signal Definition

\overline{OBF} (Output Buffer Full F/F). The \overline{OBF} output will go "low" to indicate that the CPU has written data out to the specified port. The \overline{OBF} F/F will be set by the rising edge of the \overline{WR} input and reset by \overline{ACK} Input being low.

\overline{ACK} (Acknowledge Input). A "low" on this input informs the 82C55A that the data from Port A or Port B has been accepted. In essence, a response from the peripheral device indicating that it has received the data output by the CPU.

INTR (Interrupt Request). A "high" on this output can be used to interrupt the CPU when an output device has accepted data transmitted by the CPU. INTR is set when \overline{ACK} is a "one", \overline{OBF} is a "one" and INTE is a "one". It is reset by the falling edge of \overline{WR} .

- INTE A**
Controlled by bit set/reset of PC_6 .
- INTE B**
Controlled by bit set/reset of PC_2 .

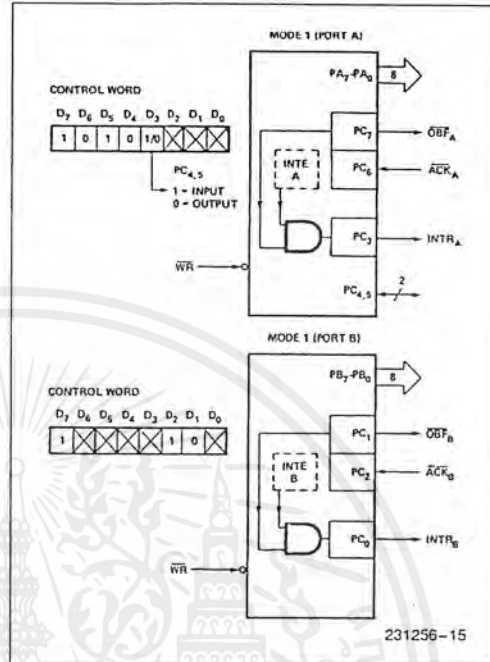


Figure 10. MODE 1 Output

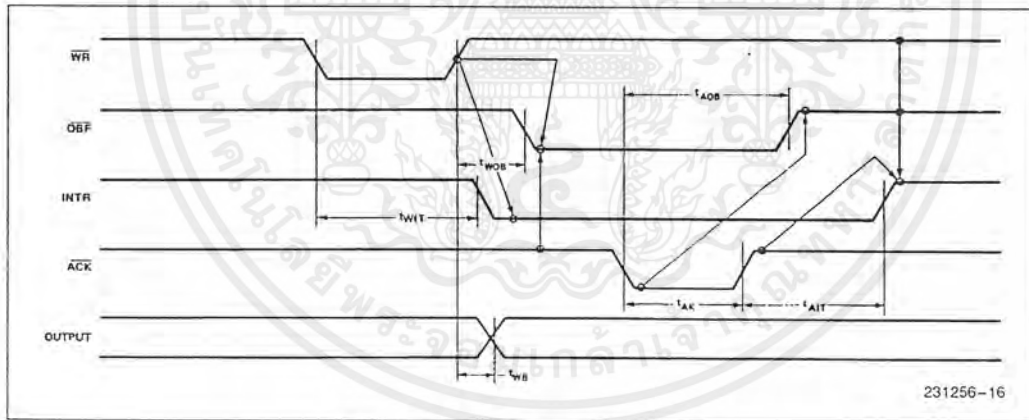


Figure 11. MODE 1 (Strobed Output)

Combinations of MODE 1

Port A and Port B can be individually defined as input or output in Mode 1 to support a wide variety of strobed I/O applications.

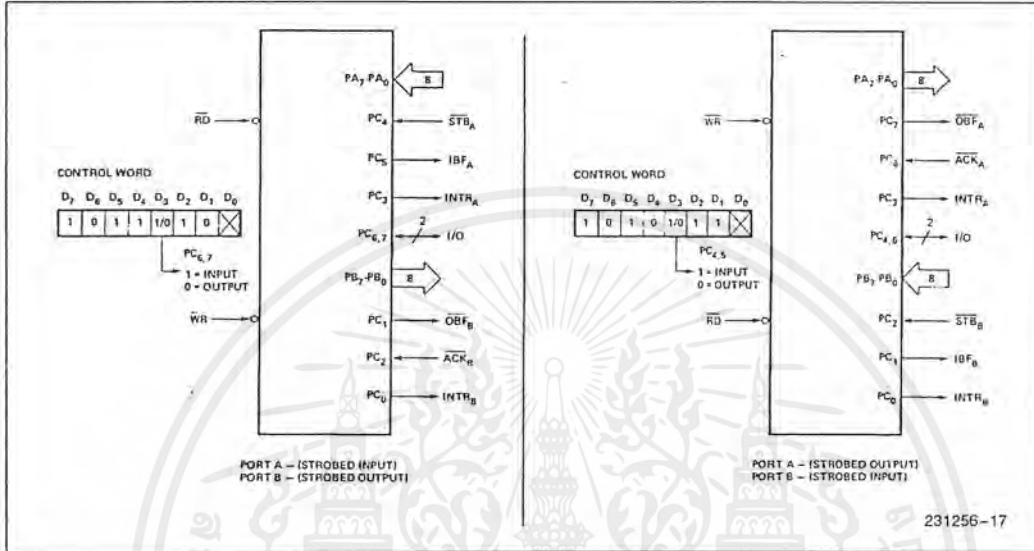


Figure 12. Combinations of MODE 1

Operating Modes

MODE 2 (Strobed Bidirectional Bus I/O). This functional configuration provides a means for communicating with a peripheral device or structure on a single 8-bit bus for both transmitting and receiving data (bidirectional bus I/O). "Handshaking" signals are provided to maintain proper bus flow discipline in a similar manner to MODE 1. Interrupt generation and enable/disable functions are also available.

MODE 2 Basic Functional Definitions:

- Used in Group A only.
- One 8-bit, bi-directional bus port (Port A) and a 5-bit control port (Port C).
- Both inputs and outputs are latched.
- The 5-bit control port (Port C) is used for control and status for the 8-bit, bi-directional bus port (Port A).

Bidirectional Bus I/O Control Signal Definition

INTR (Interrupt Request). A high on this output can be used to interrupt the CPU for input or output operations.

Output Operations

OBF (Output Buffer Full). The $\overline{\text{OBF}}$ output will go "low" to indicate that the CPU has written data out to port A.

ACK (Acknowledge). A "low" on this input enables the tri-state output buffer of Port A to send out the data. Otherwise, the output buffer will be in the high impedance state.

INTE 1 (The INTE Flip-Flop Associated with OBF). Controlled by bit set/reset of PC₆.

Input Operations

STB (Strobe Input). A "low" on this input loads data into the input latch.

IBF (Input Buffer Full F/F). A "high" on this output indicates that data has been loaded into the input latch.

INTE 2 (The INTE Flip-Flop Associated with IBF). Controlled by bit set/reset of PC₄.

Combinations of MODE 1

Port A and Port B can be individually defined as input or output in Mode 1 to support a wide variety of strobed I/O applications.

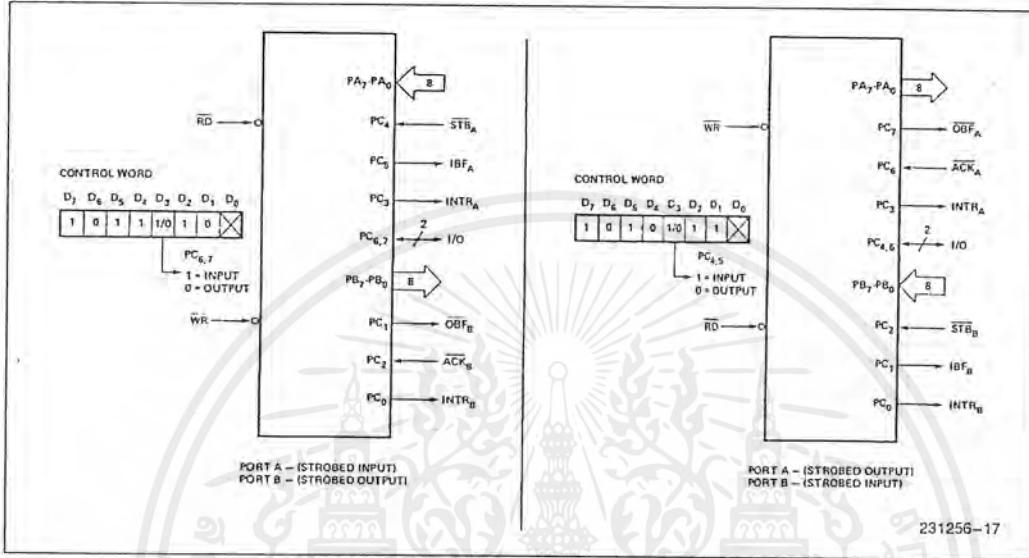


Figure 12. Combinations of MODE 1

Operating Modes

MODE 2 (Strobed Bidirectional Bus I/O). This functional configuration provides a means for communicating with a peripheral device or structure on a single 8-bit bus for both transmitting and receiving data (bidirectional bus I/O). "Handshaking" signals are provided to maintain proper bus flow discipline in a similar manner to MODE 1. Interrupt generation and enable/disable functions are also available.

MODE 2 Basic Functional Definitions:

- Used in Group A only.
- One 8-bit, bi-directional bus port (Port A) and a 5-bit control port (Port C).
- Both inputs and outputs are latched.
- The 5-bit control port (Port C) is used for control and status for the 8-bit, bi-directional bus port (Port A).

Bidirectional Bus I/O Control Signal Definition

INTR (Interrupt Request). A high on this output can be used to interrupt the CPU for input or output operations.

Output Operations

OBF (Output Buffer Full). The \overline{OBF} output will go "low" to indicate that the CPU has written data out to port A.

ACK (Acknowledge). A "low" on this input enables the tri-state output buffer of Port A to send out the data. Otherwise, the output buffer will be in the high impedance state.

INTE 1 (The INTE Flip-Flop Associated with OBF). Controlled by bit set/reset of PC₆.

Input Operations

STB (Strobe Input). A "low" on this input loads data into the input latch.

IBF (Input Buffer Full F/F). A "high" on this output indicates that data has been loaded into the input latch.

INTE 2 (The INTE Flip-Flop Associated with IBF). Controlled by bit set/reset of PC₄.

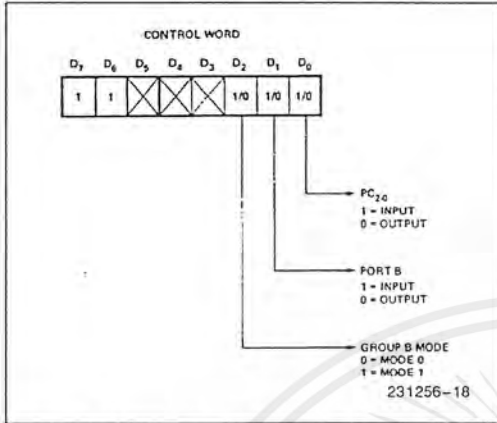


Figure 13. MODE Control Word

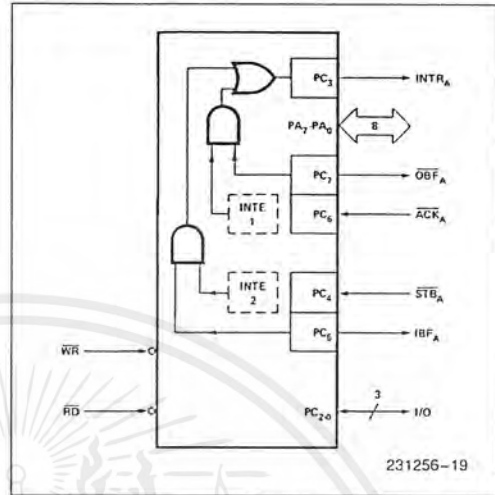


Figure 14. MODE 2

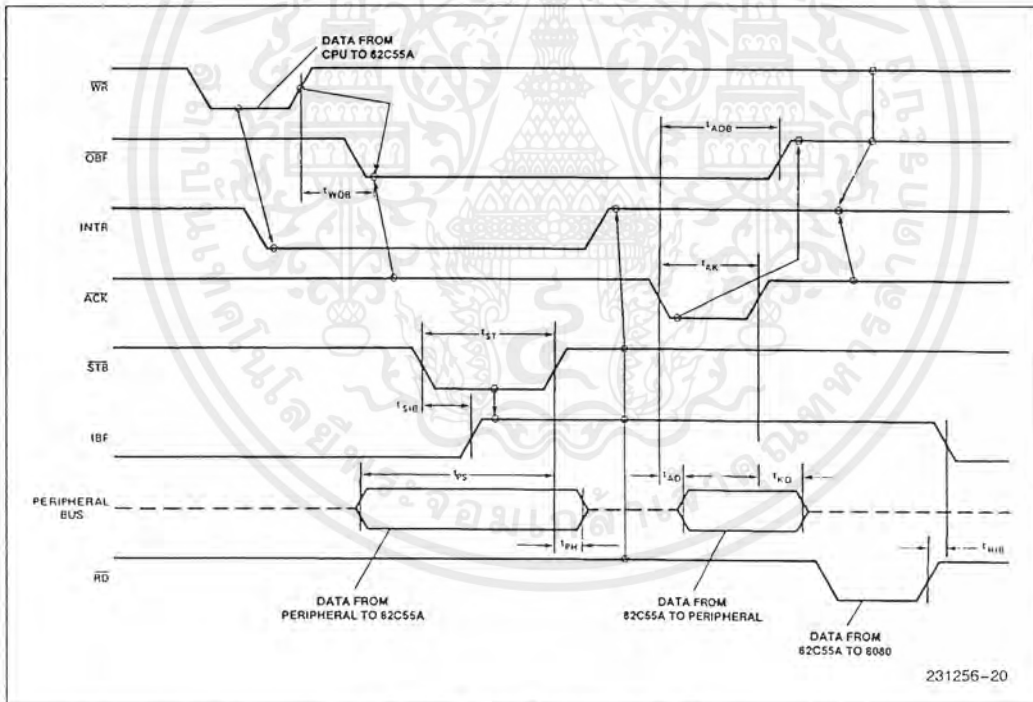


Figure 15. MODE 2 (Bidirectional)

NOTE:
Any sequence where \overline{WR} occurs before \overline{ACK} , and \overline{STB} occurs before \overline{RD} is permissible.
(INTR = IBF • MASK • STB • RD + OBF • MASK • ACK • WR)

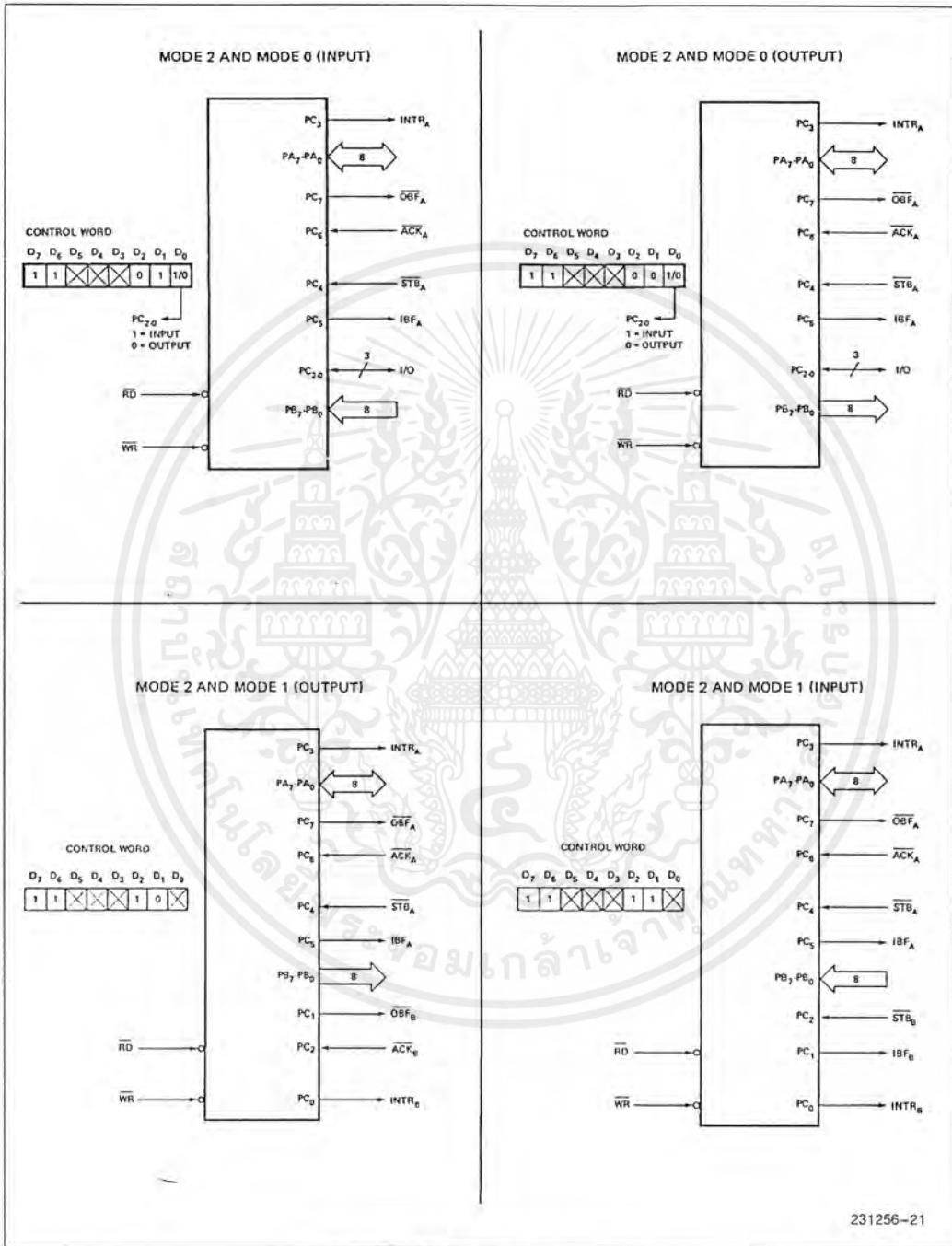


Figure 16. MODE 1/4 Combinations

231256-21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Contents

- DTMF Receiver Development
- Mobile Radio Applications
- Inside The MT8870
- Distributed Control Systems
- DTMF Receiver Application
- Data Communication Using DTMF

Introduction

The purpose of this Application Note is to provide information on the operation and application of DTMF Receivers. The MT8870 Integrated DTMF Receiver will be discussed in detail and its use illustrated in the application examples which follow.

More than 25 years ago the need for an improved method for transferring dialling information through the telephone network was recognized. The traditional method, Dial pulse signalling, was not only slow, suffering severe distortion over long wire loops, but required a DC path through the communications channel. A signalling scheme was developed utilizing voice frequency tones and implemented as a very reliable alternative to pulse dialling. This scheme is known as DTMF (Dual Tone Multi-Frequency), Touch-Tone™ or simply, tone dialling. As its acronym suggests, a valid DTMF signal is the sum of two tones, one from a low group (697-941Hz) and one from a high group (1209-1633Hz) with each group containing four individual tones. The tone

frequencies were carefully chosen such that they are not harmonically related and that their intermodulation products result in minimal signalling impairment (Fig. 1a). This scheme allows for 16 unique combinations. Ten of these codes represent the numerals zero through nine, the remaining six (*,#,A,B,C,D) being reserved for special signalling. Most telephone keypads contain ten numeric push buttons plus the asterisk (*) and octothorp (#). The buttons are arranged in a matrix, each selecting its low group tone from its respective row and its high group tone from its respective column (Fig. 1b).

The DTMF coding scheme ensures that each signal contains one and only one component from each of the high and low groups. This significantly simplifies decoding because the composite DTMF signal may be separated with bandpass filters, into its two single frequency components each of which may be handled individually. As a result DTMF coding has proven to provide a flexible signalling scheme of excellent reliability, hence motivating innovative and competitive decoder design.

Development

Early DTMF decoders (receivers) utilized banks of bandpass filters making them somewhat cumbersome and expensive to implement. This generally restricted their application to central offices (telephone exchanges).

The first generation receiver typically used LC filters, active filters and/or phase locked loop techniques to

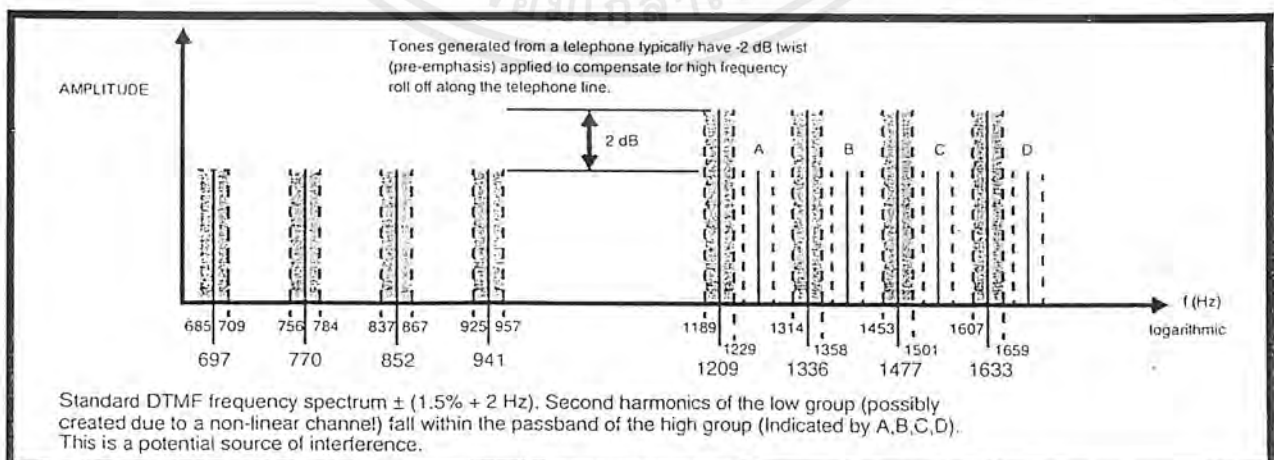


Figure 1a - The Dual Tone Multifrequency (DTMF) Spectrum

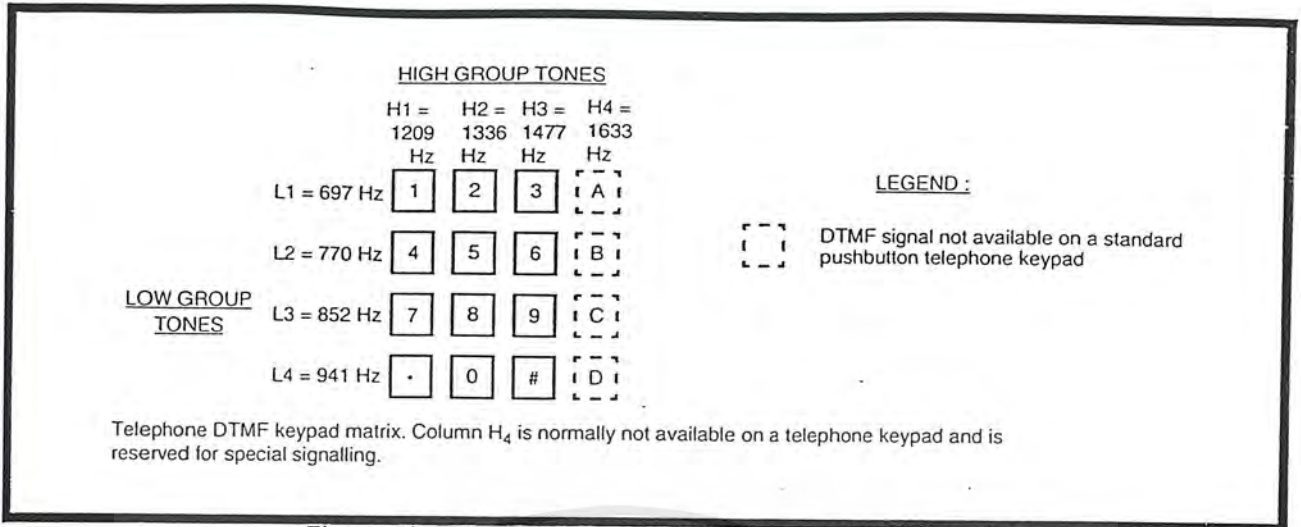


Figure 1b - The Dual Tone Multifrequency (DTMF) Keypad

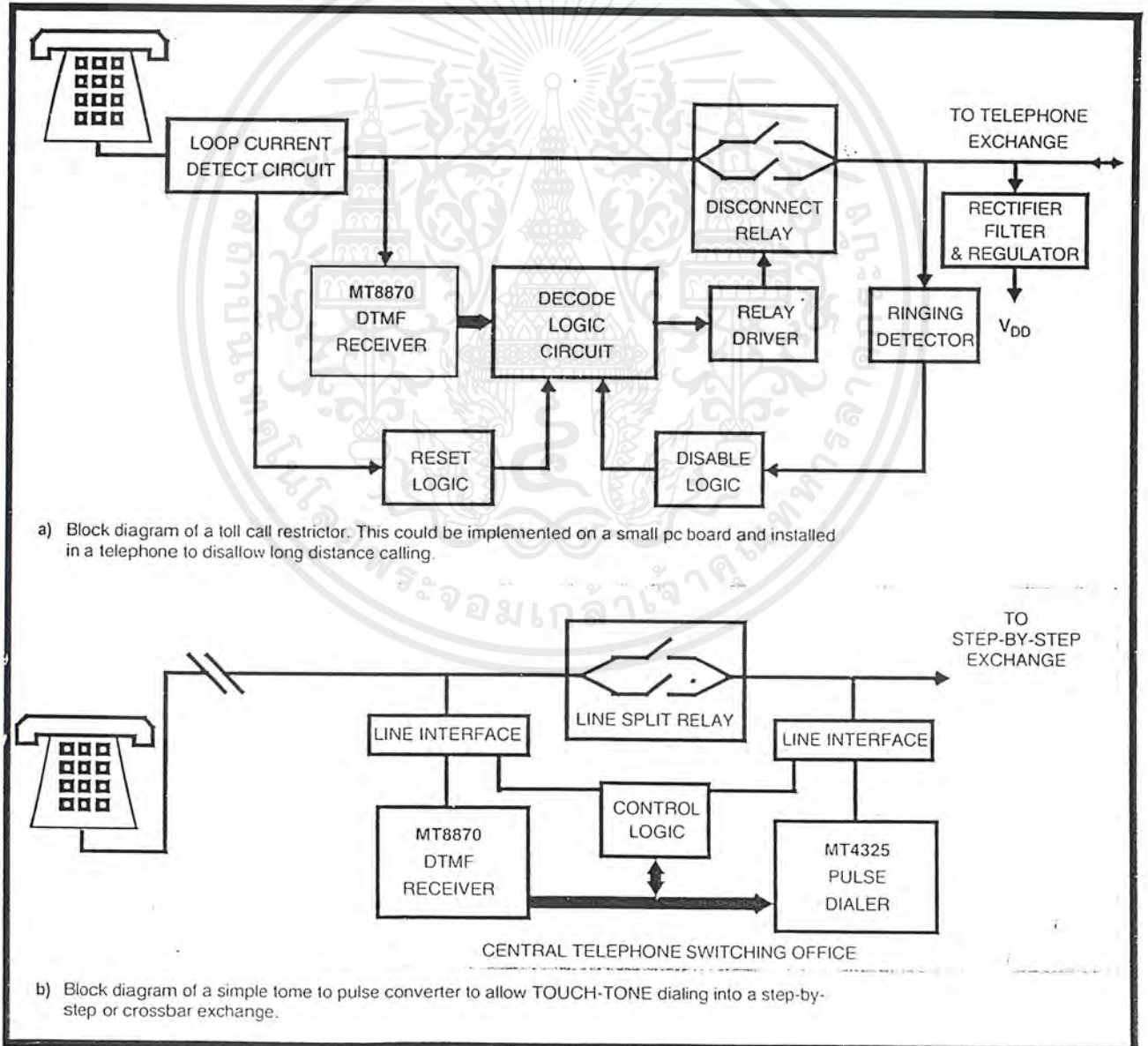


Figure 2 - Typical DTMF Receiver Applications

receive and decode DTMF tones. Initial functions were, commonly, phone number decoders and toll call restrictors. A DTMF receiver is also frequently used as a building block in a tone-to-pulse converter which allows Touch-Tone dialling access to mechanical step-by-step and crossbar exchanges (Fig. 2).

The introduction of MOS/LSI digital techniques brought about the second generation of tone receiver development. These devices were used to digitally decode the two discrete tones that result from decomposition of the composite signal. Two analog bandpass filters were used to perform the decomposition.

Totally self-contained receivers implemented in thick film hybrid technology depicted the start of third generation devices. Typically, they also used analog active filters to bandsplit the composite signal and MOS digital devices to decode the tones.

The development of silicon-implemented switched capacitor sampled filters marked the birth of the fourth and current generation of DTMF receiver technology. Initially single chip bandpass filters were combined with currently available decoders enabling a two chip receiver design. A further advance in integration has merged both functions onto a single chip allowing DTMF receivers to be realized in minimal space at a low cost.

The second and third generation technologies saw a tendency to shift complexity away from the analog circuitry towards the digital LSI circuitry in order to reduce the complexity of analog filters and their inherent problems. Now that the filters themselves can be implemented in silicon, the distribution of complexity becomes more a function of performance and silicon real estate.

Inside The MT8870

The MT8870 is a state of the art single chip DTMF receiver incorporating switched capacitor filter technology and an advanced digital counting/averaging algorithm for period measurement. The block diagram (Fig. 3) illustrates the internal workings of this device.

To aid design flexibility, the DTMF input signal is first buffered by an input op-amp which allows adjustment of gain and choice of input configuration. The input stage is followed by a low pass continuous RC active filter which performs an antialiasing function. Dial tone at 350 and 440Hz is then rejected by a third order switched capacitor notch filter. The

signal, still in its composite form, is then split into its individual high and low frequency components by two sixth order switched capacitor and pass filters. Each component tone is then smoothed by an output filter and squared up by a hard limiting comparator.

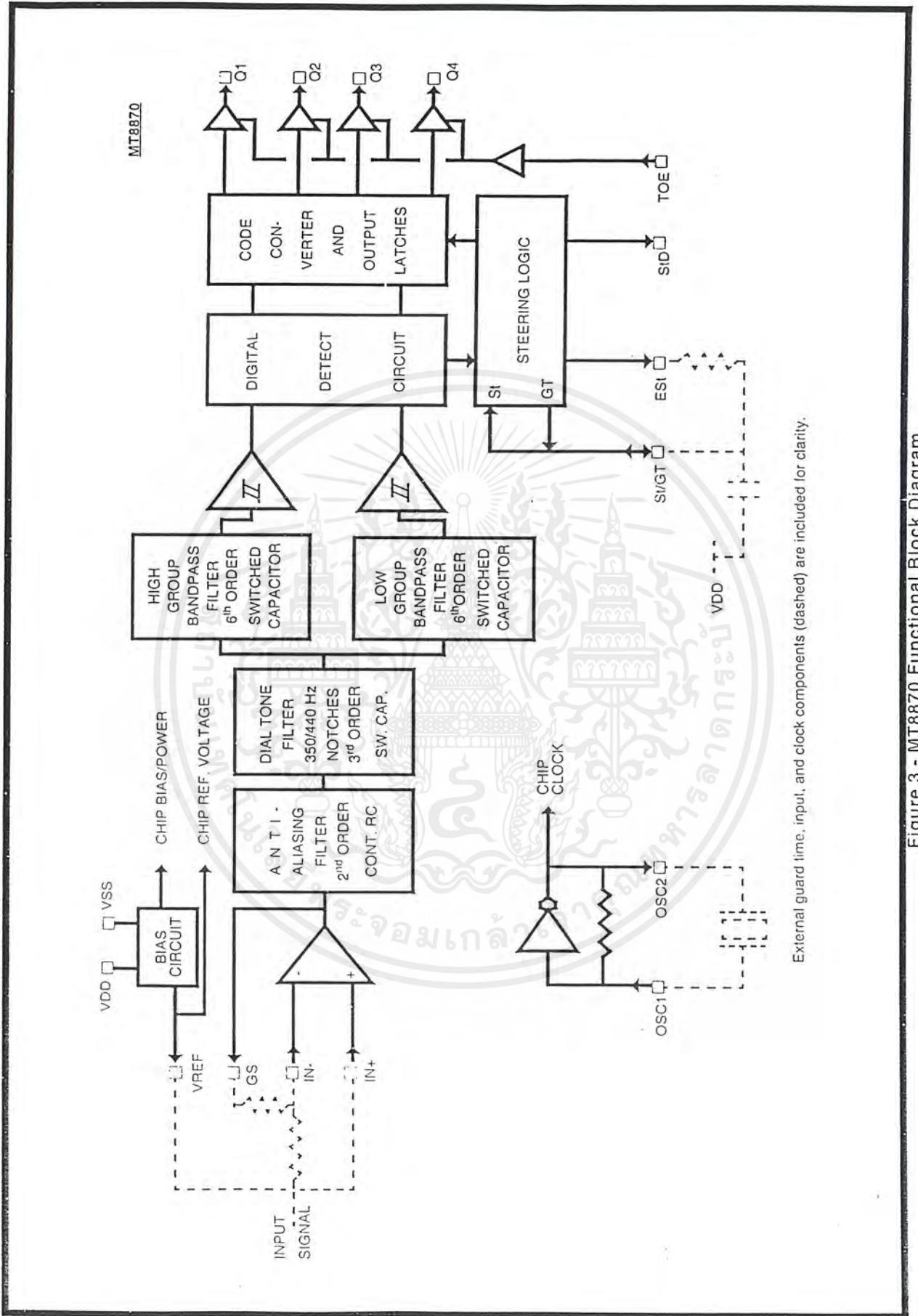
The two resulting rectangular waves are applied to digital circuitry where a counting algorithm measures and averages their periods. An accurate reference clock is derived from an inexpensive external 3.58MHz colourburst crystal.

The timing diagram (Fig. 4) illustrates the sequence of events which follow digital detection of a DTMF tone pair. Upon recognition of a valid frequency from each tone group the Early Steering (ES) output is raised. The time required to detect the presence of two valid tones, t_{DP} is a function of the decode algorithm, the tone frequency and the previous state of the decode logic. ES indicates that two tones of proper frequency have been detected and initiates an RC timing circuit. If both tones are present for the minimum guard time, t_{GTP} which is determined by the external RC network, the DTMF signal is decoded and the resulting data (Table 1) is latched in the output register. The Delayed Steering (StD) output is raised and indicates that new data is available. The time required to receive a valid DTMF signal, t_{REC} , is equal to the sum of t_{DP} and t_{GTP} .

f _{LOW}	f _{HIGH}	KEY	TOE	Q ₄	Q ₃	Q ₂	Q ₁
697	1209	1	1	0	0	0	1
697	1336	2	1	0	0	1	0
697	1477	3	1	0	0	1	1
770	1209	4	1	0	1	0	0
770	1336	5	1	0	1	0	1
770	1477	6	1	0	1	1	0
852	1209	7	1	0	1	1	1
852	1336	8	1	1	0	0	0
852	1477	9	1	1	0	0	1
941	1209	0	1	1	0	1	0
941	1336	.	1	1	0	1	1
941	1477	#	1	1	1	0	0
697	1633	A	1	1	1	0	1
770	1633	B	1	1	1	1	0
852	1633	C	1	1	1	1	1
941	1533	D	1	0	0	0	0
-	-	ANY	0	Z	Z	Z	Z

Table 1. MT8870 Output Truth Table
 0=LOGIC LOW 1=LOGIC HIGH Z=HIGH IMPEDANCE
 Output truth table. Note that key "0" is output as "1010₂" (ie:10₁₀) corresponding to standard telephony coding

A simplified circuit diagram (Fig. 5) illustrates how the chip's steering circuit drives the external RC network to generate guard times. Pin 17, St/GT (Steering/Guard Time), is a bidirectional signal pin which controls StD, the output latches, and resets the timing circuit. When St/GT is in its input mode (St function) both Q₁ and Q₂ are turned off and the voltage level at St/GT is compared to the steering threshold voltage V_{TSt} . A transition from below to above V_{TSt} will switch the comparator's output from



External guard time, input, and clock components (dashed) are included for clarity.

Figure 3 - MT8870 Functional Block Diagram

low to high strobing new data into the output latches, and raising the StD output. As long as an input level above V_{TS1} is maintained StD will remain high indicating the presence of a valid DTMF signal.

persists for the tone-present guard time, t_{GTP} the voltage at St/GT rises above V_{TS1} raising StD which indicates reception of a valid DTMF signal. If the tone pair drops out before the duration of t_{GTP} Est is lowered turning on Q_2 which charges C resetting the tone-present guard time.

Initially, when no valid tone-pairs are present, capacitor C is fully charged applying a low voltage to St/GT. This causes a low at the comparator's output and since Est is also low, Q_2 turns on ensuring that C is completely charged. In this condition St/GT is in its output mode (GT function). When a valid tone-pair is received Est is raised turning off Q_2 which puts St/GT in its high impedance input mode and allows C to discharge through R. If this condition

Once a DTMF signal is recognized as valid both Est and the comparator output are high. This turns on Q_1 which discharges C and initializes the tone absent guard time, t_{GTA} . After the DTMF signal is removed, Est is lowered, Q_1 turns off placing St/GT in its input mode and C begins to charge through R.

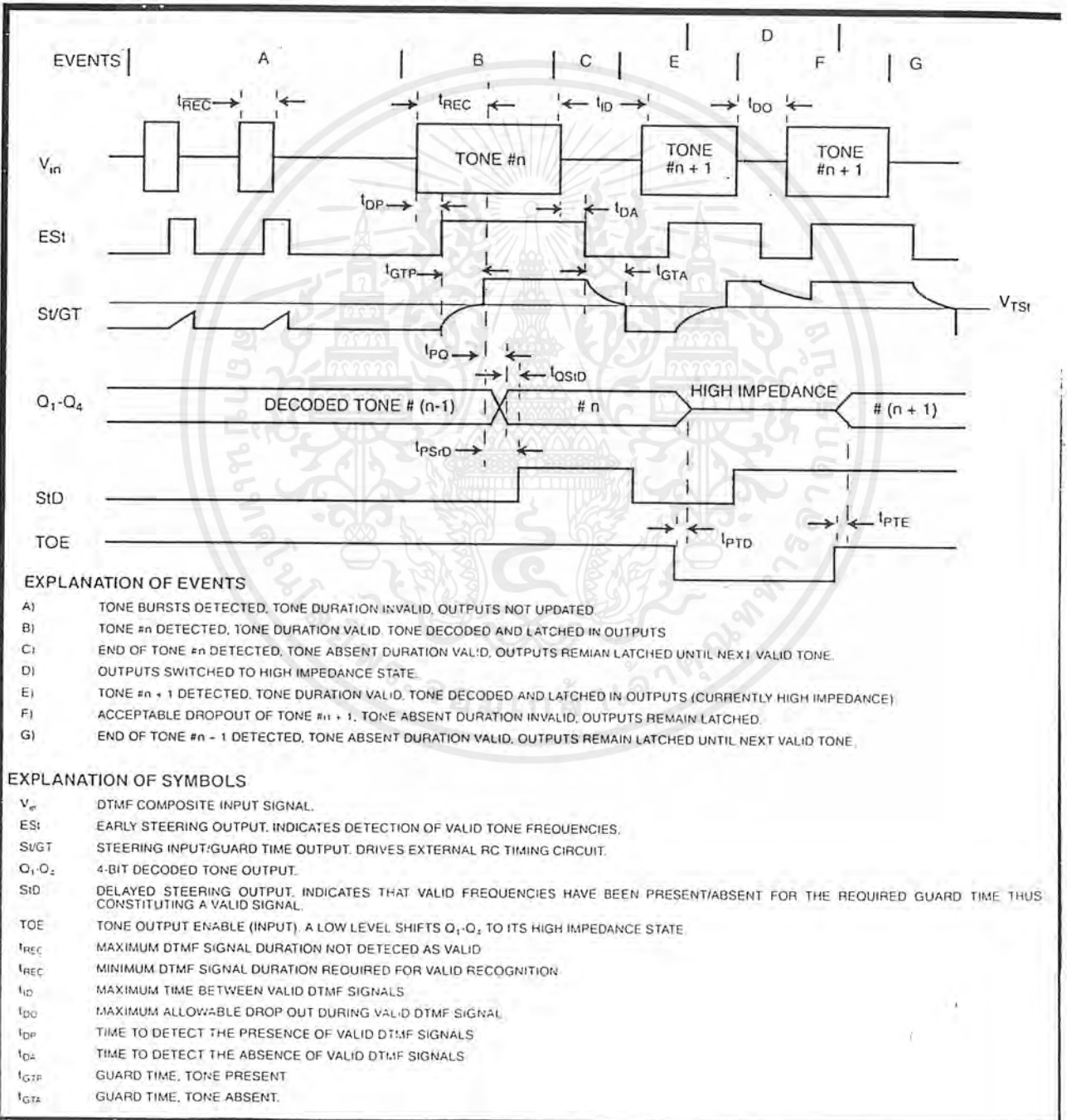
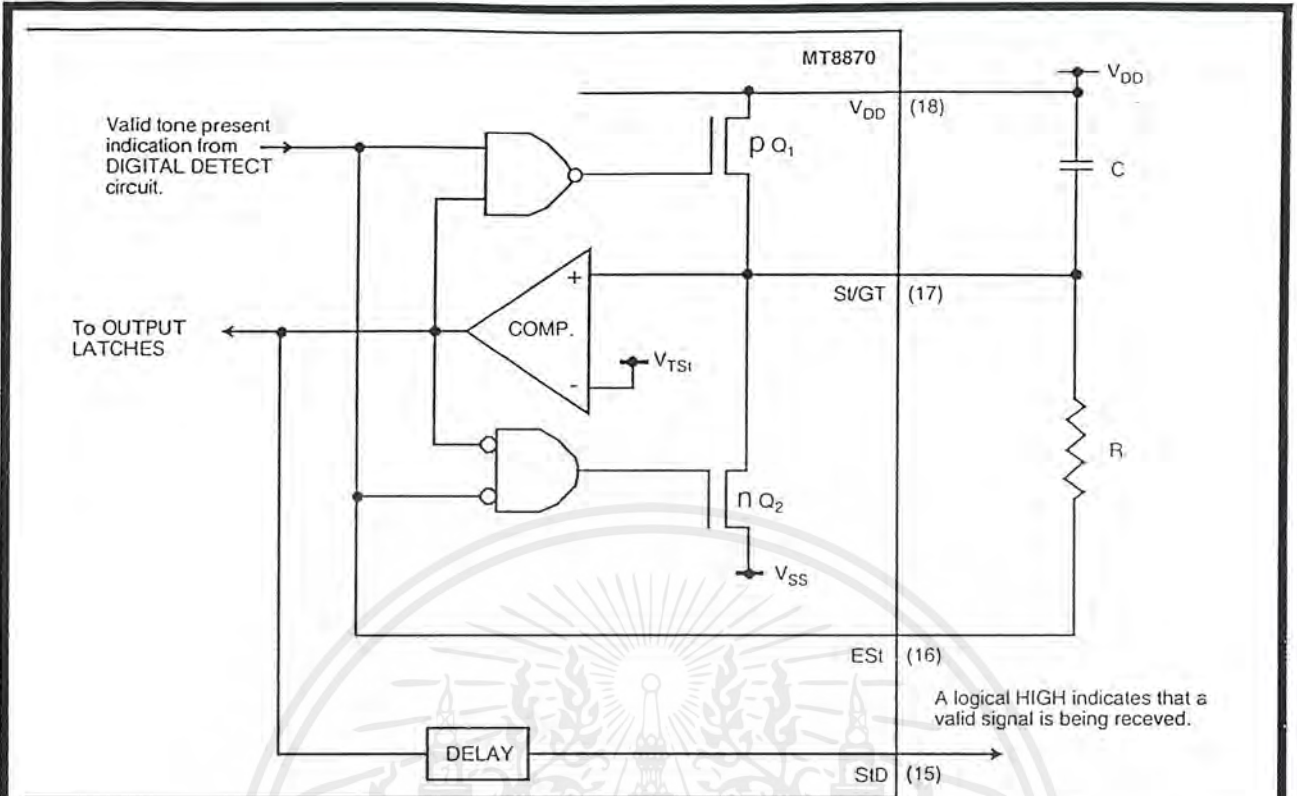


Figure 4 - MT8870 Timing Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Simplified steering circuit. Initially ES1 is low, C is fully charged applying 0V to S1/GT and Q₂ is on. Upon reception of a valid tone pair ES1 is raised turning off Q₂ and allowing C to discharge through R which increases the voltage at S1/GT. When V_{TS1} is reached the comparator output goes high indicating a valid signal, latches the outputs and turns on Q₁ which discharges C. When the tone pair is lost ES1 goes low Q₁ turns off and C charges through R decreasing the voltage at S1/GT. When V_{TS1} is reached SID goes low and Q₂ turns on resetting the timing circuit.

STEERING TRUTH TABLE			
ES1	S1(/GT)	(S1/GT)	SID
0	<V _{TS1}	0	0
0	>V _{TS1}	Z	1
1	<V _{TS1}	Z	0
1	>V _{TS1}	1	1

0 - LOGIC LOW
 1 = LOGIC HIGH
 Z = HIGH IMPEDANCE
 V_{TS1} = Threshold Voltage
 (typically 1/2 V_{DD})

Steering circuit truth table. Note that pin 17 (S1/GT) acts as both an input and an output depending on the relative states of ES1 and the comparator output.

Figure 5 - MT8870 Steering And GuardTime Circuit Operation

If the same valid tone-pair does not reappear before t_{GTA} then the voltage at S1/GT falls below V_{TS1} which resets the timing circuit via Q₂ and prepares the device to receive another signal. If the same valid tone-pair reappears before t_{GTA}, ES1 is raised turning on Q₁ and discharging C which resets t_{GTA}. In this case StD remains high and the tone dropout is disregarded as noise.

To provide good reliability in a typical telephony environment, a DTMF receiver should be designed to recognize a valid tone-pair greater than 40mS in duration and, to accept as successive digits, tone-pairs that are greater than 40mS apart. However in

other environments, such as two-way radio, the optimum tone duration and intra-digit times may differ due to noise considerations.

By adding an extra resistor and steering diode (Fig. 6b, 6c) t_{GTP} and t_{GTA} can be set to different values. Guard time adjustment allows tailoring of noise immunity and talk-off performance to meet specific system needs.

Talk-off is a measure of errors that occur when the receiver falsely detects a tone pair due to speech or background noise simulating a DTMF signal. Increasing t_{GTP} improves talk off performance since

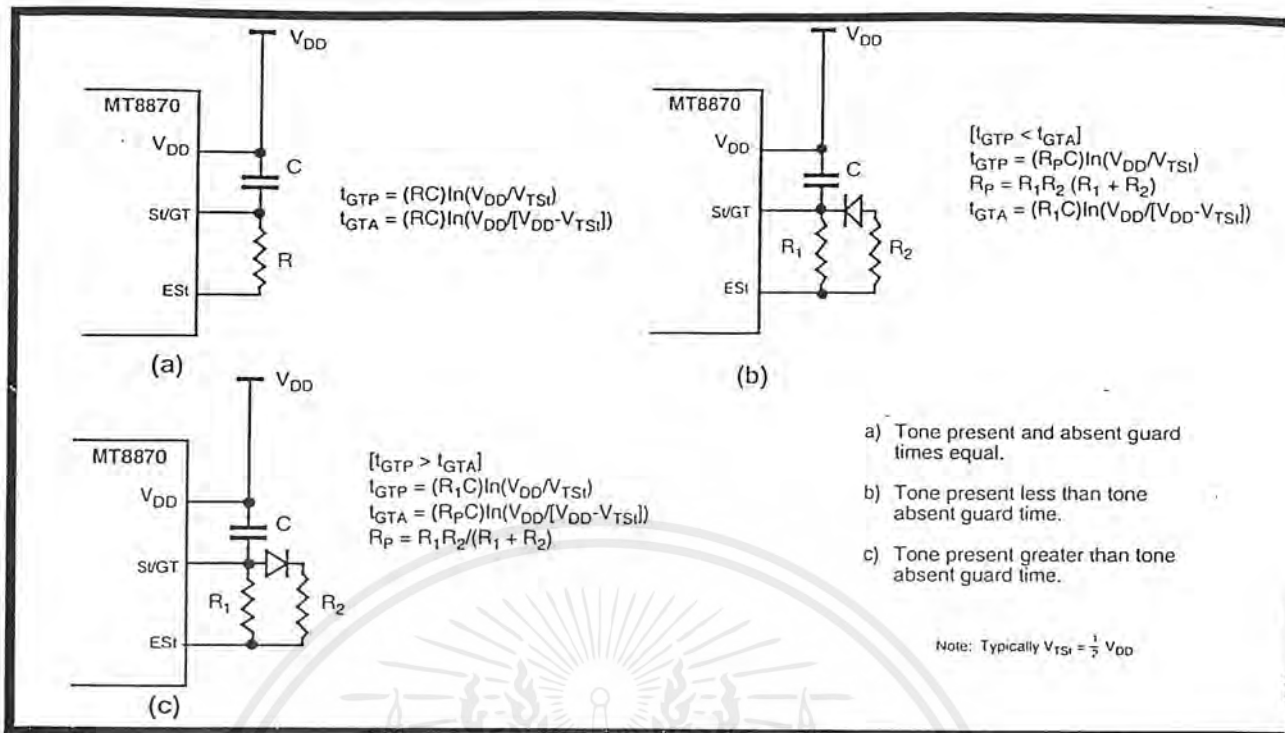


Figure 6 - Guard Time Circuits

it reduces the probability that speech will maintain DTMF simulation long enough to be considered valid. The trade-off here is decreased noise immunity because dropout (longer than t_{DA}) due to noise pulses will restart t_{GTP} . Therefore, for noisy environments, t_{GTP} should be decreased. The signal absent guard time, t_{GTA} , determines the minimum time allowed between successive DTMF signals. A dropout shorter than t_{GTA} will be considered noise and will not register as a successive valid tone detection. This guards against multiple reception of a single character. Therefore, lengthening t_{GTA} will increase noise immunity and tolerance to the presence of an unwanted third tone at the expense of decreasing the maximum signalling rate.

The intricacies of the digital detection algorithm have a significant impact on the overall receiver performance. It is here that the initial decision is made to accept the signal as valid or reject it as speech or noise.

Trade-offs must be made between eliminating talk off errors and eliminating the effects of unwanted third tone signals and noise. These are mutually conflicting events. On one hand valid DTMF signals present in noise must be recognized which requires relaxation of the detection criteria. On the other hand, relaxing the detection criteria increases the probability of receiving "hits" due to talk off errors.

Many considerations must be taken into account in evaluating criteria for noise rejection. In the telephony environment two sources of noise are predominant. These are, third tone interference which generally comes from dial tone harmonics, and band-limited white noise. In the MT8870 a complex digital averaging algorithm provides excellent immunity to voice, third tone and noise signals which prevail in a typical voice bandwidth channel.

The algorithm used in the MT8870 combines the best features from two previous generations of Mite digital decoders with improvements resulting from years of practical use within the telephone environment. The algorithm has evolved through a combination of statistical calculations and empirical "tweaks" to result in the realization of an extremely reliable decoder.

Applications

The proven reliability of DTMF signalling has created a vast spectrum of possible applications. Until recently, many of these applications were rendered ineffective due to cost or size considerations. Now that a complete DTMF receiver can be designed with merely a single chip and a few external passive components one can take full advantage of a highly developed signalling scheme as a small, cost-effective signalling solution.

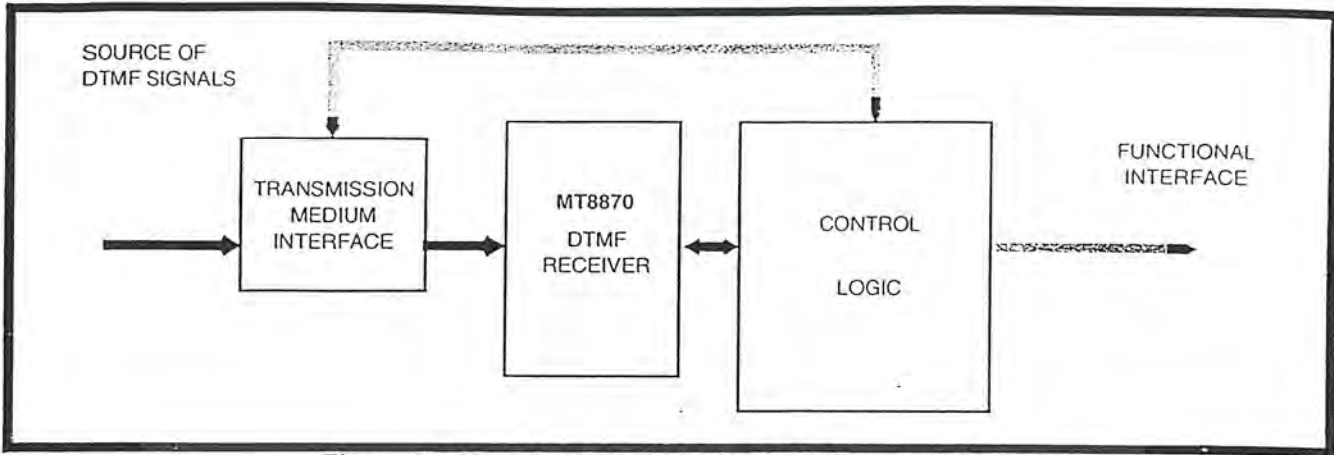


Figure 7 - Modular Approach to DTMF Receiver Systems

The design of a DTMF receiving system can generally be broken down into three functional blocks (Fig. 7). The first consideration is the interface to the transmission medium. This may be as simple as a few passive components to adequately configure the MT8870's input stage or as complex as some form of demodulation, multiplexing or analog switching system. The second functional block is the DTMF receiver itself. This is where the receiving system's parameters can be optimized for the specific signal conditions delivered from the "front end" interface. The third, and perhaps most widely varying function, is the output control logic. This may be as simple as a 4 to 16 line decoder, controlling a specific function for each DTMF code, or as complex as a full blown computer handling system protocols and adaptively varying the tone receiver's parameters to adjust for changing signal conditions. Several currently applied and conceptually designed applications are described subsequently but first let's consider the design of a typical input stage.

The input arrangement of the MT8870 provides a differential input op amp as well as a bias source (V_{REF}) which is used to bias the inputs at mid-rail. The output of this op amp is available to provide feedback for gain adjustment.

A typical single ended input configuration having unity gain is shown in Figure 8.

For balanced line applications good common mode rejection is offered by the differential configuration (Fig. 9). In both cases, the inputs are biased to $1/2 V_{DD}$ by V_{REF} . Consider an input stage which will interface to a 600Ω balanced line. To reject common mode noise signals, a balanced differential amplifier input provides the solution.

With the input configured for unity gain the MT8870 will accept maximum signal levels of +1 dBm (into 600Ω). The lowest DTMF frequency that must be detected is approximately 685Hz. Allowing 0.1dB of

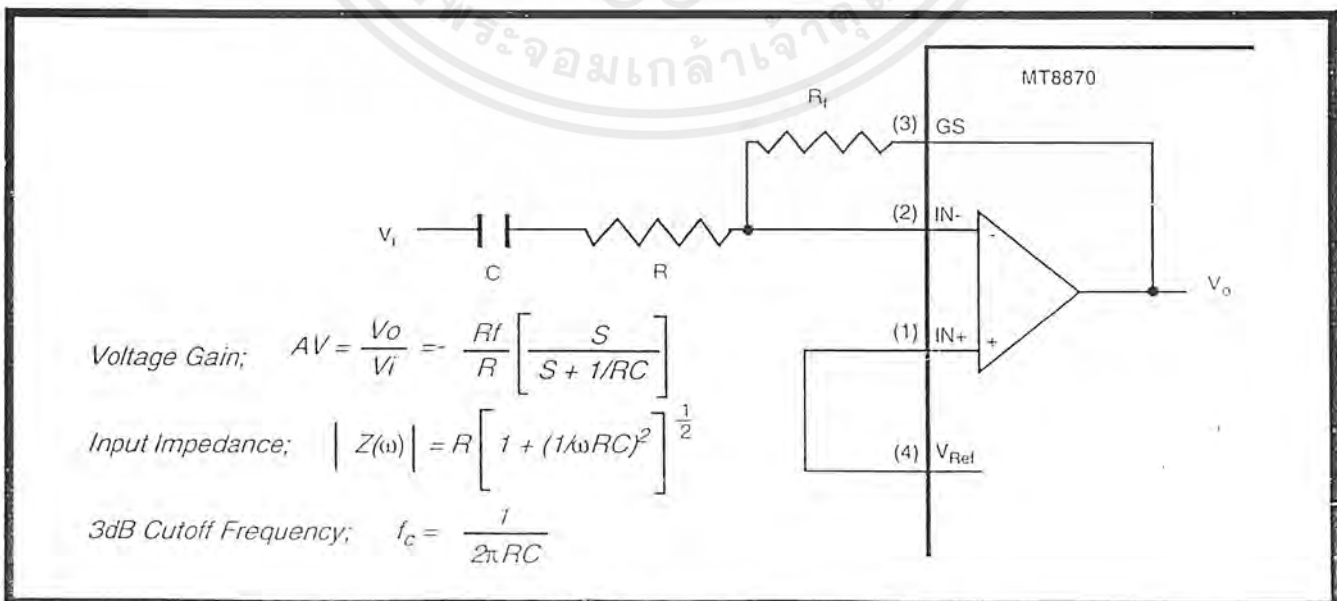


Figure 8 - Single Ended Input Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

A-52 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM567/LM567C Tone Decoder

General Description

The LM567 and LM567C are general purpose tone decoders designed to provide a saturated transistor switch to ground when an input signal is present within the passband. The circuit consists of an I and Q detector driven by a voltage controlled oscillator which determines the center frequency of the decoder. External components are used to independently set center frequency, bandwidth and output delay.

Features

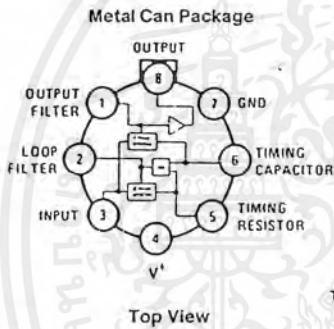
- 20 to 1 frequency range with an external resistor
- Logic compatible output with 100 mA current sinking capability

- Bandwidth adjustable from 0 to 14%
- High rejection of out of band signals and noise
- Immunity to false signals
- Highly stable center frequency
- Center frequency adjustable from 0.01 Hz to 500 kHz

Applications

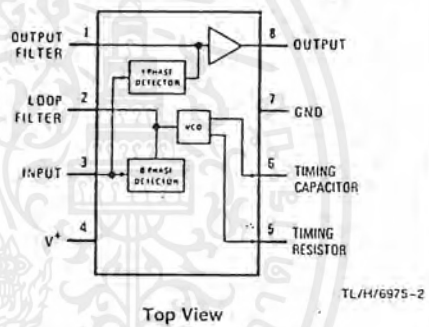
- Touch tone decoding
- Precision oscillator
- Frequency monitoring and control
- Wide band FSK demodulation
- Ultrasonic controls
- Carrier current remote controls
- Communications paging decoders

Connection Diagrams



Order Number LM567H or LM567CH
See NS Package Number H08C

Dual-In-Line and Small Outline Packages



Order Number LM567CM
See NS Package Number M08A
Order Number LM567CN
See NS Package Number N08E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

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

Supply Voltage Pin	9V
Power Dissipation (Note 1)	1100 mW
V_B	15V
V_3	-10V
V_3	$V_4 + 0.5V$
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Operating Temperature Range	
LM567H	-55°C to +125°C
LM567CH, LM567CM, LM567CN	0°C to +70°C

Soldering Information

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

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

Electrical Characteristics AC Test Circuit, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V^+ = 5V$

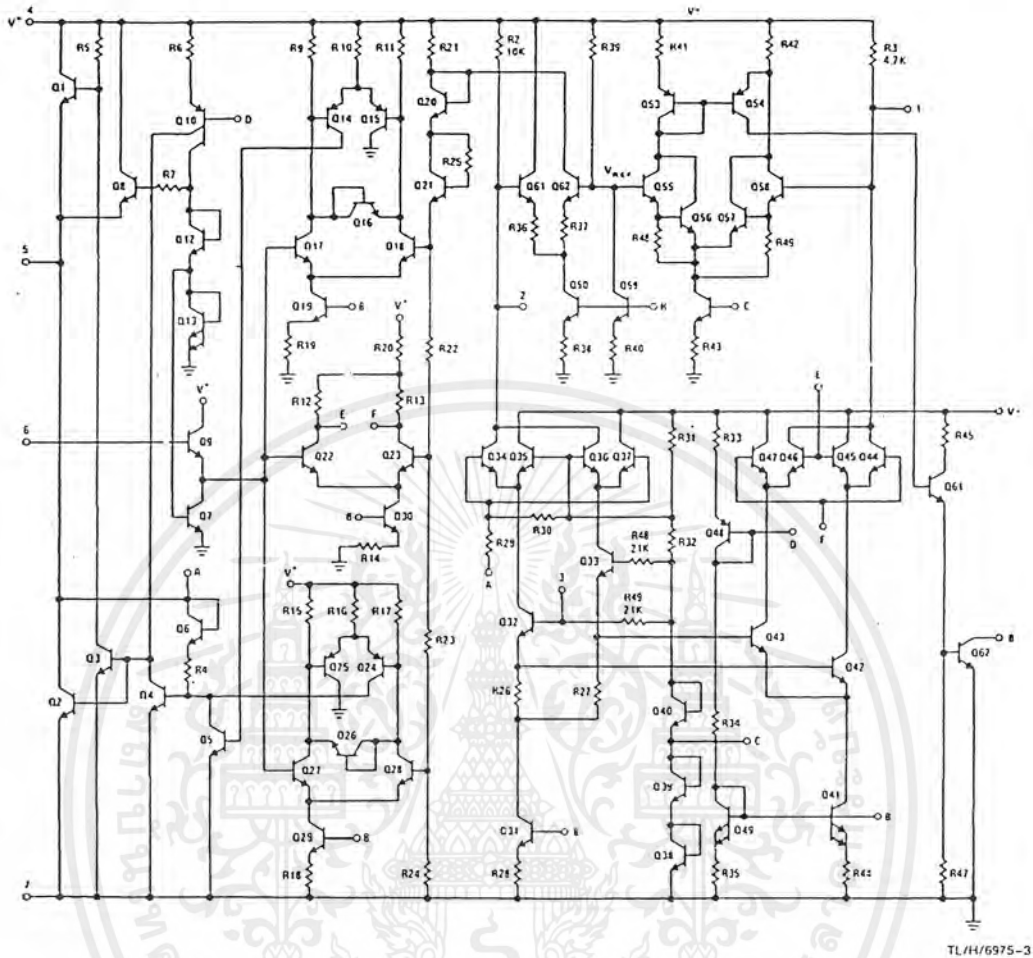
Parameters	Conditions	LM567			LM567C/LM567CM			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Power Supply Voltage Range		4.75	5.0	9.0	4.75	5.0	9.0	V
Power Supply Current Quiescent	$R_L = 20k$		6	8		7	10	mA
Power Supply Current Activated	$R_L = 20k$		11	13		12	15	mA
Input Resistance		18	20		15	20		k Ω
Smallest Detectable Input Voltage	$I_L = 100 \text{ mA}$, $f_i = f_o$		20	25		20	25	mVrms
Largest No Output Input Voltage	$I_C = 100 \text{ mA}$, $f_i = f_o$	10	15		10	15		mVrms
Largest Simultaneous Outband Signal to Inband Signal Ratio			6			6		dB
Minimum Input Signal to Wideband Noise Ratio	$B_n = 140 \text{ kHz}$		-6			-6		dB
Largest Detection Bandwidth		12	14	16	10	14	18	% of f_o
Largest Detection Bandwidth Skew			1	2		2	3	% of f_o
Largest Detection Bandwidth Variation with Temperature			± 0.1			± 0.1		%/°C
Largest Detection Bandwidth Variation with Supply Voltage	4.75 - 6.75V		± 1	± 2		± 1	± 5	%V
Highest Center Frequency		100	500		100	500		kHz
Center Frequency Stability (4.75-5.75V)	$0 < T_A < 70$ $-55 < T_A < +125$		35 \pm 60 35 \pm 140			35 \pm 60 35 \pm 140		ppm/°C ppm/°C
Center Frequency Shift with Supply Voltage	4.75V - 6.75V 4.75V - 9V		0.5 2.0	1.0 2.0		0.4 2.0		%/V %/V
Fastest ON-OFF Cycling Rate			$f_o/20$			$f_o/20$		
Output Leakage Current	$V_B = 15V$		0.01	25		0.01	25	μA
Output Saturation Voltage	$e_i = 25 \text{ mV}$, $I_B = 30 \text{ mA}$ $e_i = 25 \text{ mV}$, $I_B = 100 \text{ mA}$		0.2 0.6	0.4 1.0		0.2 0.6	0.4 1.0	V
Output Fall Time			30			30		ns
Output Rise Time			150			150		ns

Note 1: The maximum junction temperature of the LM567 and LM567C is 150°C. For operating at elevated temperatures, devices in the TO-5 package must be derated based on a thermal resistance of 150°C/W, junction to ambient or 45°C/W, junction to case. For the DIP the device must be derated based on a thermal resistance of 110°C/W, junction to ambient. For the Small Outline package, the device must be derated based on a thermal resistance of 160°C/W, junction to ambient.

Note 2: Refer to RETS567X drawing for specifications of military LM567H version.

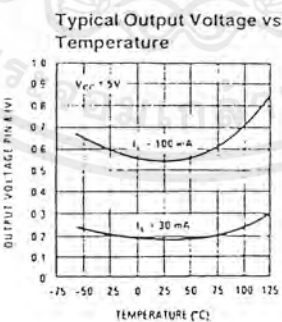
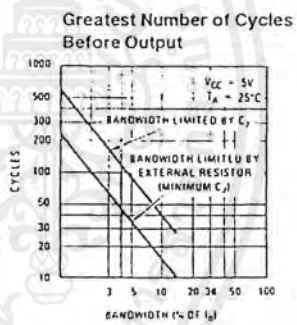
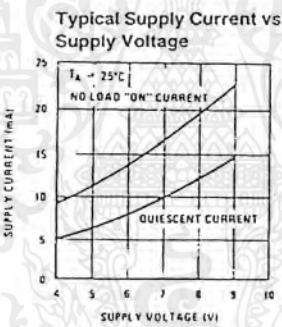
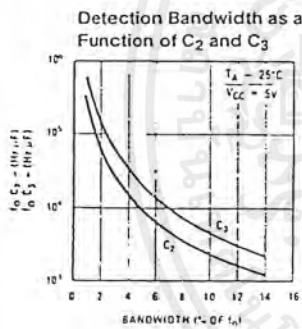
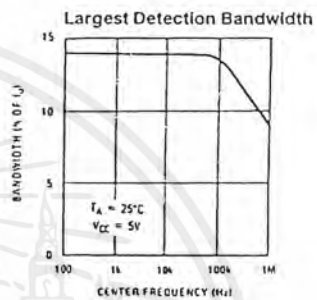
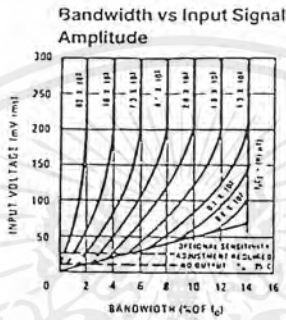
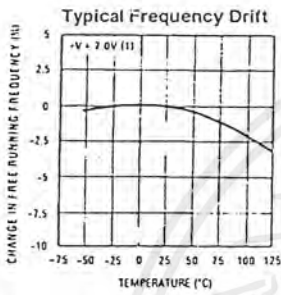
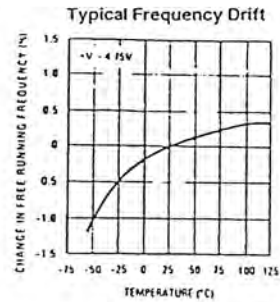
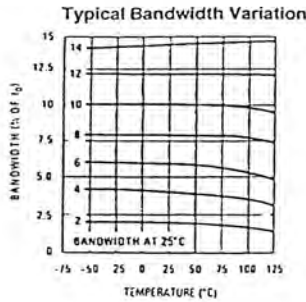
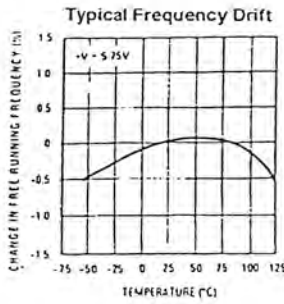
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Schematic Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

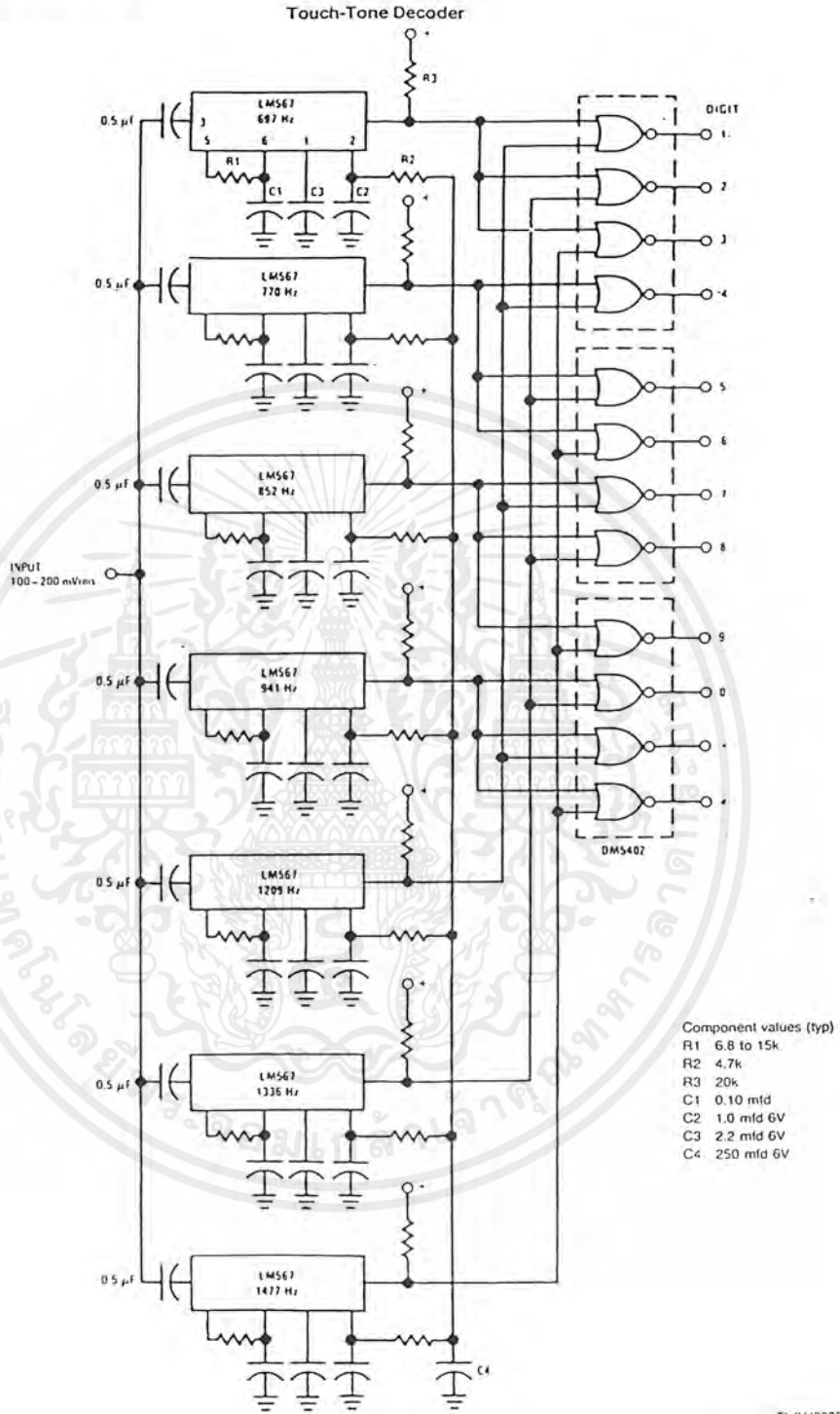
Typical Performance Characteristics



TL14/6975-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications

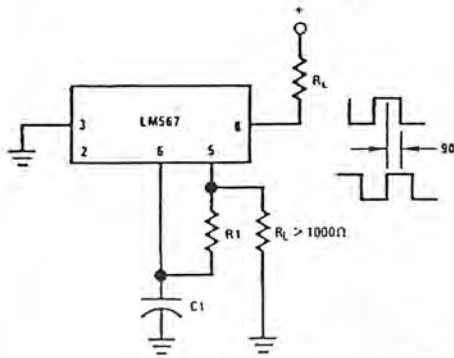


TL/H/6975-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

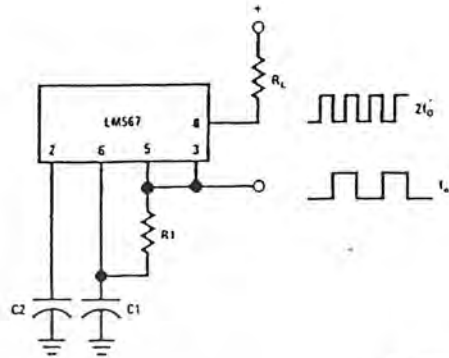
Oscillator with Quadrature Output



Connect Pin 3 to 2.8V to Invert Output

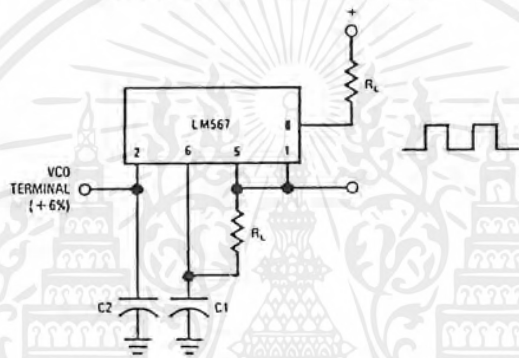
TL/H/6975-6

Oscillator with Double Frequency Output



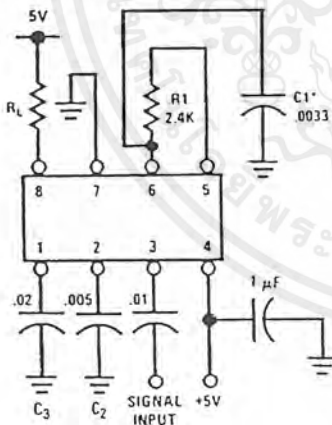
TL/H/6975-7

Precision Oscillator Drive 100 mA Loads



TL/H/6975-8

AC Test Circuit



$f_c = 100 \text{ kHz} \pm 5\%$
*Note: Adjust for $f_c = 100 \text{ kHz}$

TL/H/6975-9

Applications Information

The center frequency of the tone decoder is equal to the free running frequency of the VCO. This is given by

$$f_0 = \frac{1}{1.1 R_1 C_1}$$

The bandwidth of the filter may be found from the approximation

$$BW = 1070 \sqrt{\frac{V_i}{f_0 C_2}} \text{ in \% of } f_0$$

Where:

V_i = Input voltage (volts rms), $V_i \leq 200 \text{ mV}$

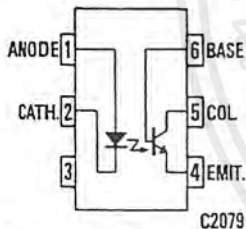
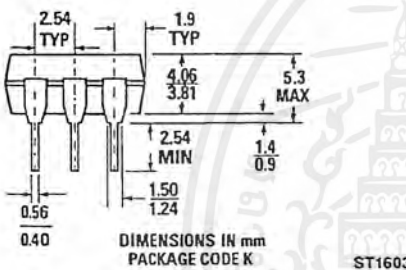
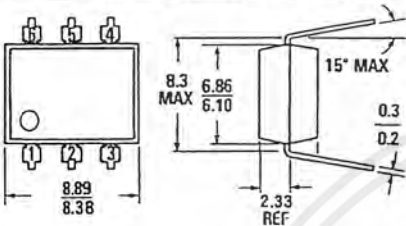
C_2 = Capacitance at Pin 2 (μF)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PHOTOTRANSISTOR OPTOCOUPLED

4N25 4N27
4N26 4N28

PACKAGE DIMENSIONS



Equivalent Circuit

DESCRIPTION

The 4N25, 4N26, 4N27, and 4N28 series of optocouplers have an NPN silicon planar phototransistor optically coupled to a gallium arsenide diode.

FEATURES & APPLICATIONS

- AC line/digital logic isolator
- Digital logic/digital logic isolator
- Telephone/telegraph line receiver
- Twisted pair line receiver
- High frequency power supply feedback control
- Relay contact monitor
- Power supply monitor
- Small package size and low cost
- Excellent frequency response
- UL recognized—File E90700

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

TOTAL PACKAGE	
*Storage temperature	-55°C to 150°C
*Operating temperature at junction	-55°C to 100°C
*Lead temperature (soldering, 10 sec)	260°C
*Total package power dissipation at 25°C ambient (LED plus detector)	250 mW
*Derate linearly from 25°C	3.3 mW/°C
INPUT DIODE	
*Forward DC current continuous	80 mA
*Reverse voltage	3.0 V
*Peak forward current (300 μs, 2% duty cycle)	3.0 A
*Power dissipation at 25°C ambient	150 mW
*Derate linearly from 25°C	2.0 mW/°C
OUTPUT TRANSISTOR	
*Collector emitter voltage (BV _{CEO})	30 V
*Collector base voltage (BV _{CBO})	70 V
*Emitter collector voltage (BV _{ECO})	7 V
*Power dissipation at 25°C ambient	150 mW
*Derate linearly from 25°C	2.0 mW/°C

*Indicates JEDEC Registered Data.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ก็เพราะความมุ่งมั่นและความตั้งใจให้ความร่วมมือของเพื่อนๆภายในกลุ่มที่ต้องการให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ที่สุด รวมทั้งขอขอบ อาจารย์ สุรพล บุญจันทร์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำแนะนำทางด้านต่างๆ รวมทั้งได้รับแหล่งข้อมูลจากห้องสมุดของสถาบัน ซึ่งนำมาทำโครงการนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้

นาย ชวเชิด กิมิเส

นาย วิมลภ เทียมวรจัต

นาย ลือชัย จันทะโน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. อรรถสิทธิ์ หล้าสกุล ไมโครโปรเซสเซอร์พื้นฐาน ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรมคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, พิมพ์โดย Japan International Cooperation Agency (JICA), พิมพ์ครั้งที่ 1, 2534
2. ไตรรัตน์ สมเด็จพระ, พรต เพื่อก่อร่าง, สุรพงษ์ ปวีณอภิชาติ, DTMF DECODE, ปรินิพนธ์เครื่องตั้งเวลาและโทรศัพท์ทำงาน, หน้า 17, 2536
3. เสกสิทธิ์ คำชมภู, MC 34114 หัวใจของเครื่องโทรศัพท์ รวบรวมโครงการอิเล็กทรอนิกส์โทรศัพท์และอินเตอร์คอม, หน้า 109 บริษัท ซีเอ็ดเคชั่น จำกัด, พิมพ์ครั้งที่ 1, 2539
4. ชัชวาล โชติวารินทร์ ออฟดีคัทเพิลด์ตัวเชื่อมโยงทางแสง ทฤษฎีและการประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ, หน้า 93, บริษัท ซีเอ็ดเคชั่น จำกัด, พิมพ์ครั้งที่ 1, 2538
5. หนังสือ คู่มือ/ เทียบเบอร์ ไอซี TTL บริษัท ซีเอ็ดเคชั่น จำกัด, พิมพ์ครั้งที่ 4, 2539



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้